

# CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.

.- **Atmósfera:** es una mezcla de gases con muchas partículas en suspensión, sólidas y líquidas. Los gases tienen una concentración constante; N 78%, O<sub>2</sub> 21% y el 1% restante es hidrógeno, argón, neón, helio, criptón, xenón, radón y bióxido de carbono (0,03%). Henry y Heinke (1999).

.- **Contaminación Atmosférica:** es la presencia en el aire de sustancias que afectan de forma adversa la salud de humanos, plantas, animales y vida microbiana; además de que dañan materiales o interfieren con el disfrute de la vida y el uso de propiedades (Henry y Heinke, 1999).

## ANTECEDENTES (Henry y Heinke, 1999)

- Londres 1891: 1484 fallecimientos fueron atribuidos a contaminación del aire.
- Valle del Mosa (Bélgica, 1930): fallecieron 63 personas y 8.000 enfermaron durante un período de smog intenso.
- Donora, Pensilvania (1948): una contaminación produjo la muerte de 20 personas, 1440 sufrieron efectos graves, 2322 moderados y 2148 leves. Industrias: hornos de coque, acerías, plantas de ácido sulfúrico, plantas de fertilizantes, plantas generadoras de energía eléctrica. Hubo intenso tráfico de trenes y barcos alimentados por carbón. Condiciones generales: vientos ligeros, las montañas evitaron la dispersión vertical de contaminantes del valle; la inversión de los vientos redujo la dispersión vertical de los contaminantes.
- Londres (1952): 4.000 fallecimientos fueron atribuidos a la contaminación del aire durante 4 días.

# UNIDADES DE MEDIDA

Existen dos formas comunes para expresar las concentraciones de los contaminantes atmosféricos.

Parte por millón (ppm): está basada en medidas de volumen, representa el volumen de contaminante contenido en 1 millón de volúmenes de aire.

La segunda expresión relaciona la masa de contaminante con el volumen de aire que lo contiene. La unidad utilizada con mayor frecuencia es la de microgramos por metro cúbico de aire ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

En condiciones normalizadas, la ppm en volumen pueden convertirse en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , mediante la relación:

$$\mu\text{g}/\text{m}^3 = \frac{10^3 (\text{ppm}) (\text{peso molecular del contaminante})}{24,5}$$

Así, 2,0 ppm de monóxido de carbono (PM =28) equivalen a **2286**  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

# PRINCIPALES CONTAMINANTES DEL AIRE (Nebel y Wright, 1999)

- ◎ Partículas suspendidas: mezcla de partículas sólidas y líquidas. Polvo, humo y niebla que pueden llevar adheridos contaminantes disueltos o adheridos a su superficie.
- ◎ Compuestos orgánicos volátiles: gasolina, solventes de pinturas y soluciones limpiadoras orgánicas; al evaporarse entran a la atmósfera. Son los principales causantes de la formación del ozono.

# PRINCIPALES CONTAMINANTES DEL AIRE (Nebel y Wright, 1999)

- Monóxido de carbono (CO)
- Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>): se convierten en ácido nítrico en la atmósfera y son fuente de lluvia ácida.
- Óxidos de azufre: el dióxido de azufre se convierte en ácido sulfúrico en la atmósfera y es una fuente de lluvia ácida.
- Plomo y otros metales pesados.
- Ozono y otros oxidantes fotoquímicos.
- Sustancias tóxicas y radón: materiales radioactivos y sustancias como asbesto, cloruro de vinilo y benceno. El radón es un gas radiactivo generado en procesos naturales de la Tierra.

# EFECTOS DE LOS CONTAMINANTES

(Nebel y Wright, 1999)

- Partículas suspendidas: deterioran las funciones respiratorias en los humanos, en especial en quienes padecen problemas crónicos (asmáticos).
- CO: muy venenoso para los animales, impide el suministro de oxígeno a los órganos.
- NO<sub>2</sub>: irrita los pulmones y causa enfermedades respiratorias agudas en niños.
- Plomo: puede causar daño cerebral y muerte aun en bajas concentraciones. Se acumula y daña tejidos y órganos.
- Ozono: muy tóxico para plantas y animales; lesiona los tejidos pulmonares; a nivel del suelo es un contaminante muy grave.
- Sustancias tóxicas: la Ley de Aire Limpio identifica 189 contaminantes atmosféricos peligrosos en esta categoría; muchos son carcinógenos en los humanos.

# Efectos del Plomo (Estaciones de Servicio).

- Afecta la producción de hemoglobina. Anemia.
- Daños en los riñones.
- Alta presión sanguínea.
- Hiperactividad y reducción de la capacidad de aprendizaje en los niños.
- Según el Centro de Control de Enfermedades (CDC – USA), la intoxicación ocurre con niveles en la sangre superiores a 25  $\mu\text{g}/\text{dl}$ .

# Contaminación por Plomo en Mérida (Rivas y Vicuña, 1999).

- El estudio se realizó en personas, con riesgo de exposición ambiental (por estaciones de servicio y talleres), de Campo de Oro, Santa Mónica y Hoyada de Milla.
- Los valores promedio de plomo en la sangre son superiores a los aceptados por el CDC.
- La exposición ambiental SI influye en los valores encontrados.

# LEGISLACIÓN MUNDIAL

- En 1956 se aprobó la British Clean Air Act (Ley británica para el aire limpio).
- En 1963 se aprobó la U.S. Clean Air Act (Ley para el aire limpio de EUA).
- En 1970 se estableció la EPA de EUA
- En 1971 se aprobó la Canadian Clean Air Act (Ley para el aire limpio canadiense).
- Dichas leyes son el punto de partida de las leyes venezolanas.

# LEGISLACIÓN VENEZOLANA

- Decreto N° 638 (26-04-95): Normas sobre calidad del aire y control de contaminación atmosférica
- Decreto N° 2.673 (19-08-98): Normas sobre emisiones de fuentes móviles

Decreto N° 638 (26-04-95)  
 Artículo 3: Límites de calidad del aire

<b>Contaminante</b>	<b>Límite μg/m<sup>3</sup></b>	<b>% excedencia en lapso de muestreo</b>	<b>Período medición (hr)</b>
Dióxido de Azufre	80	50%	24
	200	5%	24
	250	2%	24
	365	0,5%	24
Partículas totales suspendidas	75	50%	24
Monóxido de Carbono	10.000	50%	8
Dióxido de Nitrógeno	100	50%	24
Plomo en partículas suspendidas	1,5	50%	24
Fluoruro de Hidrógeno	10	2%	24

## Decreto 638 - Art. 9: actividades sujetas a control.

- Producción: petroquímicos, prod. alimenticios, azúcar, tabaco, textiles, pieles, papel, madera, sustancias químicas básicas, abonos y plaguicidas, resinas sintéticas, materias plásticas, pinturas, medicinas, prod. de limpieza, prod. de vidrio, cemento, cal y yeso, hierro y acero, vehículos, energía, papelón, café, tipografías, llantas, art. de barro, porcelana, mármol, granito y asbesto, acumuladores.
- Explotación: carbón, minerales.
- Uso de motores con potencia > 25.000 kcal/hora.
- Incineración.

Decreto N° 638. Art. 10. Límites de Emisión para empresas ya instaladas y para nuevas ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

<b>Contaminante</b>	<b>Actividad</b>	<b>Existente (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Nueva (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>
Óxido de Nitrógeno NO <sub>2</sub>	Fabricación de cemento	1800	1300
Dióxido de azufre	Central Térmica	4500	3000
	Fabricación de pasta para papel	10	5
	Refinación de petróleo	5.000	4200
Partículas sólidas	Incineración de residuos sólidos no peligrosos	300	250
	Incineración de desechos patológicos	100	100
	Fabricación productos de madera	50	50

# CANTERA LA CONCEPCION

Modelo Gaussiano de dispersión de contaminantes en la atmósfera:

$$C_{(x,y,z)} = \frac{Q}{\pi \sigma_y \sigma_z \mu} \exp \left[ -0,5 \left( \frac{H}{\sigma_z} \right)^2 \right]$$

**C:** concentración en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

**x:** distancia del punto de control hasta el punto de emisión

**y:** desviación con respecto a la línea central del viento

**z:** desnivel topográfico entre el punto de control y el punto de emisión

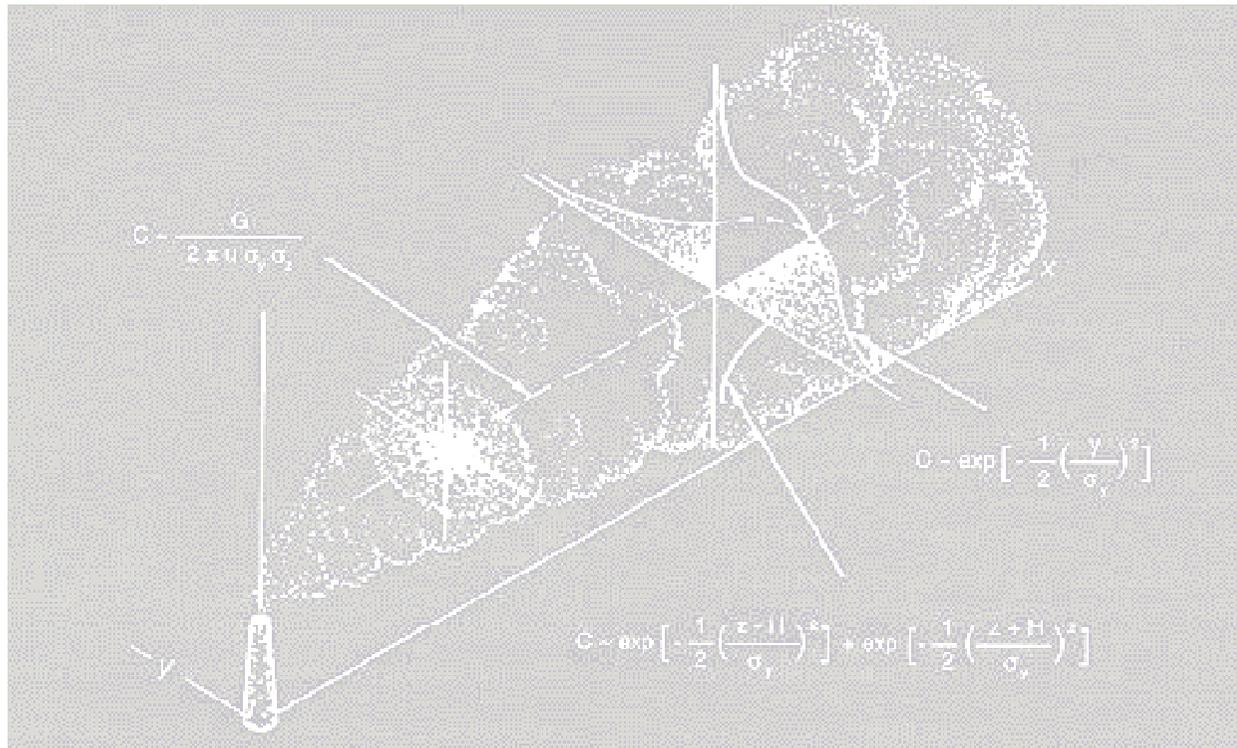
**Q:** tasa de emisión del contaminante ( $\mu\text{g}/\text{seg}$ )

$\sigma_y$ : desviación estándar transversal al viento (m)

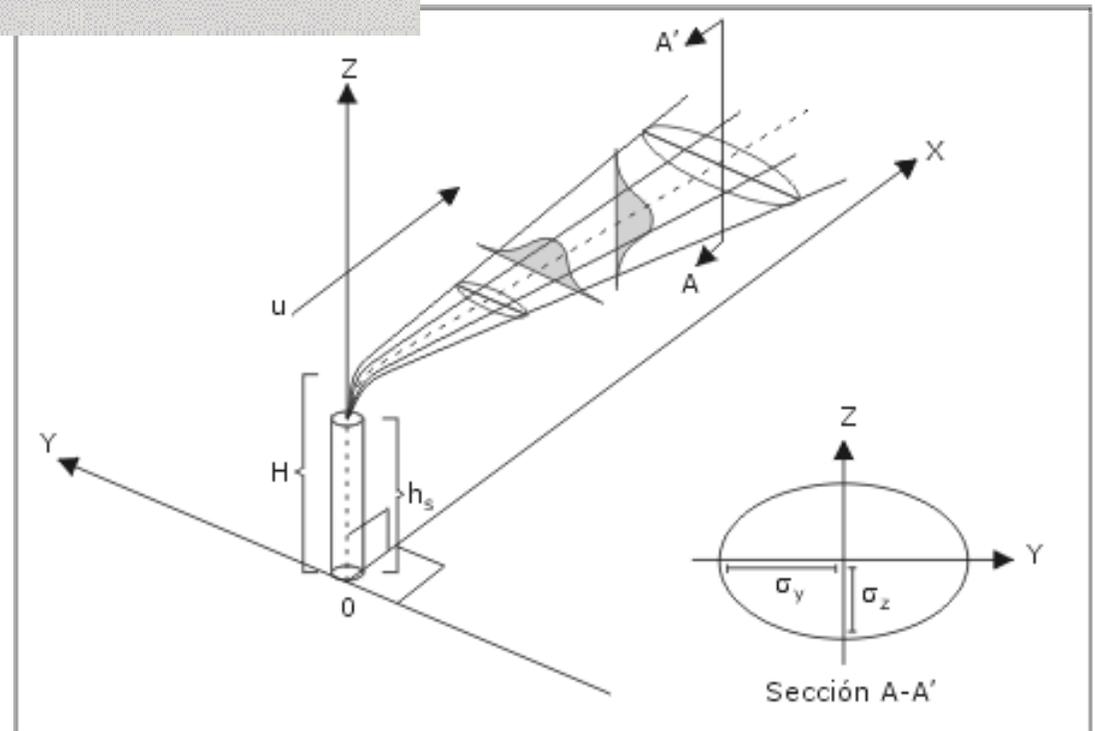
$\sigma_z$ : desviación estándar vertical (m)

$\mu$ : velocidad media del viento (m/seg)

**H:** altura de la chimenea o fuente de emisión (m)



### Modelo Gaussiano



HI-VOL (Muestreo por Alto Volumen)



# CANTERA LA CONCEPCION

La ecuación puede ser transformada:

$$C = Q \times [ 1/(\pi \partial y \partial z \mu) ] \times \exp [ -0,5 ( H/\partial z)^2 ]$$

Q: 240.000 m<sup>3</sup>/año x 1,6 ton/m<sup>3</sup> = 384.000 ton/año /  
250 días/año / 24 h/día / 3.600 seg/hora = 0,0178  
ton piedra /seg x 8 kg polvo/ton piedra = 0,1422 kg  
polvo/seg = 142,22 x 10<sup>6</sup> µg/seg

X= 1.200 m;       $\mu$  = 2,19 m/seg;      H= 23 m;

$\partial y$  y  $\partial z$  se obtienen de las Tablas de Turner con una  
estabilidad atmosférica Clase A:

$\partial y = 250 \text{ m}$  ;  $\partial z = 500 \text{ m}$        $\rightarrow$       C = 165 µg/m<sup>3</sup>

75 µg/m<sup>3</sup> (Norma)  $\rightarrow$  Medida de Control

## Caracterización de fuentes de emisiones atmosféricas en la Zona Industrial Matanzas (Izquierdo, 1990)

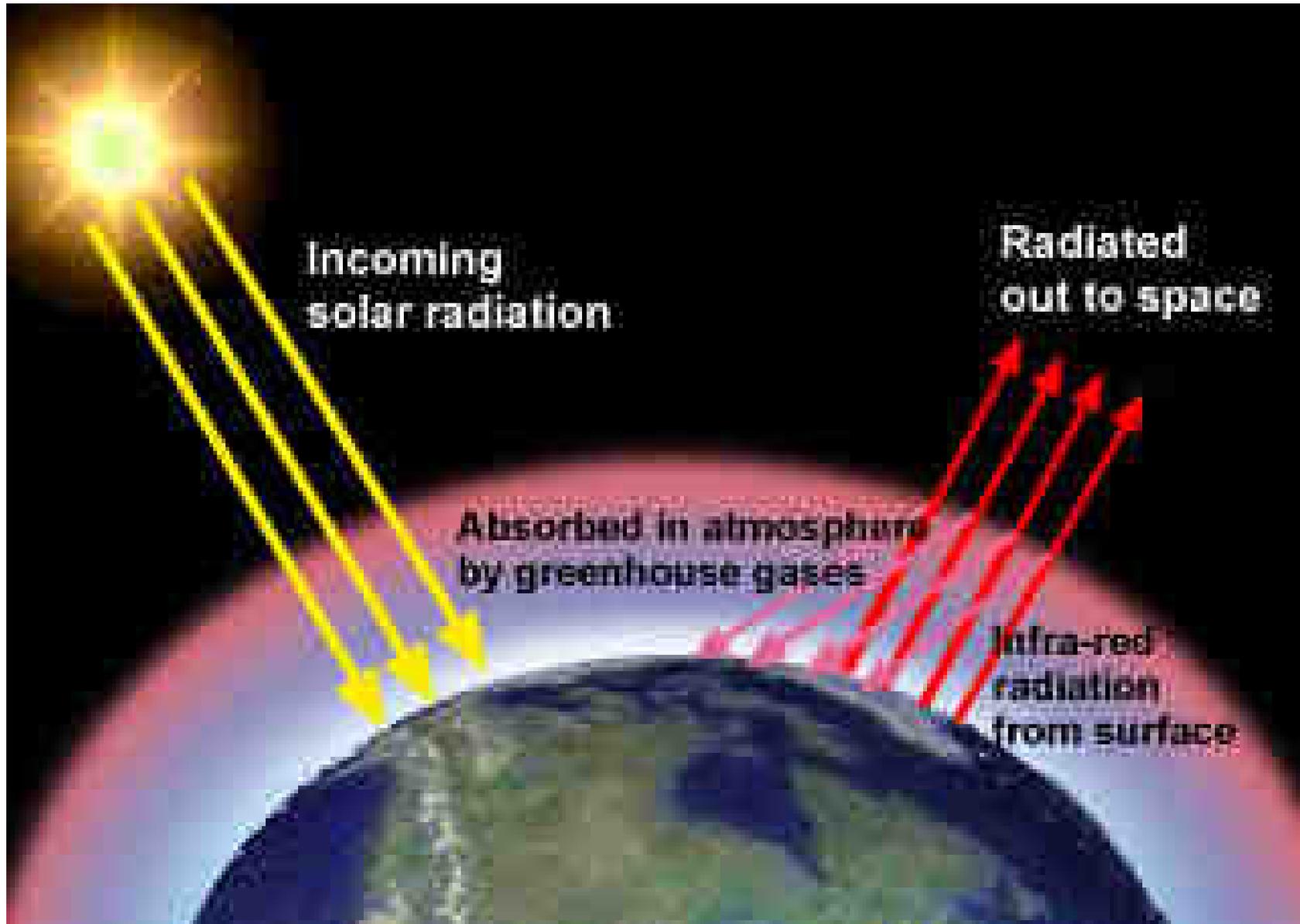
<b>EMPRESA</b>	<b>Tipo de emisión</b>	<b>Tipo de contaminación</b>	<b>Sistema de control</b>
ALCASA	Gaseosa y particulada	Partículas de $AlO_3$ , F, $NO_2$ . Gases: HF, CO, $CO_2$ , NO	Casas de mangas filtrantes, precipitador electrostático, depurador de humos
ALUMPROCA	Gaseosa y particulada	Partículas de polvo, $CO_2$ , $SO_3$ . Gases: CO, THC, NO	Casas de mangas
CEMENTOS GUAYANA	Partículas	$SiO_2$ , $AlO_2$ , CuO, $Fe_2O_3$ , MnO, MgO	Casas de mangas
INTERALUMINA	Particulada	$Al_2O_3$ y polvo de bauxita	Casas de mangas y precipitador electrostático
SIDOR	Gaseosa y particulada	HF, Fe, $Fe_2O_3$ . Gases: HCl, $H_2S$ , $SO_2$ , $NO_2$ , CO, THC	Casa de mangas, lavadores húmedos, ciclones y multiciclones

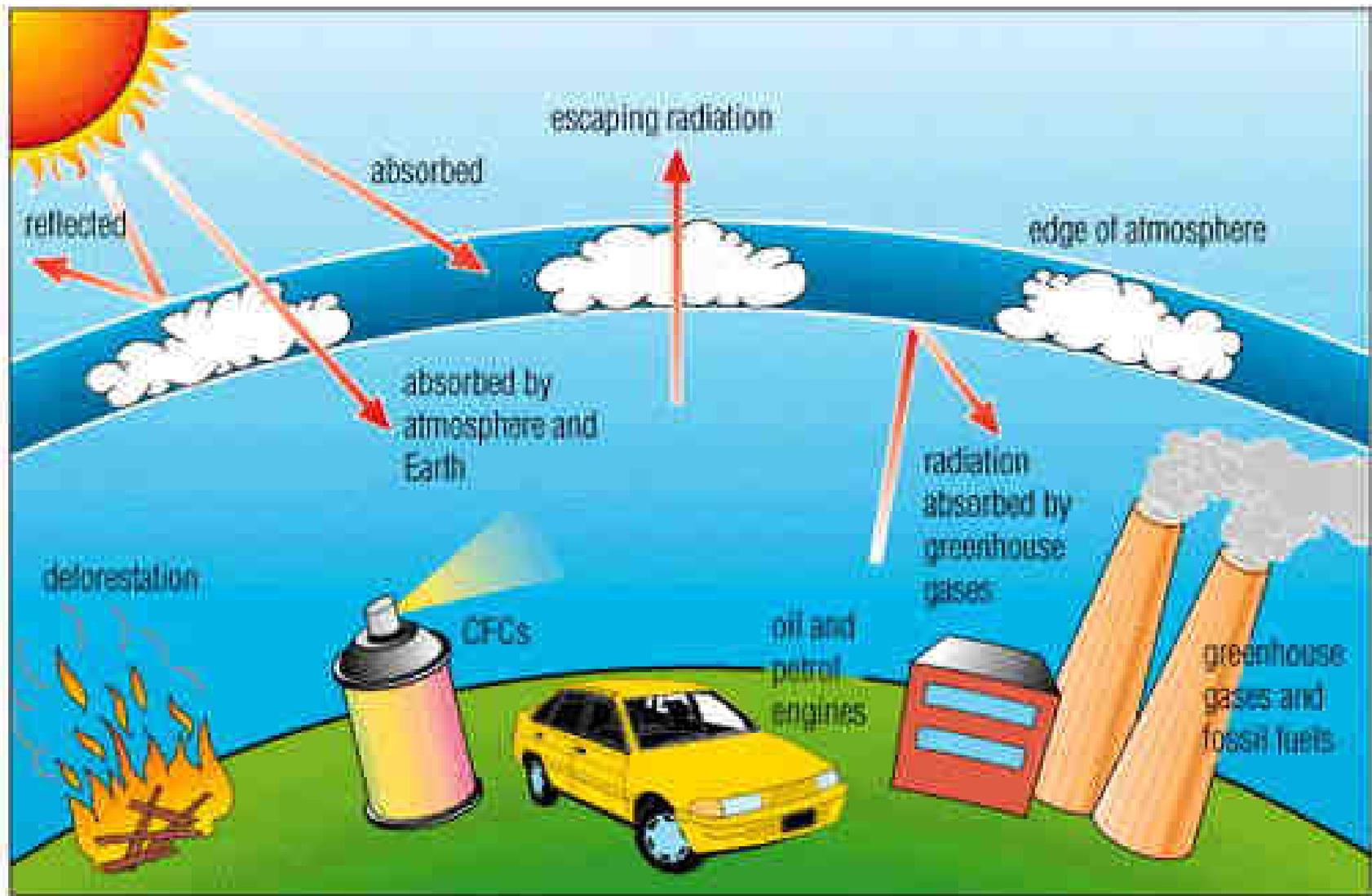


**Industrias básicas: cemento, hierro, aluminio, petróleo, etc.**

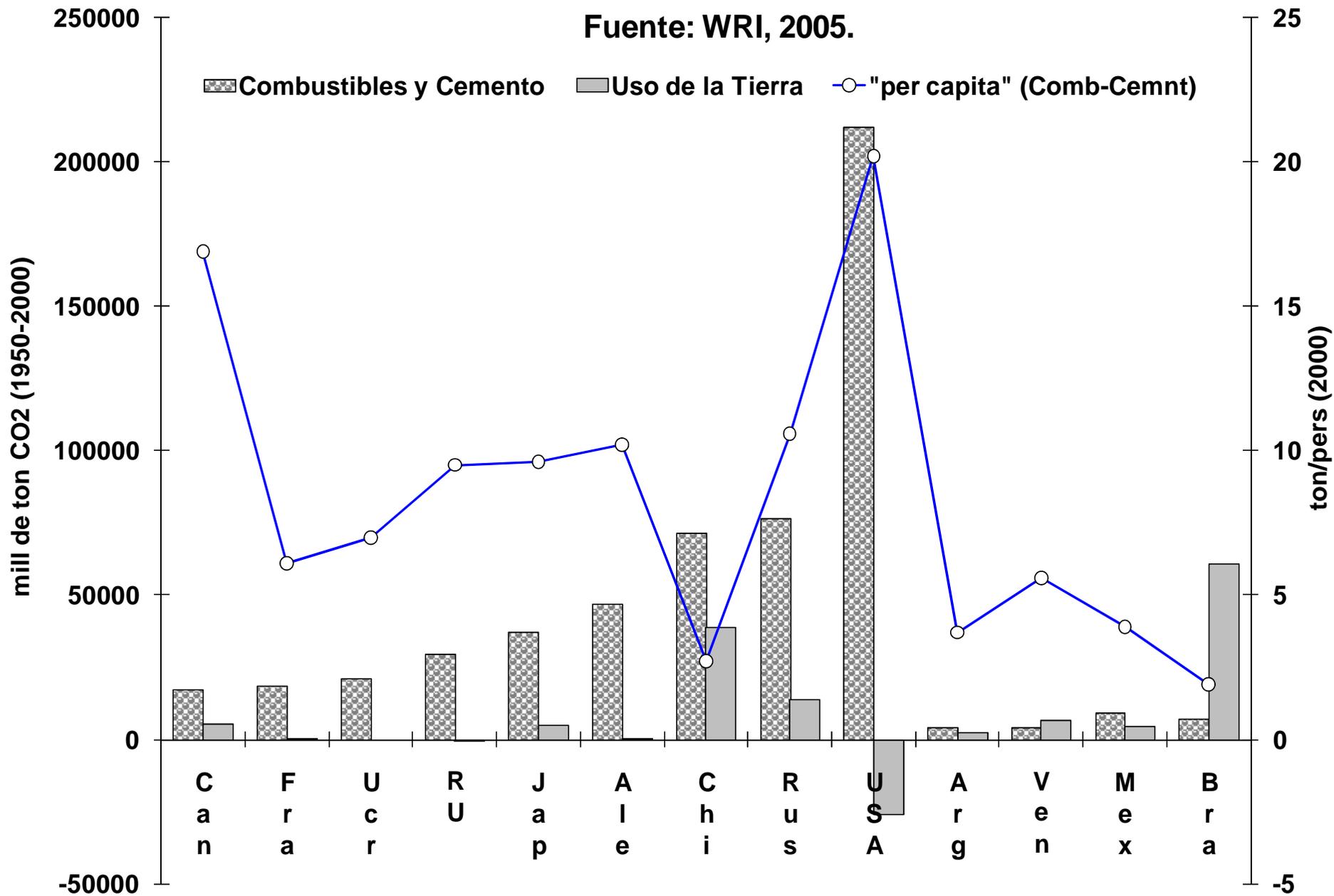


# EFFECTO INVERNADERO (Gitli et al, 1999).



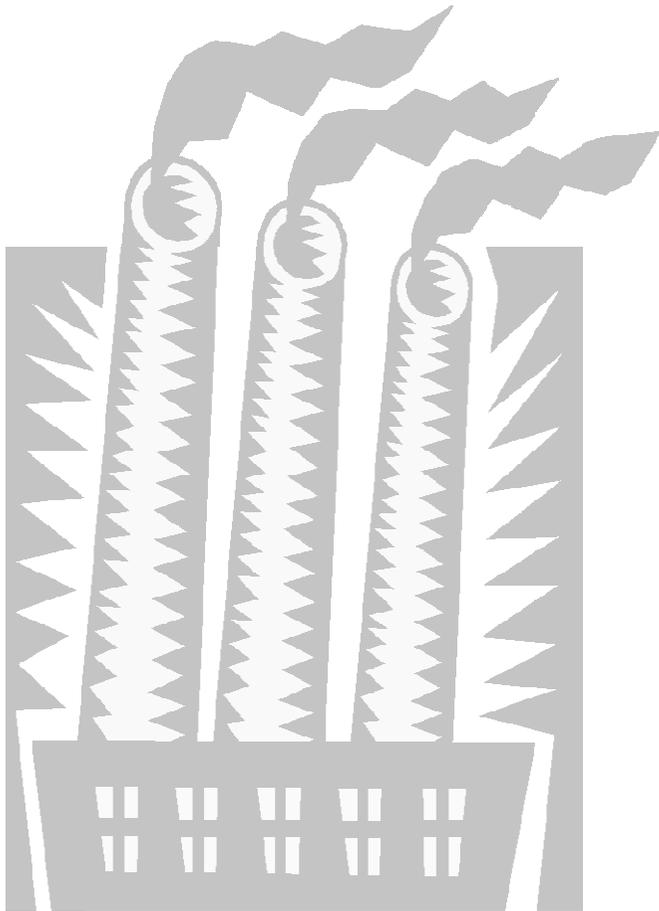


Fuente: WRI, 2005.



Entre 1850 y 2000 se emitieron aproximadamente 400 Gt C.  
La concentración pasó de 280 a 360 ppm.

## CONSECUENCIAS DEL EFECTO INVERNADERO (IPCC, 1997)



- Aumento de la temperatura media anual en 1 a 3.5 °C para el año 2100 (mayor que lo ocurrido en los últimos 10.000 años).
- Se derriten los casquetes polares y se incrementa el nivel medio del mar entre 15 y 95 cm.
- Cambia la estructura de especies en ecosistemas templados y de alta montaña.
- Cambio en los patrones espaciales y temporales de las precipitaciones.
- Se incrementa el paludismo (50-80 mill de casos adicionales).
- Efecto de fertilización por CO<sub>2</sub>.

# PROTOCOLO DE KIOTO (1997).

Tiene como objetivo reducir el total de emisiones de gases con efecto invernadero a un nivel inferior, en no menos de 5%, al de 1990, en el período de compromiso entre el año 2008 y el 2012.

39 países



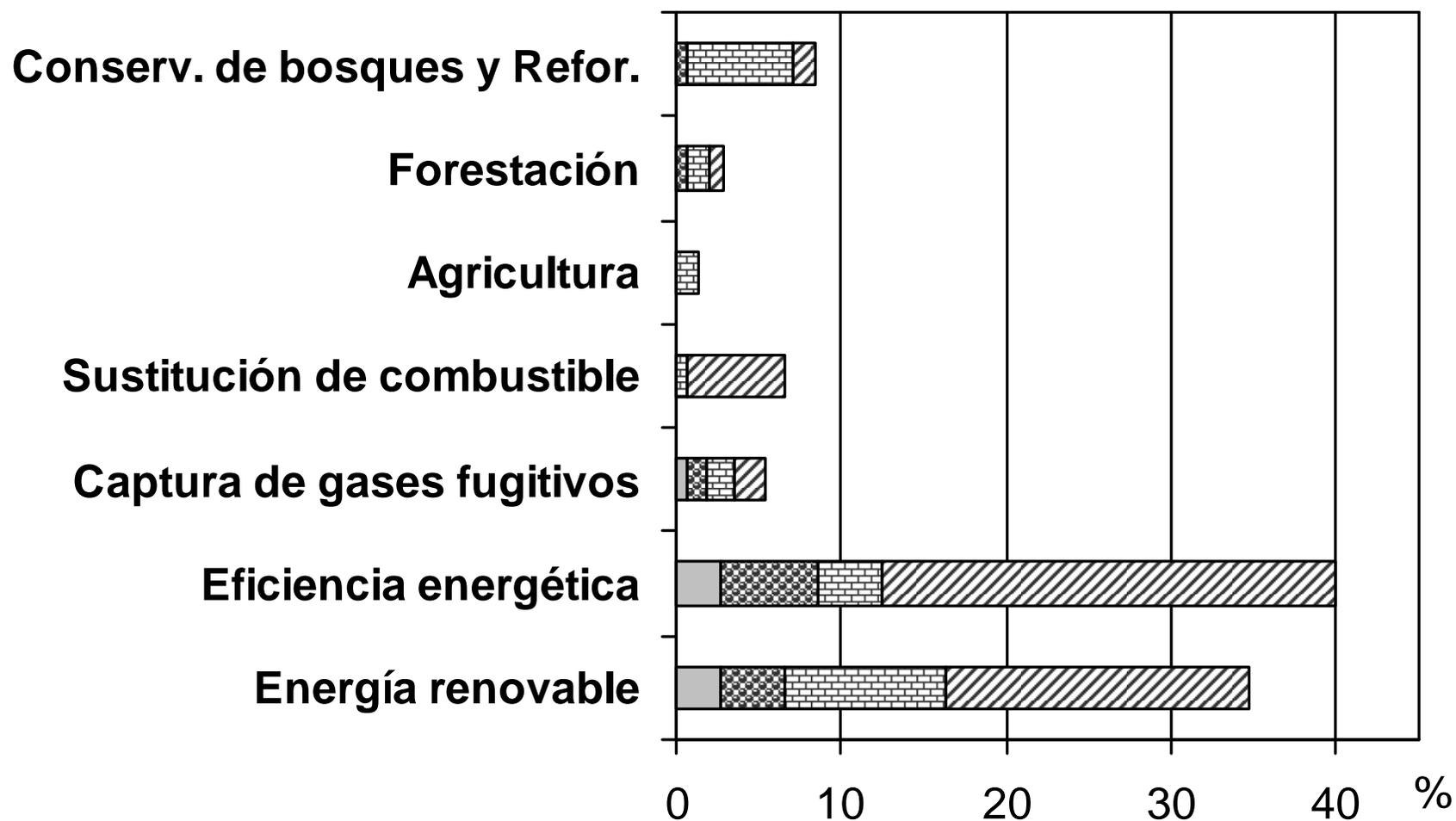
## MECANISMOS CONTEMPLADOS EN EL PROTOCOLO DE KIOTO.

- Comercio de Emisiones: ...las partes podrán participar en operaciones de comercio de los derechos de emisión a los efectos de cumplir sus compromisos...
- Implementación Conjunta: toda parte del anexo I podrá transferir a cualquier otra de esas partes, las unidades de reducción de emisiones, resultantes de proyectos encaminados a reducir dichas emisiones.
- Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL): el propósito de este mecanismo es ayudar a las partes no incluidas en el anexo I a lograr un desarrollo sostenible y contribuir a la convención, así como ayudar a las partes del anexo I a cumplir sus compromisos de reducción de emisiones.

## TIPOS DE PROYECTO MDL (Castillo, 2001).

- Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (aumentar y conservar reservas de CO<sub>2</sub>, plantaciones posteriores a 1989).
- Mejoramiento en el uso de combustibles fósiles.
- Eficiencia energética en la industria.
- Captura de emisiones fugitivas.
- Uso de energía renovable.

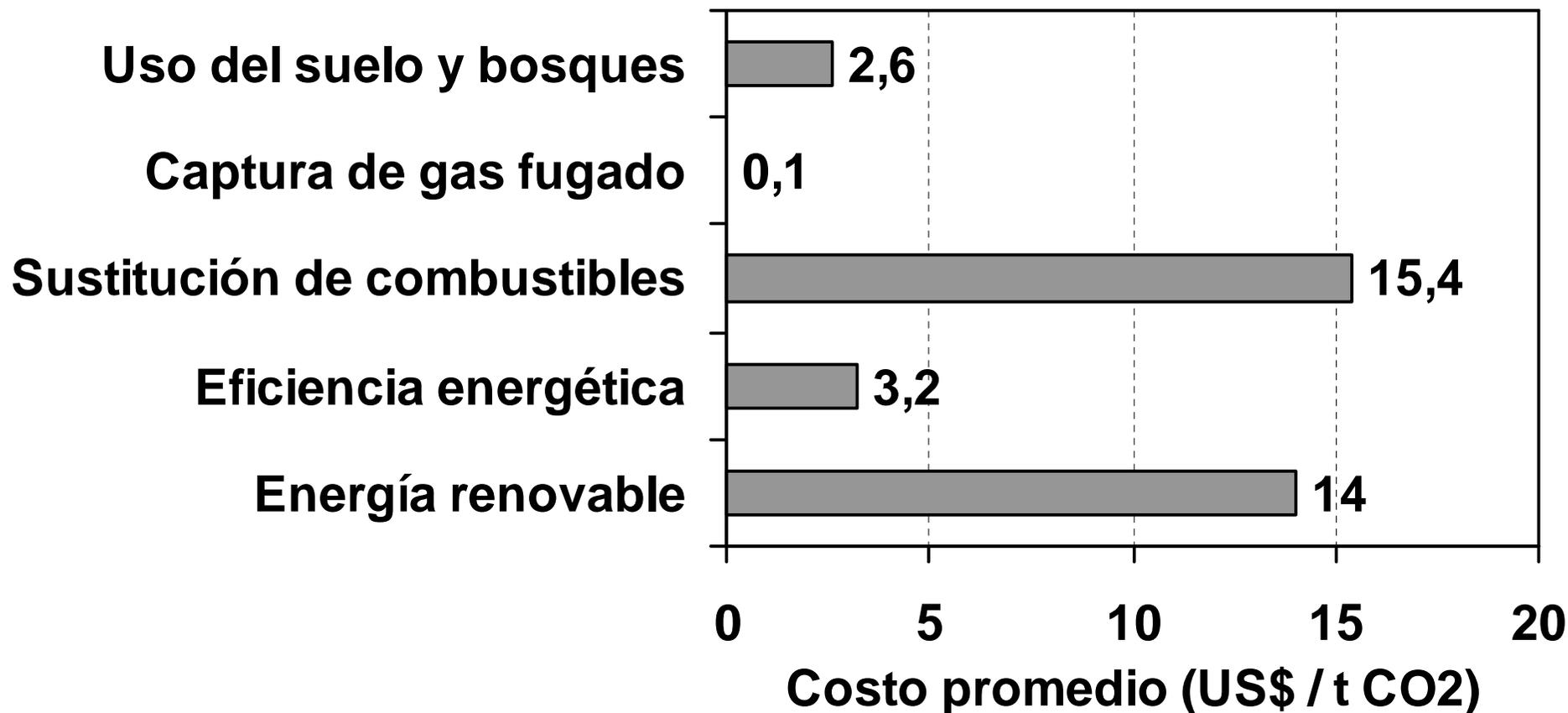
ACTIVIDADES IMPLEMENTADAS CONJUNTAMENTE (UNFCCC, 2001).



■ Africa ■ Asia y Pacífico ■ Latinoamérica ■ Economías en transición



**COSTO PROMEDIO DE REDUCCIÓN DE CO<sub>2</sub>, POR TIPO DE PROYECTO  
(Schwarze, 2000).**



## ACTIVIDADES IMPLEMENTADAS CONJUNTAMENTE EN LATINOAMÉRICA.

<b>HUESPED</b>	<b># Proy.</b>	<b>Area (ha)</b>	<b>Costo (\$ MM)</b>	<b>Inversionistas</b>
<b>Argentina</b>	<b>1</b>	<b>70.000</b>	<b>7,0</b>	<b>USA</b>
<b>Belize</b>	<b>1</b>	<b>87.000</b>	<b>5,5</b>	<b>USA</b>
<b>Bol, Per, Ecu</b>	<b>1</b>	<b>1.500.000</b>	<b>3,4</b>	<b>USA</b>
<b>Bolivia</b>	<b>1</b>	<b>1.000.000</b>	<b>9,5</b>	<b>USA, Reino Unido</b>
<b>Brasil</b>	<b>2</b>	<b>260.800</b>		<b>USA, Francia</b>
<b>Chile</b>	<b>2</b>	<b>280.000</b>	<b>21,0</b>	<b>USA, Holanda</b>
<b>Costa Rica</b>	<b>4</b>	<b>542.340</b>	<b>79,4</b>	<b>USA, Noruega</b>
<b>Ecuador</b>	<b>2</b>	<b>77.000</b>	<b>6,0</b>	<b>USA, Holanda</b>
<b>Guatemala</b>	<b>2</b>	<b>243.800</b>	<b>14,0</b>	<b>USA, Din, Nor, Sui</b>
<b>México</b>	<b>2</b>	<b>13.030</b>	<b>3,3</b>	<b>USA, RU, Francia</b>
<b>Panamá</b>	<b>1</b>	<b>500</b>	<b>3,7</b>	<b>USA</b>
<b>Paraguay</b>	<b>1</b>	<b>58.000</b>	<b>5,0</b>	<b>USA</b>
<b>Perú</b>	<b>1</b>	<b>106.000</b>		<b>USA</b>
<b>TOTAL</b>	<b>21</b>	<b>4.238.470</b>	<b>157,8</b>	<b>-</b>

# POTENCIAL DE VENEZUELA



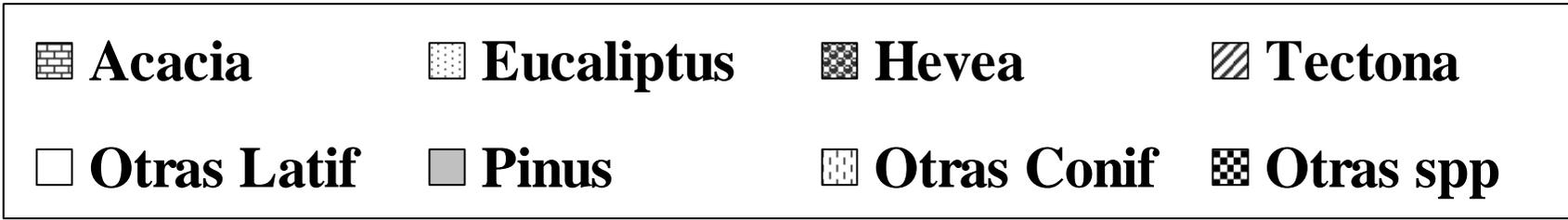
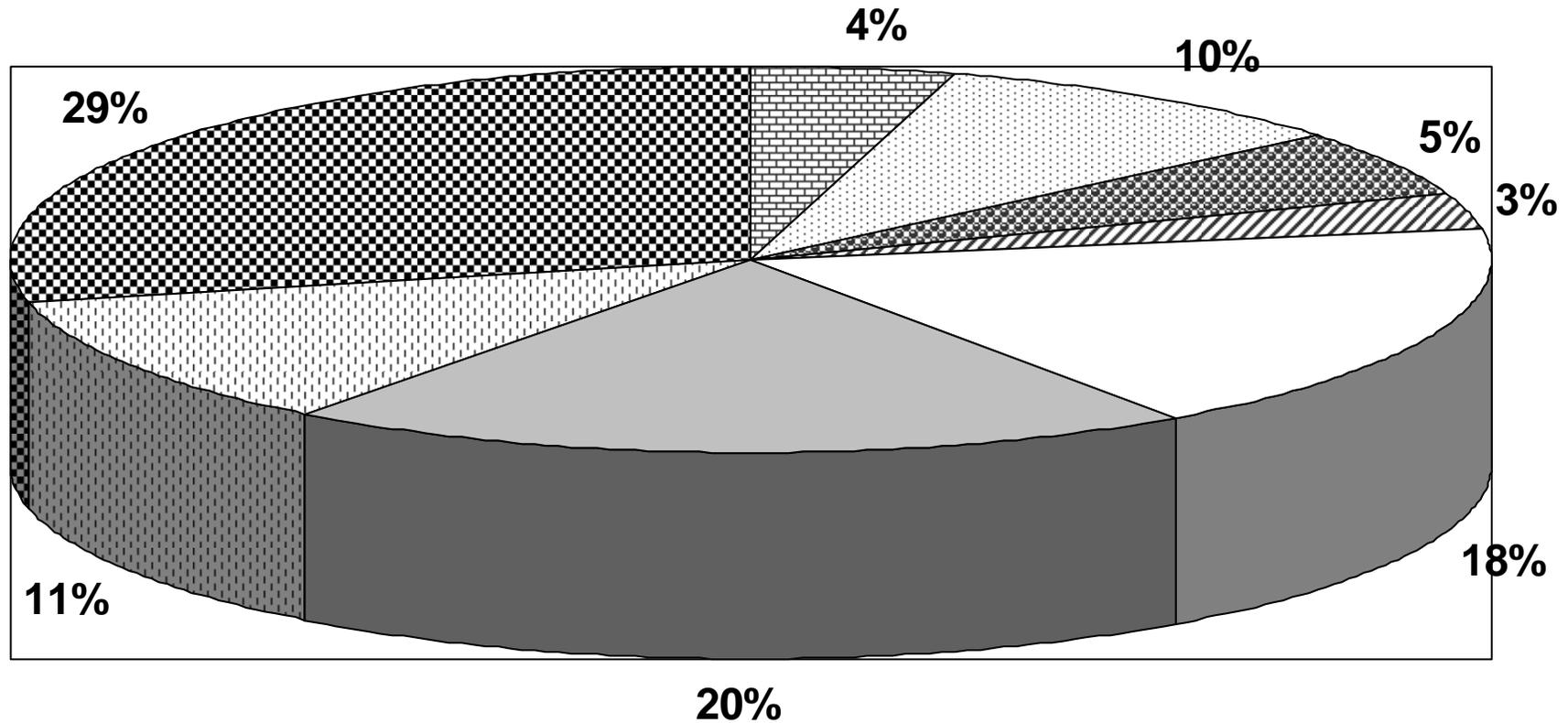
# POTENCIAL: PRESERVACIÓN

BOSQUE ESPINOSO TROPICAL (FALCÓN)	17.6 – 20.0 ton/ha
BOSQUE MUY SECO TROPICAL (ANZOÁTEGUI)	110.0 – 144.7 ton/ha
BOSQUE SECO TROPICAL (BARINAS)	133.6 – 228.7 ton/ha
BOSQUE HÚMEDO MONTANO BAJO (MÉRIDA)	227.5 – 293.5 ton/ha
BOSQUE HÚMEDO MONTANO (MÉRIDA)	271.6 – 317.7 ton/ha
BOSQUE HÚMEDO TROPICAL (BOLIVAR)	313.2 – 405.0 ton/ha

## POTENCIAL: PLANTACIONES FORESTALES.

• <u>Protectoras</u>	24.365 ha
• <u>Industriales</u>	
Aserrío	71.944 ,,
Aserrío o pulpa	517.975 ,,
Pulpa para papel	112.926 ,,
Caucho	238 ,,
Bioenergéticas	? ,,
Sust. Aromáticas	? ,,
• <u>Sist. Agroforestales</u>	? ,,
<u>TOTAL</u>	727.448 ha

**PLANTACIONES FORESTALES DESARROLLADAS EN EL MUNDO  
(186.733.000 ha, según FAO, 2000).**



## RESULTADOS OBTENIDOS EN VENEZUELA (37 especies).

Alto Rendimiento (>20 m <sup>3</sup> /ha/año)	Mediano Rendimiento (10-20 m <sup>3</sup> /ha/año)	Bajo Rendimiento (<10 m <sup>3</sup> /ha/año)	
<b>E. urophylla</b>	Melina	<b>P. caribe</b>	Algarrobo
<b>E. camaldulensis</b>	Teca	Leucaena	Baramán
E. grandis	Saqui-saqui	Caoba	Caucho
<b>E. tereticornis</b>	<b>P. radiata</b>	Mata ratón	Cedro blanco
<b>Ciprés</b>	Ceiba	Mijao	Mureílo
<b>P. oocarpa</b>	Sarrapia	Apamate	Pino laso
<b>P. patula</b>	Jabillo	Carapa	Puy
Balso	Pardillo	Samán	Zapatero
	Cedro	Jobo	Pardillo negro
(E.= eucaliptus)	(P.= pinus)	Aliso	Fresno

# COSTOS DE ABSORCIÓN DE CARBONO.

<b>Modalidad =====&gt;</b>	<b>Eucalipto Gran Escala</b>	<b>Eucalipto Mediana Escala</b>	<b>Pino Gran Escala</b>	<b>Pino Mediana Escala</b>	<b>Teca Pequeña Escala</b>
<b>Crecimiento (m3/ha/año)</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>15</b>
<b>Turno (años)</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>
<b>Volumen de Fuste (m3/ha)</b>	<b>300</b>	<b>300</b>	<b>105</b>	<b>105</b>	<b>225</b>
<b>Densidad</b>	<b>0.5</b>	<b>0.5</b>	<b>0.43</b>	<b>0.43</b>	<b>0.64</b>
<b>Biomasa (ton/ha)</b>	<b>150</b>	<b>150</b>	<b>45.15</b>	<b>45.15</b>	<b>144</b>
<b>C (ton/ha)</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>22.6</b>	<b>22.6</b>	<b>72</b>
<b>Costo de Plantación (Bs/ha)</b>	<b>300.000</b>	<b>600.000</b>	<b>300.000</b>	<b>600.000</b>	<b>900.000</b>
<b>Costo de Absorción (por ton C)</b>	<b>4.000 Bs (US\$ 5.7)</b>	<b>8.000 Bs (US\$ 11.4)</b>	<b>13.274 Bs (US\$ 19)</b>	<b>26.548 Bs (US\$ 38)</b>	<b>12.500 Bs (US\$ 18)</b>