

# **LA MEDICIÓN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y SU CONTRIBUCIÓN A LA MITIGACIÓN DE EMISIONES DE CO<sub>2</sub>**

**J. Somoza-Cabrera\*, J. A. Baños-Pino\*\*, M. Llorca-Riego\*\***

- **\* Profesor e Investigador; (CEMA-UH)**

**\*\* Profesores e investigadores de la Universidad de Oviedo,  
Asturias, España**

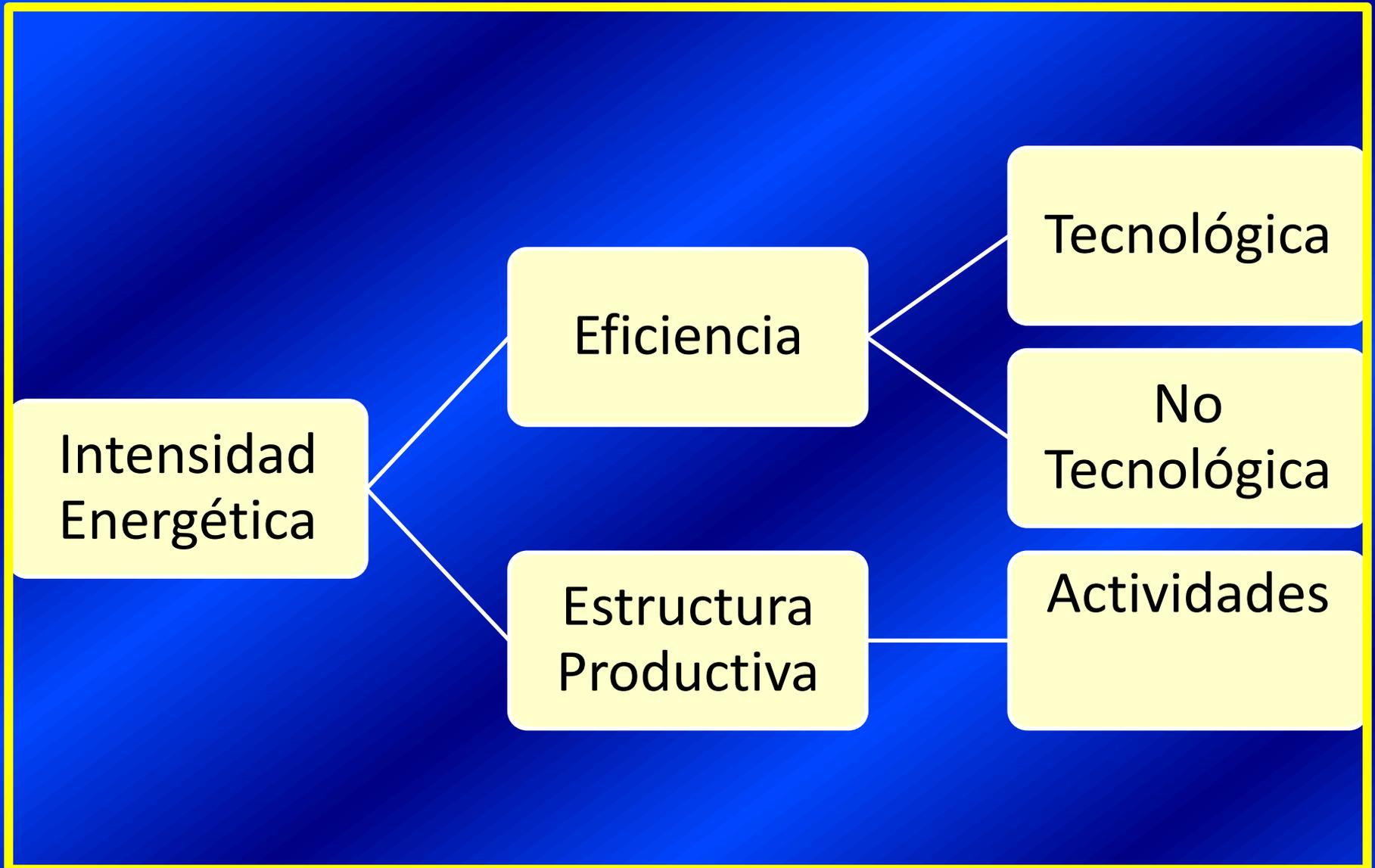
# Problemas y Objetivos

- EF juega un rol crítico en los estudios sobre la seguridad energía, la economía y el medio ambiente.
- Todos los países están implementando políticas de EF energética
- La promoción de políticas de EF es una actividad muy importante para organizaciones como AIE, OLADE, OIEA...
- Cómo medir el nivel de EF?; por la INT?; es un proxy perfecto?

# Motivación

- La intensidad energética como medida de la eficiencia energética. Importante p/evaluación de política energética
- Trabajos de Filippini y Hunt para la medición de la demanda final de energía en 29 países de la OECD, usando modelos de Frontera Estocástica. Mensaje: ojo con la INT...
- Compromisos (obligatorios/voluntarios) de mitigación GEI para P en D
- Estimación del Potencial de mitigación de emisiones de CO<sub>2</sub> a partir del incremento de la eficiencia energética

# Intensidad $\approx$ Eficiencia

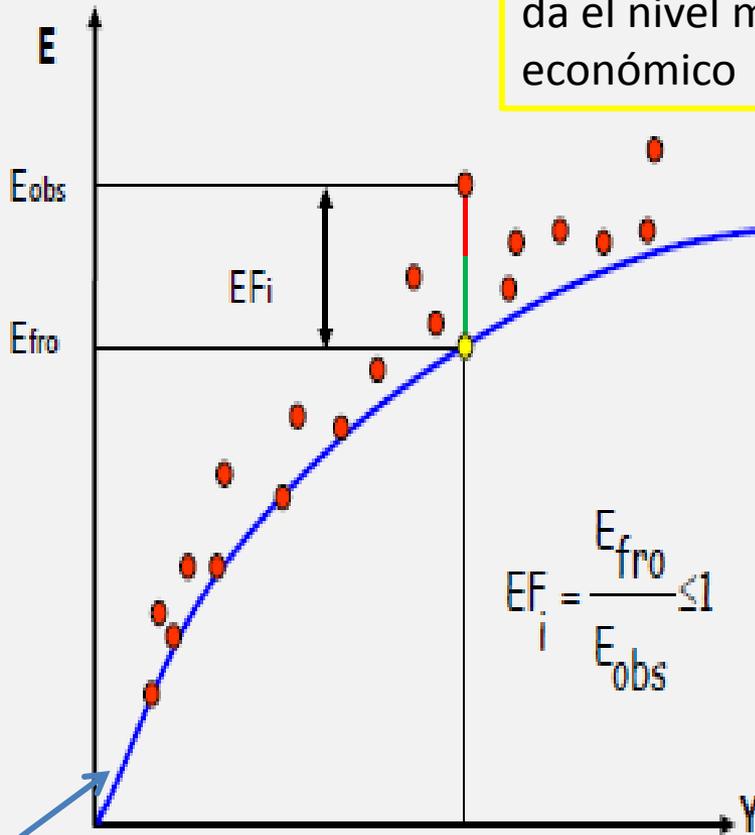


# Objetivo

- Modelar la demanda final de energía a nivel agregado de la economía (usando modelo de Frontera => Demanda Optima)
- Estimar la Eficiencia Energética agregada y contrastar con la Intensidad Energética
- Estimar los Potenciales de Mitigación de emisiones de CO<sub>2</sub> a partir del mejoramiento de la eficiencia en el uso de la energía
- Negociaciones sobre acuerdos s/Metas de Mitigación

# Función de demanda “frontera estocástica”

Concepto central: Teoría de la Producción (neoclásica) da el nivel max o min obtenible por un agente económico



$$Y_{it} = \beta X_{it} + \varepsilon_{it} = \beta X_{it} + u_{it} + v_{it}$$

$$u_{it} \sim \text{i.i.d. } N^+(0, \sigma_u^2)$$

$$v_{it} \sim \text{i.i.d. } N(0, \sigma_v^2)$$

$$\text{Nivel de Eficiencia} = EF_{it} = \frac{E_{it}^F}{E_{it}} = \exp(-u_{it})$$

Demanda óptima de un país que usa eficientemente sus equipamiento y procesos

Mínimo nivel de energía necesaria por una economía para producir un nivel dado de servicios energéticos

# Modelo de Frontera Estocástica

$$E_{it} = F( Y_{it}, P_{it}, POP_{it}, TIEMPO_t, AREA_i, ISH_{it}, SSH_{it}, DTEMP, E_{it} );$$

donde:  $i = 1$  a 26 países;  $t = 1970$  a 2010

**ISH:** participación del sector industrial en el PIB

**SSH:** participación del sector de servicios

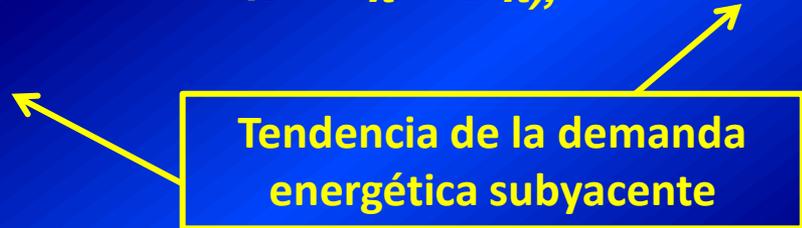
**DTEMP:** dummies climáticas (tropical, templado, frío); clasificación Koppen-Geiger

## *Especificaciones*

**1. Nivel absoluto:** con población ( $\beta^{pop}_{it} pop_{it}$ ); dummies ( $\delta_t D_t$ );  
y tendencia ( $\delta^{trend} year_t$ )

**1. En valores per cápita**

Tendencia de la demanda  
energética subyacente



# Modelo

## Referencias

- *Filippini, M. and Hunt, L. C. (2011): "Energy Demand and Energy Efficiency in the OECD Countries: A Stochastic Demand Frontier Approach", The Energy Journal, 32(2), pp. 59-80.*
- *Evans, J. , Filippini, M. and Hunt, L. C. (2011): "Measuring energy efficiency and its contribution towards meeting CO2 targets: estimates for 29 OECD countries", Surrey Energy Economics (Discussion paper serie)*
- *Filippini, M. and Hunt, L. C. (2012): "US residential energy demand and energy efficiency: A stochastic demand frontier approach", Energy Economics, 34(5), pp. 1484-1491*

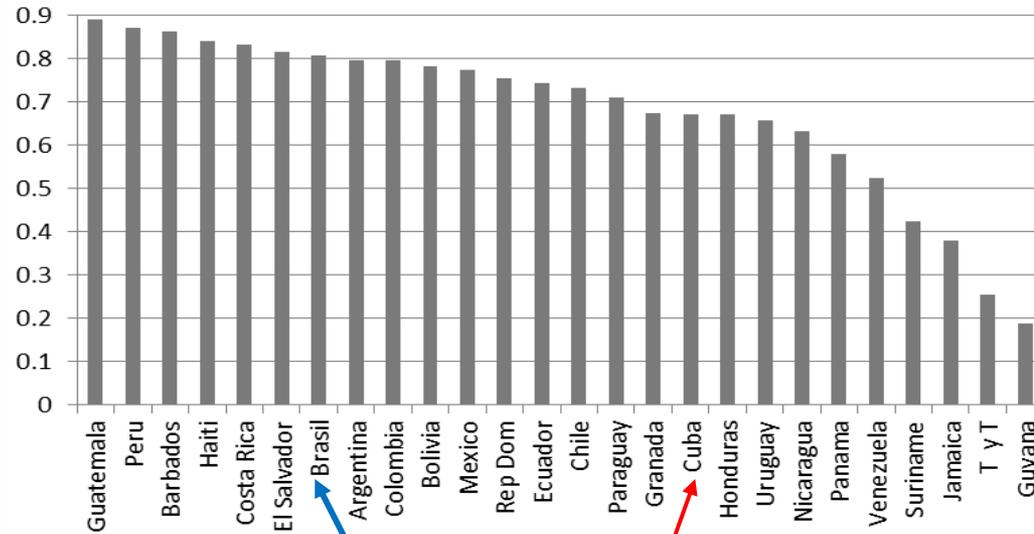
## RESULTADOS

	Agnier als(77)		Meeusen and van der Boeck mvb(77)		Filippini y Hunt (Aigner als77) OECD 1978-2006	
	Coef	Prob	Coef	Prob	Coef	Std Desv
<b>lypc</b>	<b>1.2204</b>	<b>0.000</b>	<b>1.1734</b>	<b>0.000</b>	<b>0.9</b>	<b>38.98</b>
<b>lippc</b>	<b>-0.1715</b>	<b>0.000</b>	<b>-0.1829</b>	<b>0.000</b>	<b>-0.275</b>	<b>-4.77</b>
<b>larea</b>	<b>0.0822</b>	<b>0.000</b>	<b>0.0979</b>	<b>0.000</b>	<b>0.021</b>	<b>3.44</b>
<b>ISH</b>	<b>0.3879</b>	<b>0.000</b>	<b>0.2915</b>	<b>0.019</b>	<b>0.017</b>	<b>9.08</b>
<b>SSH</b>	<b>-0.2055</b>	<b>0.129</b>	<b>-0.1134</b>	<b>0.358</b>	<b>0.029</b>	<b>11.51</b>
<b>dfrio</b>	<b>0.5357</b>	<b>0.000</b>	<b>0.4907</b>	<b>0.000</b>	<b>0.227</b>	<b>12.29</b>
<b>Dummy temporales</b>	<b>Negativas y significativos hasta D20</b>		<b>Negativas y significativos hasta D20</b>		<b>Si</b>	
<b>cons</b>	<b>-12.237</b>	<b>0.000</b>	<b>-11.556</b>	<b>0.000</b>	<b>-1.916</b>	<b>-6.93</b>
<b>lambda</b>	<b>4.678</b>	<b>0.000</b>	<b>2.085</b>	<b>0.000</b>	<b>2.762</b>	<b>8.71</b>

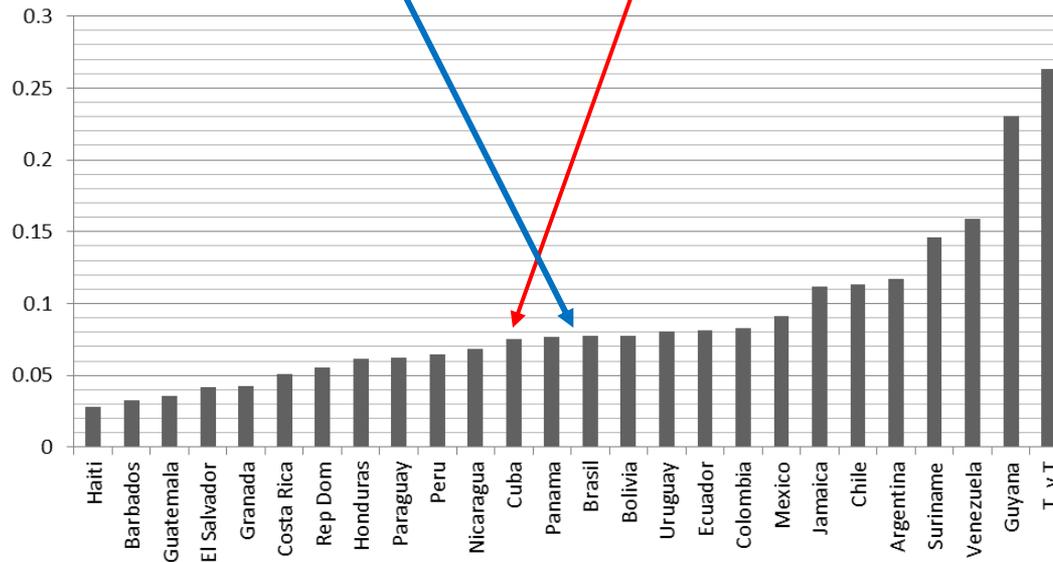
# Coeficiente de correlacion INT & EF

País	1970 a 1989	1990 a 1997	1998 a 2010	1970 a 2010
<b>Argentina</b>	<b>-0.850</b>	<b>-0.971</b>	<b>-0.715</b>	<b>-0.762</b>
<b>Barbados</b>	<b>-0.426</b>	<b>-0.846</b>	<b>-0.910</b>	<b>-0.655</b>
<b>Bolivia</b>	<b>-0.540</b>	<b>-0.632</b>	<b>-0.869</b>	<b>-0.803</b>
<b>Brasil</b>	<b>0.337</b>	<b>-0.652</b>	<b>-0.156</b>	<b>-0.791</b>
<b>Chile</b>	<b>-0.182</b>	<b>-0.773</b>	<b>-0.831</b>	<b>-0.830</b>
Colombia	-0.876	-0.839	-0.922	-0.876
Costa Rica	-0.927	-0.921	-0.861	-0.887
<b>Cuba</b>	<b>-0.968</b>	<b>-0.966</b>	<b>-0.987</b>	<b>-0.983</b>
<b>México</b>	<b>-0.392</b>	<b>-0.133</b>	<b>-0.885</b>	<b>-0.751</b>
Paraguay	-0.948	<b>0.125</b>	-0.999	-0.870
Perú	-0.805	<b>-0.565</b>	<b>0.127</b>	-0.972
Rep Dominicana	<b>-0.612</b>	-0.920	-0.939	-0.964
T y T	-0.945	-0.964	<b>-0.345</b>	-0.908
<b>Venezuela</b>	<b>-0.877</b>	<b>-0.984</b>	<b>-0.626</b>	<b>-0.504</b>

## Eficiencia. Promedio 1970-2010 (EEXP)



## Intensidad energética (1970-2010)



Intensidad  
SUBVALOR  
A Eficiencia



Intensidad  
SOBREVAL  
ORA  
Eficiencia



# EF & INT: Ranking por países en el periodo 1970-2010

Países	Ranking		
	EFALS(EXP)	EFALS(NOR)	INT
<b>Guatemala</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Perú</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>10</b>
<b>Barbados</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>Haití</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
<b>Costa Rica</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>El Salvador</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<b>Brasil</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>14</b>
<b>Argentina</b>	<b>8</b>	<b>20</b>	<b>22</b>
<b>Colombia</b>	<b>9</b>	<b>16</b>	<b>18</b>
<b>Bolivia</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>15</b>
<b>México</b>	<b>11</b>	<b>19</b>	<b>19</b>

<b>Países</b>	<b>EFALS(EXP)</b>	<b>EFALS(NOR)</b>	<b>INT</b>
<b>Rep. Dom.</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>Ecuador</b>	<b>13</b>	<b>17</b>	<b>17</b>
<b>Chile</b>	<b>14</b>	<b>21</b>	<b>21</b>
<b>Paraguay</b>	<b>15</b>	<b>11</b>	<b>9</b>
<b>Granada</b>	<b>16</b>	<b>7</b>	<b>5</b>
<b>Cuba</b>	<b>17</b>	<b>13</b>	<b>12</b>
<b>Honduras</b>	<b>18</b>	<b>10</b>	<b>8</b>
<b>Uruguay</b>	<b>19</b>	<b>14</b>	<b>16</b>
<b>Nicaragua</b>	<b>20</b>	<b>12</b>	<b>11</b>
<b>Panamá</b>	<b>21</b>	<b>18</b>	<b>13</b>
<b>Venezuela</b>	<b>22</b>	<b>24</b>	<b>24</b>
<b>Surinam</b>	<b>23</b>	<b>23</b>	<b>23</b>
<b>Jamaica</b>	<b>24</b>	<b>22</b>	<b>20</b>
<b>T y T</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>26</b>
<b>Guyana</b>	<b>26</b>	<b>26</b>	<b>25</b>

Financiamiento a CP de 30 mil millones de US\$ para una acción inmediata hasta 2012 y una financiación a LP de 100 mil millones de US\$ anuales hasta 2020.

30 mil millones de US\$ en **financiamiento de arranque rápido**; nuevo “**Marco de adaptación de Cancún**” para una **mejorar planificación e implementación de los proyectos de adaptación en los P en D.**

**Creación del Fondo Verde** para el Clima para los **P en D**



### **Copenhague**

Desarrollar una lista de objetivos de reducción de emisiones de países desarrollados y **medidas de mitigación de P en D** para 2020

### **Cancún**

**Acciones de los P en D** para reducir emisiones se reconocen oficialmente en el proceso multilateral.

### **Durban**

hoja de ruta, para la **adopción de un nuevo acuerdo global vinculante de reducción de emisiones de GEI, aplicable a todos los países.**

# Estimación del potencial de Mitigación de CO<sub>2</sub>

Coeficiente de emisión de CO<sub>2</sub>:  $\lambda_i = \text{PROM CO}_{2i} / \text{PROM } E_i$   
donde  $i = 1$  a 26 países; PROM= promedio por país desde 1970/2000 al 2010

Consumo de energía “ideal”:  $\text{PROM } E^*_i = \text{PROM } E_i \times \text{PROM } E_{fi}$

Emisiones CO<sub>2</sub>\* $i$  (emisiones resultante del consumo de energía “ideal”):  $\text{PROM CO}_{2^*i} = \lambda_i \times \text{PROM } E^*_i$

$E_{\text{save } i} = \text{PROM } E_i - \text{PROM } E^*_i$

$\text{CO}_2 \text{ save } i = \text{PROM CO}_{2i} - \text{PROM CO}_{2^*i}$

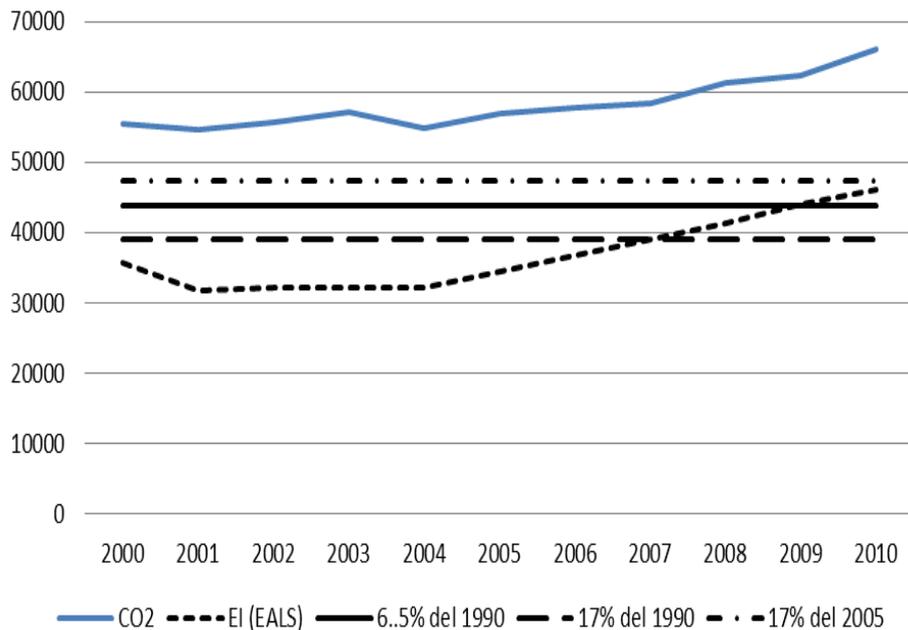
# Potencial de ahorro de energía y mitigación de emisiones de CO<sub>2</sub>. Período 2000-2010

	2000-2010						
País	Consumo CF (Miles toe)	CO <sub>2</sub> (Miles t CO <sub>2</sub> )	$\lambda$ =CO <sub>2</sub> /Et	Consumo Ideal (Miles de toe)	Emisiones Ideal (Millones de t CO <sub>2</sub> )	Ahorro energético	Ahorro de emisiones
<b>Argentina</b>	<b>45221</b>	<b>140321</b>	<b>3.103</b>	<b>26613</b>	<b>82732</b>	<b>18607</b>	<b>57590</b>
<b>Barbados</b>	<b>249</b>	<b>1202</b>	<b>4.830</b>	<b>202</b>	<b>973</b>	<b>47</b>	<b>229</b>
<b>Bolivia</b>	<b>2886</b>	<b>10606</b>	<b>3.675</b>	<b>1590</b>	<b>5883</b>	<b>1296</b>	<b>4723</b>
<b>Brasil</b>	<b>140460</b>	<b>336116</b>	<b>2.393</b>	<b>79163</b>	<b>189353</b>	<b>61297</b>	<b>146763</b>
<b>Chile</b>	<b>17708</b>	<b>61044</b>	<b>3.447</b>	<b>8924</b>	<b>30762</b>	<b>8784</b>	<b>30282</b>
<b>Colombia</b>	<b>19410</b>	<b>58252</b>	<b>3.001</b>	<b>12285</b>	<b>36909</b>	<b>7125</b>	<b>21342</b>
<b>Costa Rica</b>	<b>2574</b>	<b>6630</b>	<b>2.576</b>	<b>1967</b>	<b>5069</b>	<b>607</b>	<b>1561</b>
<b>Cuba</b>	<b>5892</b>	<b>25503</b>	<b>4.328</b>	<b>4260</b>	<b>18810</b>	<b>1633</b>	<b>6693</b>
<b>Ecuador</b>	<b>7636</b>	<b>26021</b>	<b>3.408</b>	<b>3452</b>	<b>11743</b>	<b>4184</b>	<b>14278</b>
<b>El Salvador</b>	<b>2003</b>	<b>6482</b>	<b>3.236</b>	<b>1512</b>	<b>4905</b>	<b>490</b>	<b>1578</b>
<b>Granada</b>	<b>61</b>	<b>237</b>	<b>3.896</b>	<b>44</b>	<b>173</b>	<b>17</b>	<b>65</b>
<b>Guatemala</b>	<b>3307</b>	<b>11722</b>	<b>3.545</b>	<b>2638</b>	<b>9351</b>	<b>669</b>	<b>2371</b>

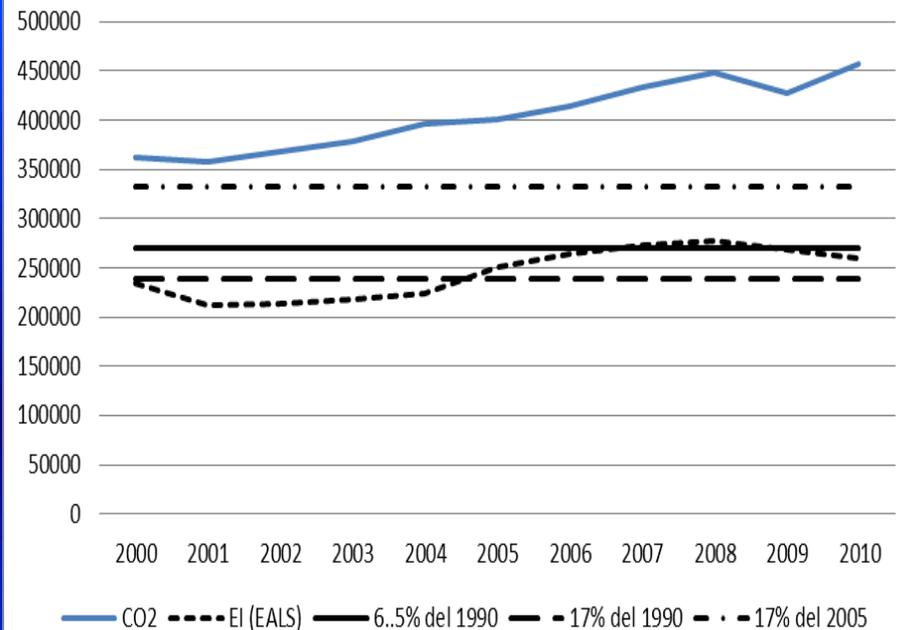
	2000-2010						
País	Consumo CF (Miles toe)	CO <sub>2</sub> (Miles t CO <sub>2</sub> )	λ=CO <sub>2</sub> /Et	Consumo Ideal (Miles de toe)	Emisiones Ideal (Millones de t CO <sub>2</sub> )	Ahorro energético	Ahorro de emisiones
Guyana	449	1593	3.544	115	408	335	1184
Haití	623	1986	3.190	415	1325	208	662
Honduras	1907	6679	3.503	1131	3960	776	2719
Jamaica	2693	10789	4.006	1124	4604	1569	6185
México	99715	404163	4.053	60485	245100	39230	159062
Nicaragua	967	4039	4.175	552	2303	416	1737
Panamá	2326	7011	3.015	1202	3650	1123	3360
Paraguay	1742	4045	2.322	995	2307	746	1737
Perú	9824	30852	3.140	7109	22368	2716	8484
Rep Dom.	4375	18601	4.251	3258	13860	1118	4741
Surinam	581	2432	4.187	297	1235	284	1196
T y T	10519	28569	2.716	2014	5474	8505	23095
Uruguay	2072	5553	2.681	1362	3673	710	1880
Venezuela	41635	152460	3.662	14940	54833	26695	97627
<b>Total Promedio</b>	<b>16417</b>	<b>52420</b>	<b>3.457</b>	<b>9140</b>	<b>29299</b>	<b>7276</b>	<b>23121</b>

# Metas de reducción de emisiones

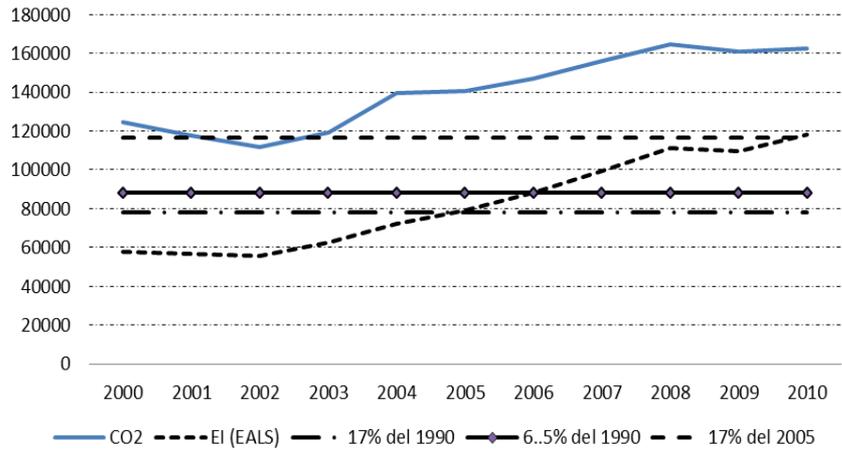
## COLOMBIA: Emisiones Observadas e Ideales (Millones de t CO2)



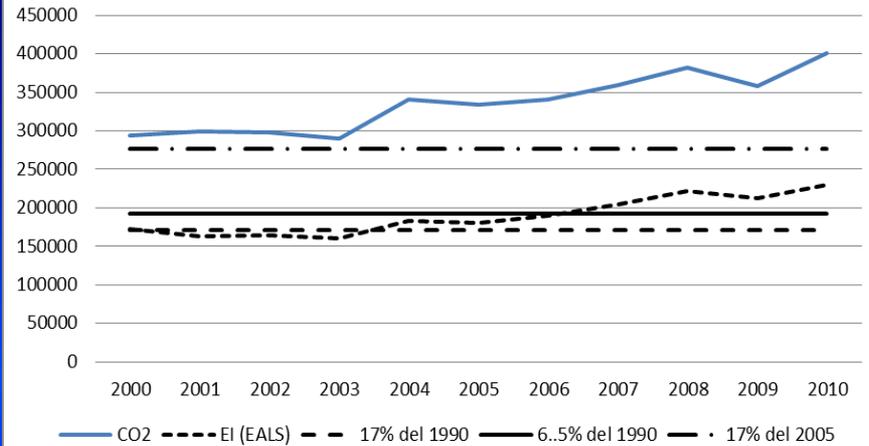
## MEXICO: Emisiones Observadas e Ideales (Millones de t CO2)



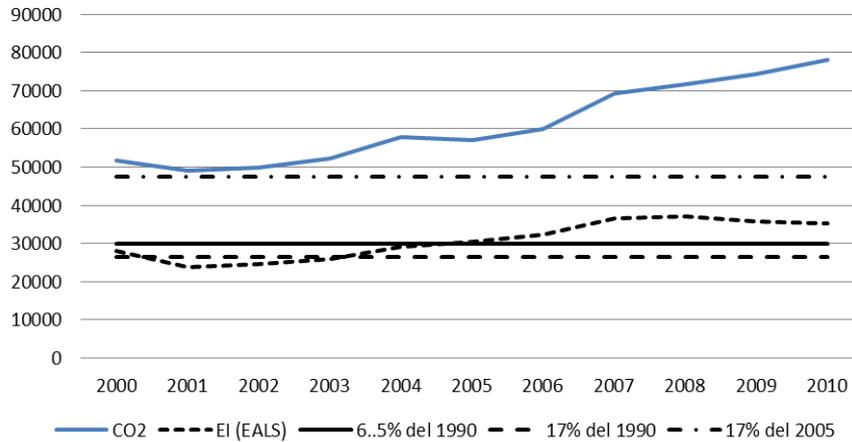
**ARGENTINA: Emisiones Observadas e Ideales (Millones de t CO2)**



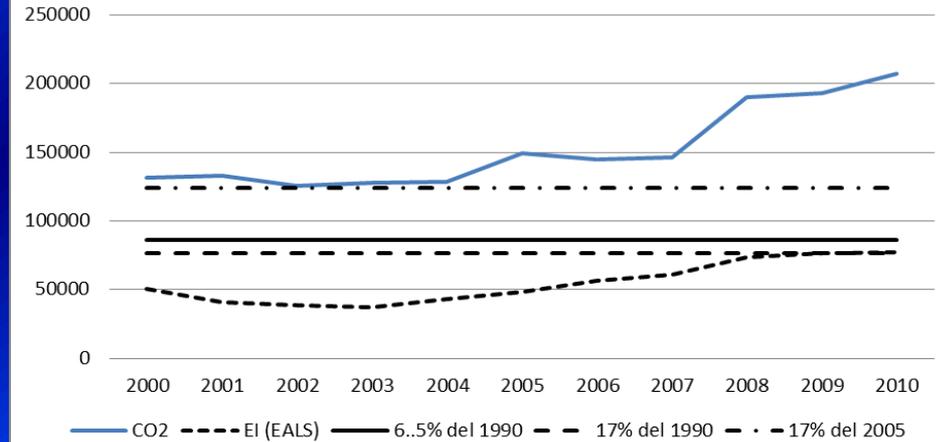
**BRASIL: Emisiones Observadas e Ideales (Millones de t CO2)**



**CHILE: Emisiones Observadas e Ideales (Millones de t CO2)**



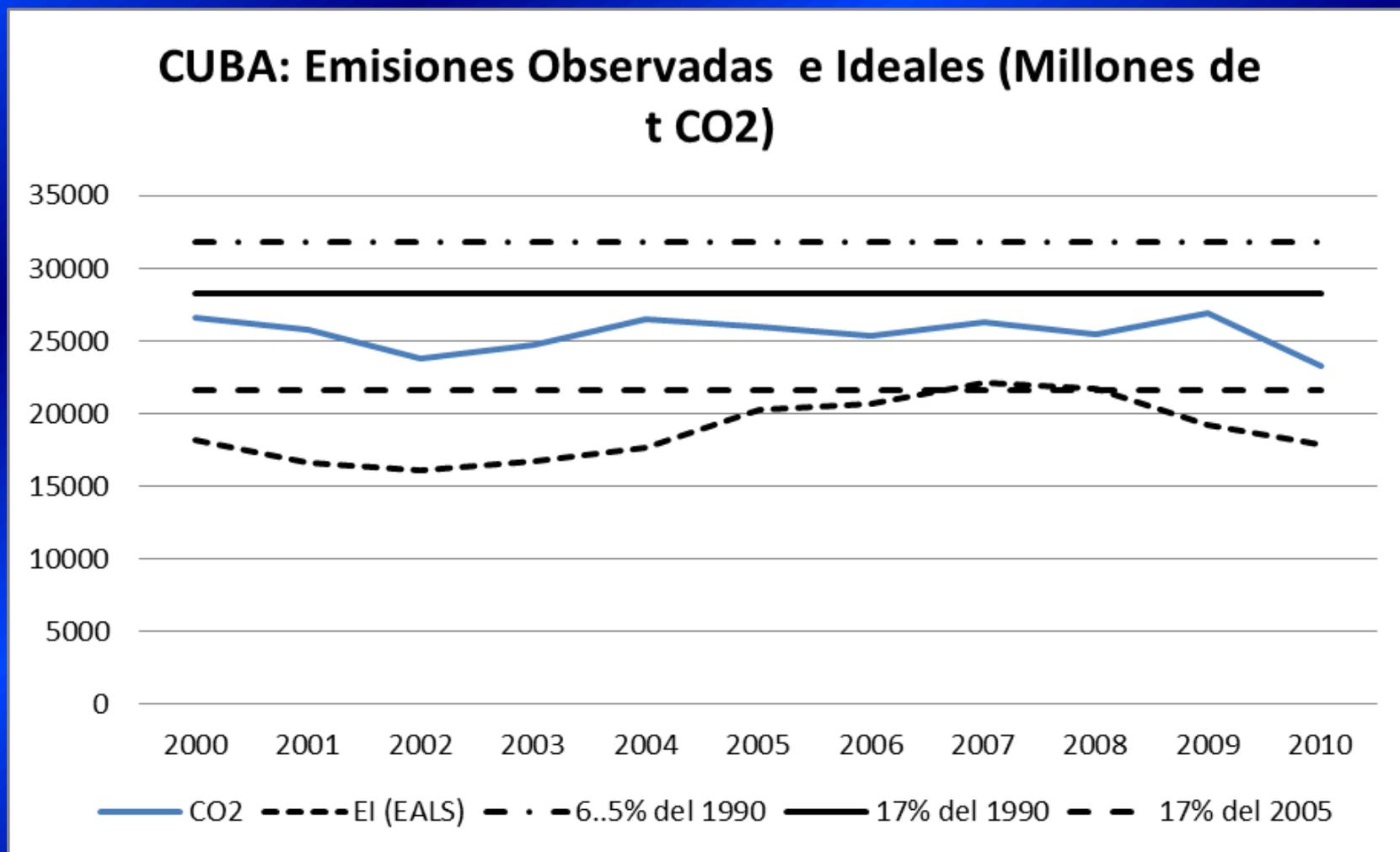
**VENEZUELA: Emisiones Observadas e Ideales (Millones de t CO2)**



Emisiones promedio “observadas” e “ideales” provenientes del uso de la energía si estos consumos se realizaran sobre la frontera de eficiencia energética, para los países de la Región que se ubican entre los 50 mayores emisores de CO<sub>2</sub> a nivel mundial. Período 2000-2010

- Las emisiones que pudieran reducirse si cada economía estuviera funcionando sobre la frontera de eficiencia energética a duras penas fueran suficientes para lograr las metas de reducción de emisiones de tomarse el año 1990 como referencia.
- Por ejemplo, solo se logra niveles de emisiones inferiores a la meta de reducción del 6.5% de las emisiones de 1990, en el Argentina y Brasil, hasta 2007; Chile, hasta el 2005; y Venezuela, hasta el 2007.
- A partir de esos años las emisiones “ideales” resultan superiores a los niveles metas del 6.5% del 1990 a cumplimentarse para el 2010-2012.
- Los casos de Colombia y México presentan comportamientos menos limitados; en el primer caso, las emisiones “ideales” están por debajo del nivel meta hasta casi el final del periodo de análisis (2009), mientras que para México puede distinguirse dos periodos en que dichas emisiones están por debajo del nivel meta, del 2001 al 2006 y del 2009 en adelante.

# Emisiones y compromisos tomando como año base el 1990 y 2005



# Conclusiones

- Los resultados del estudio indican que tendrá que haber precaución en el análisis de la eficiencia del uso de la energía cuando se utiliza como indicador la intensidad energética, la cual puede estar subvalorando o sobrevalorando los resultados de la gestión de política energética, e incluso puede estar llegando a conclusiones erradas.

# Conclusiones

- De acuerdo a los niveles totales de emisiones de CO<sub>2</sub>, solo México y Brasil se ubican entre los 20 países mayores emisores, en los lugares 13 y 17 respectivamente.
- Las emisiones de los 6 países mayores emisores de la Región solamente representaron en el 2009, el 17% de las emisiones chinas, el 25% de las norteamericanas, el 63% de las indias y el 85% de las emisiones rusas de CO<sub>2</sub>.

# Conclusiones

- Una meta de 6.5% de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> respecto a 1990 para el 2012, sería difícilmente alcanzable por estos países, con la excepción de México, a partir de la reducción de emisiones provenientes del ahorro potencial identificado a partir del funcionamiento de estas economías sobre la frontera de eficiencia energética,
- Para un compromiso de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> del 17% por debajo de las emisiones de 1990, el potencial aporte de la eficiencia energética sería claramente insuficiente.

# Conclusiones

- Para Cuba, tomar 1990 como año base para el establecimiento de un supuesto compromiso de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> resultaría conveniente, pues en este año se alcanzaron los mayores niveles de emisiones de GEI como resultado de la dinámica y estructura de la economía.
- El aporte de un potencial mejoramiento de la eficiencia energética sobre la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> resultaría suficiente para honrar tanto una meta del 6.5% como la del 17% de reducción de emisiones respecto a 1990.

# Recomendaciones

## Estimar demandas sectoriales:

- **residencial;**
- **transporte; (*casi listo*)**
- **generation de electricidad**

**Profundizar en las estimaciones de los potenciales de mitigación de otros GEI**

***fin***