

Greenhouse Gases and CO2 emissions in the world and in Mexico



*Amparo Martínez Arroyo
Centro de Ciencias de la
Atmósfera, UNAM*

Workshop of CO2 Geological Storage
Instituto de Ingeniería, March 2012.

We will talk about...

GENERAL CONSIDERATIONS

- CONDITIONS DETERMINING THE PLANETARY ATMOSPHERES
- CHARACTERISTICS OF THE EARTH ATMOSPHERE

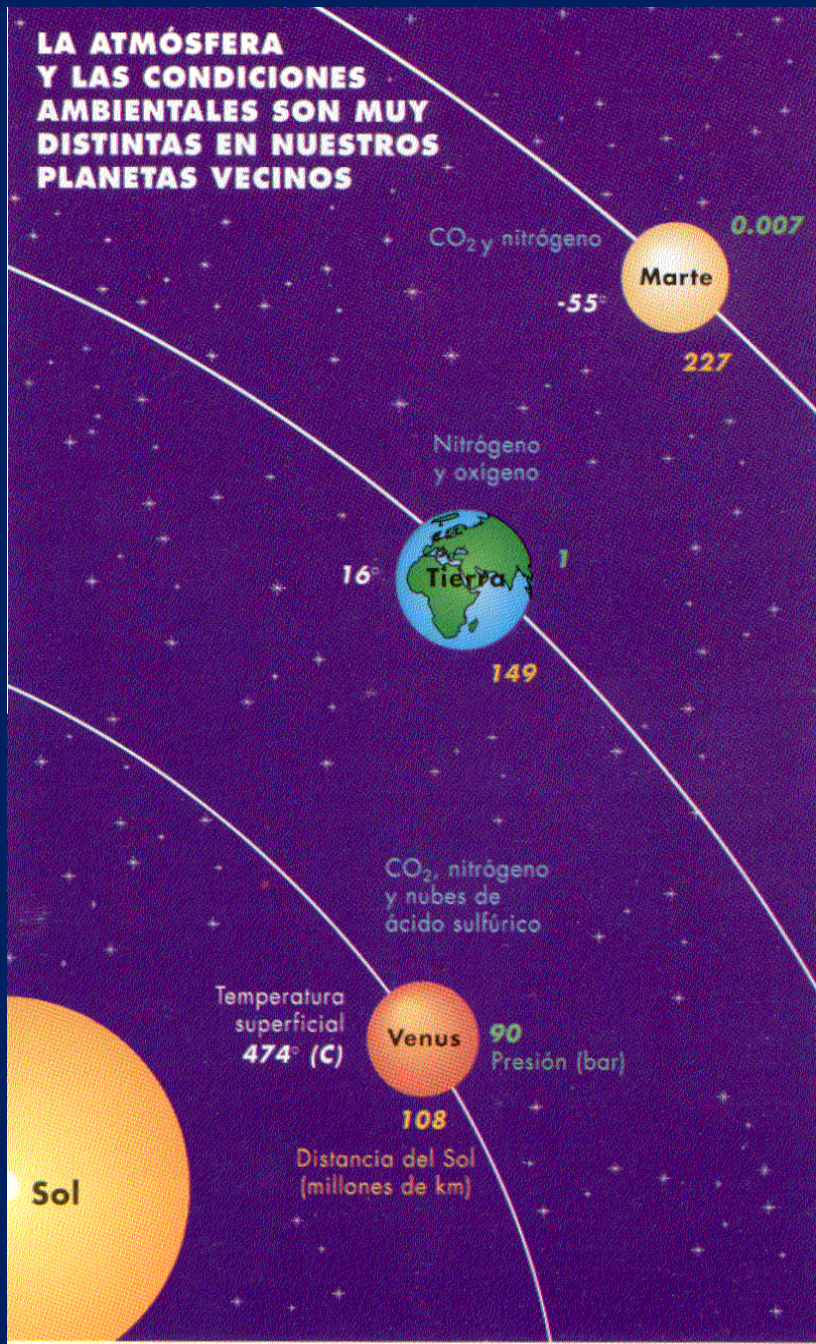
CONCEPTS AND BIOGEOCHEMICAL CONTEXT

- THE EARTH SYSTEM
- THE CLIMATE SYSTEM

FACTS AND PERSPECTIVES

- GREENHOUSE GASES AND CO₂ EMISSIONS

LA ATMÓSFERA Y LAS CONDICIONES AMBIENTALES SON MUY DISTINTAS EN NUESTROS PLANETAS VECINOS



Atmósferas planetarias

Factores determinantes de los ambientes planetarios:
Astronómicos, físicos, químicos, biológicos

Physical data for solar system bodies with atmospheres

Body	R_p (km)	g_0 (m s^{-2})	V_e (km s^{-1})	P_s (bar)	A	T_e (K)	$V_m(T_e)$ (km s^{-1})	T_s (K)
Venus	6050	8.60	10.3	92.1	0.77	227	1.94	732
Earth	6378	9.78	11.2	1.01325	0.29	256	2.96	288
Mars	3398	3.72	5.0	6.3×10^{-3}	0.15	217	1.89	223
Jupiter	71900 ^a	22.88	59.5	{1.00 ^a }	0.33	110	1.35	170 ^a
Saturn	60000 ^a	9.05	35.6	{1.00 ^a }	0.36	80	1.15	130 ^a
Uranus	26145	7.77	21.2	{1.00 ^a }	-0.4	56	0.96	78 ^a
Neptune	24750	11.00	23.6	{1.00 ^a }	-0.4	44	0.85	72 ^a
Titan	2560	1.25	2.1	1.5	0.2	85	1.19	95

R_p = planetary radius

g_0 = surface acceleration due to gravity

V_e = escape velocity

A = albedo

T_e = effective temperature

$V_m(T_e)$ = most probable velocity for hydrogen at temperature T_e

T_s = surface temperature

P_s = surface pressure

^a At the 1 bar level.

Compiled from Beatty, J.K., O'Leary, B., and Chaikin, A. (eds.) *The new solar system*, 2nd edn. Cambridge University Press, Cambridge, 1982; Kondratyev, K. Y., and Hunt, G.E. *Weather and climate on planets*. Pergamon Press, Oxford, 1982; Stone, E.C. and Miner, E.D. *Science* **212**, 159 (1981); *Science* **215**, 499 (1982); Trafton, L. *Rev. Geophys & Space Phys.* **19**, 43 (1981). Adapted from Richard P. Wayne, 1985: *Chemistry of Atmospheres*. Clarendon Press, Oxford. 361 pp.

Composición Química (%)

Body	Chemical Abundance (%)													
	H ₂	He	H ₂ O	CH ₄	NH ₃	Ne	H ₂ S	CO ₂	N ₂	O ₂	CO	SO ₂	Ar	N ₂ O
Sun	89	11	1.0(-1)	6.0(-2)	1.5(-2)	1.4(-2)	2.5(-3)	-	-	-	-	-	-	-
Venus	1(-3)	2(-3)	2(-3)	6(-5)	-	1.5(-3)	2(-4)	96.5	3.5	2(-3)	3(-3)	1.5(-2)	7(-3)	-
Earth	5.3(+5)	5.2(+4)	0 to 4	1.7(+4)	<1(-6)	1.8(-3)	1(-8)	3.35(-2)	78.1	2(-9)	4 to 20(-6)	1.1(-8)	9.3(-1)	3.0(-5)
Mars	-	-	3(-2)	-	-	2.8(-4)	-	95.3	02.7	1.3(-1)	7(-2)	-	1.6	-
Jupiter	89	11	5(-4)	2.4(-1)	2(-2)	-	?	-	-	-	2(-7)	-	-	-
Saturn	94	6	5(-4)	2.0(-1)	2(-2)	-	<4(-5)	-	-	-	-	-	-	-
Uranus	89	11	-	2(-1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Neptune	89	11	-	9(-2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Titan	2(-1)	-	-	3	-	-	-	-	82	-	-	-	12	-

Adapted from Richard P. Wayne, 1985: *Chemistry of Atmospheres*. Clarendon Press, Oxford. 361 pp.

Planeta

**Te
°C**

**Ts
°C**

Marte

-56

-55

Tierra

-18

16

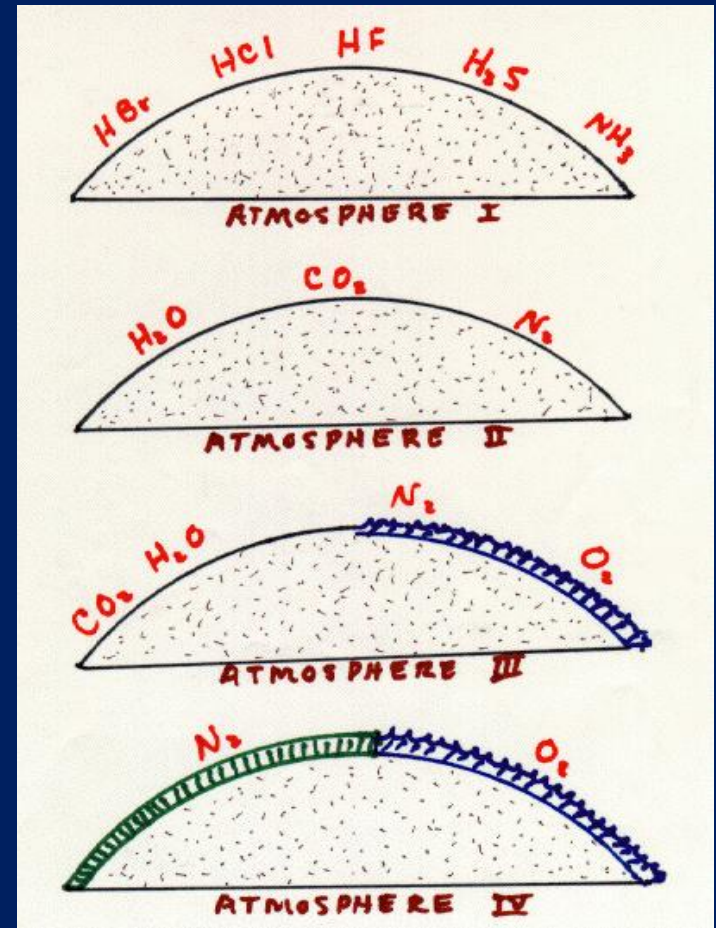
Venus

-41

474

Evolución de la Atmósfera

- Atmósfera primigenia gases primarios (escape de H y He).
- **Atmósfera secundaria.** Inicio de enfriamiento.(formación de Océanos, nubes...)
- Atmósfera 3 se libera oxígeno. Vapor de agua.
- **Atmósfera 4, actual.** Fotosíntesis: Cambio de reductora a oxidante.



Composición Atmosférica (actual)

Gas (caos)	(%)
Nitrógeno (N ₂)	78.08
Oxígeno (O ₂)	20.95
Argón	0.93
<i>Gases de efecto invernadero</i>	H ₂ O, CO ₂ , CH ₄ , No _{x..} O ₃

Cambios naturales en la concentración atmosférica

- Escape de gases ligeros
- Ciclos físico – químicos naturales, influenciados por procesos biológicos.
- Erupciones volcánicas
- Reacciones fotoquímicas
- Por debajo de los 50 - 80Km: La proporción relativa de cada componente varía uniformemente: mezcla vertical.
- Por arriba de los 50 - 80Km: Procesos de mezcla pequeños, los gases más pesados se mantienen en niveles más bajos, los ligeros más arriba.

Sistema Tierra

Peso aproximado
(gramos)

➤ **Atmósfera** 5.4×10^{21}

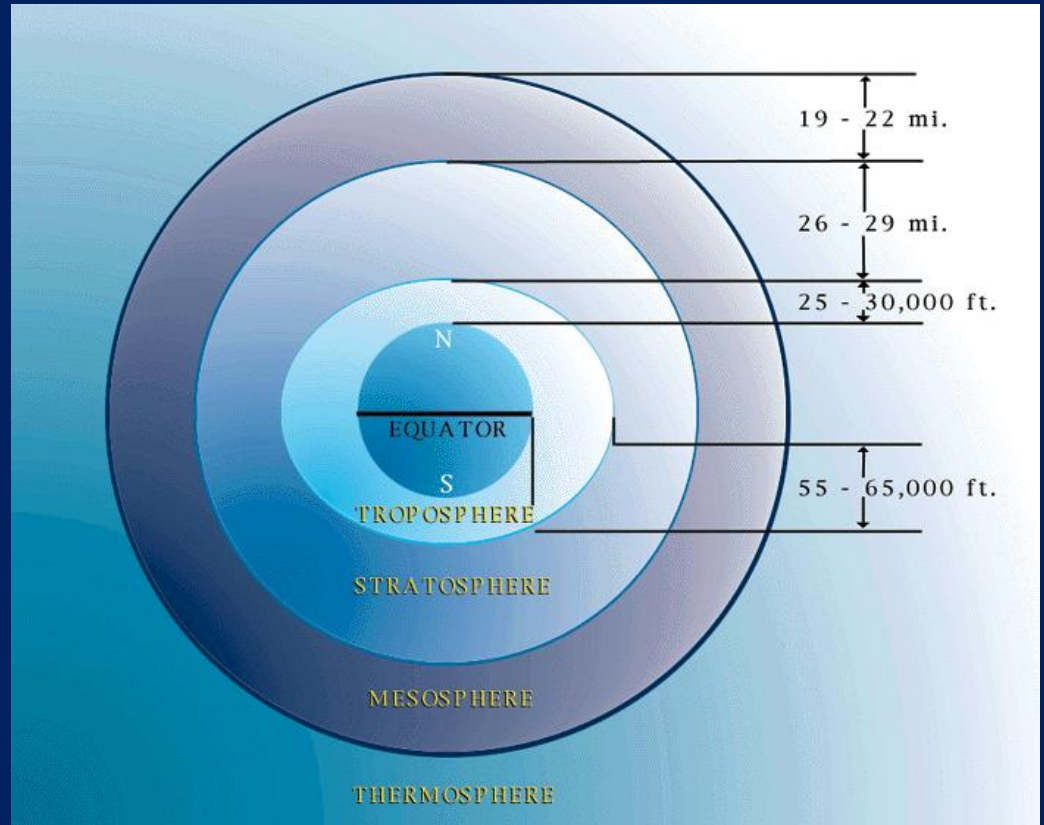
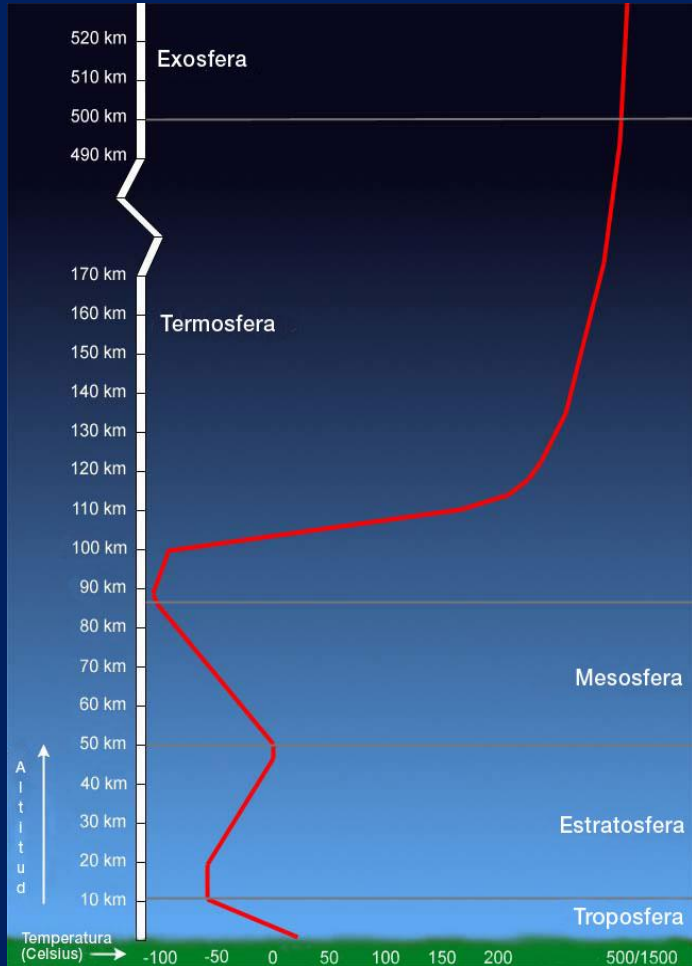
➤ **Hidrosfera** 1.4×10^{24}

➤ **Litosfera** 5.9×10^{27}

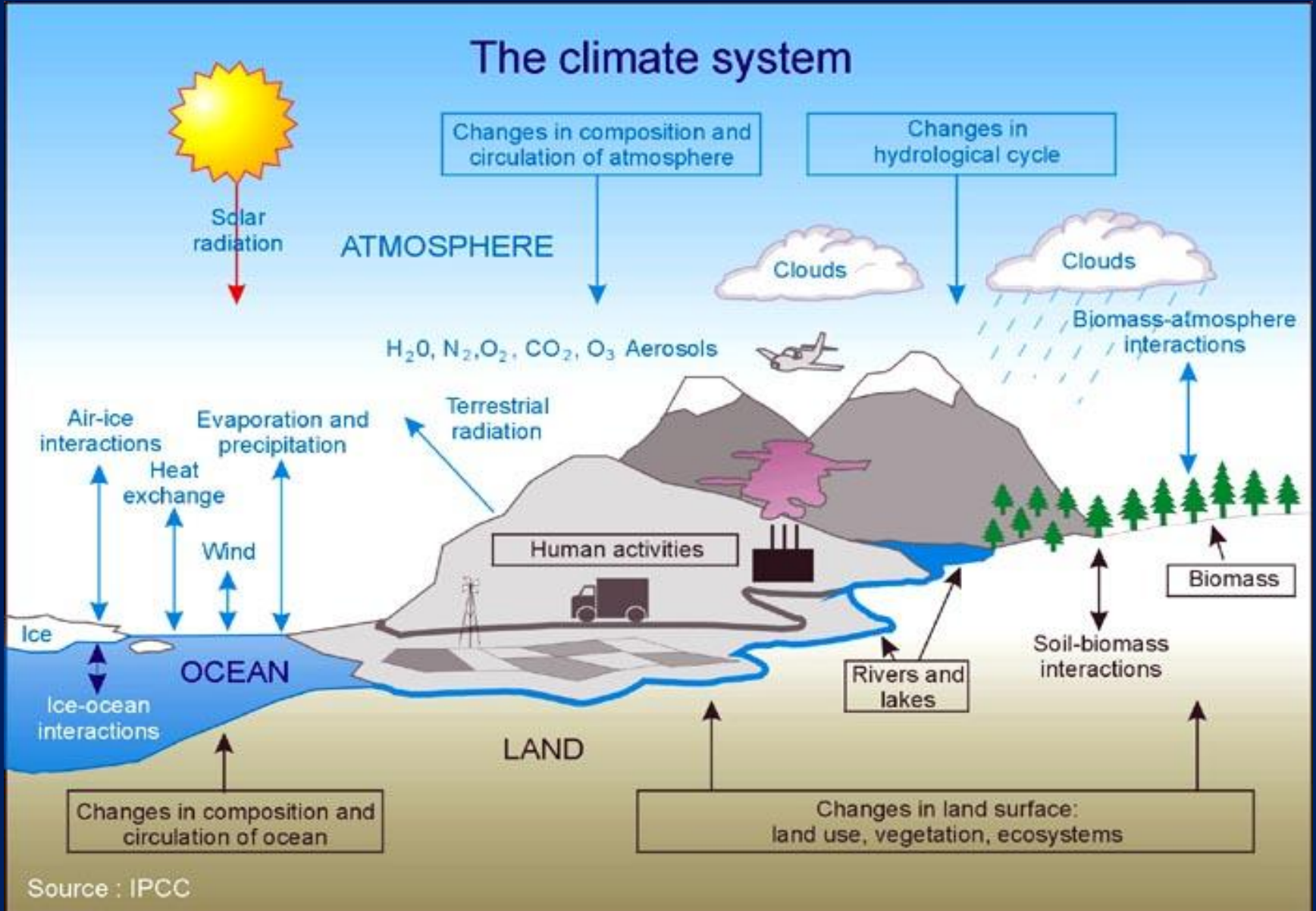
➤ **Biosfera** 6×10^{17}



Estructura de la Atmósfera



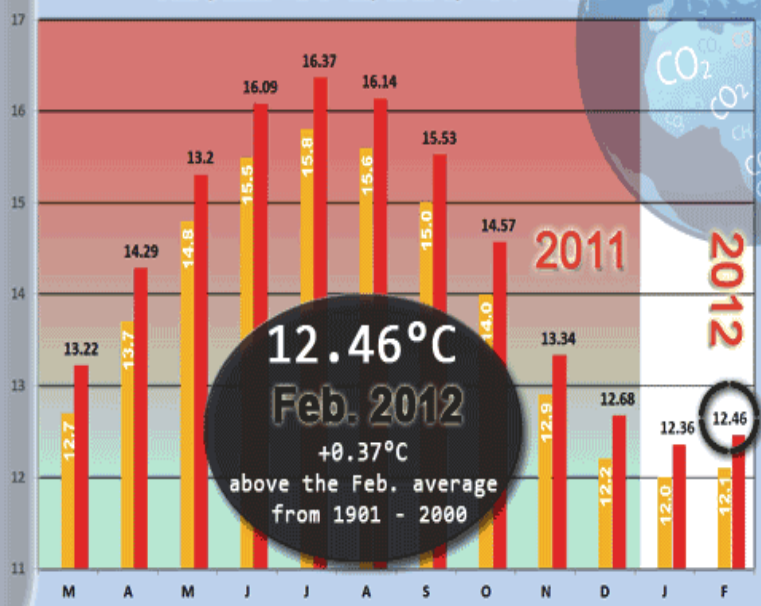
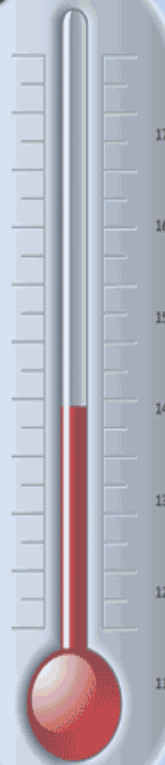
Sistema Climático y Ciclos biogeoquímicos



February 2012

Global Temperature

Combined land and sea surface temperature
Data posted March 15, 2012 by NOAA - NCDC



12.46°C
Feb. 2012
+0.37°C
above the Feb. average
from 1901 - 2000

◆ 1901 - 2000 Monthly Averages ◆ Recent Data (Mar 2011 - Feb 2012)

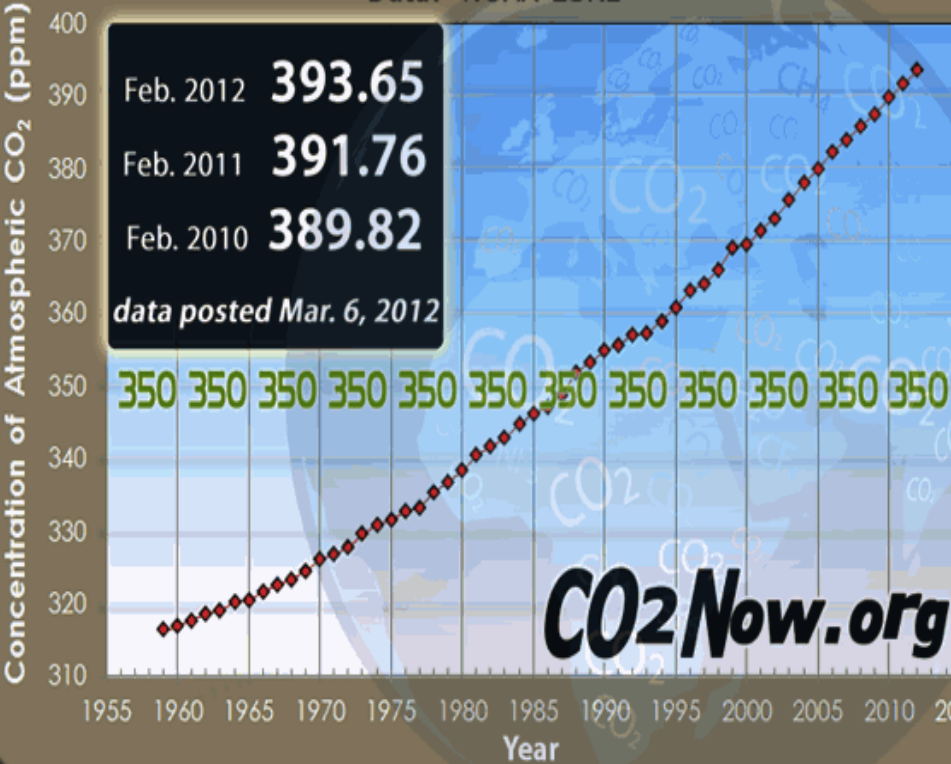
February 2012 is the 22nd warmest February on record (since 1880)

La problemática actual

Atmospheric CO2

February 1959 - February 2012

February CO₂ | Year Over Year | Mauna Loa Observatory
Data: NOAA-ESRL



Feb. 2012 **393.65**
Feb. 2011 **391.76**
Feb. 2010 **389.82**
data posted Mar. 6, 2012

GAS	Pre-1750 tropospheric concentration¹	Recent tropospheric concentration²	GWP³(100-yr time horizon)	Atmospheric lifetime⁴(years)	Increased radiative forcing⁵(W/m²)
Concentrations in parts per million (ppm)					
Carbon dioxide (CO ₂)	280 ⁶	390.5 ⁷	1	~ 100 ⁴	1.79
Concentrations in parts per billion (ppb)					
Methane (CH ₄)	700 ⁸	1871 ⁹ / ₁₇₅₀	25	12 ⁴	0.50
Nitrous oxide (N ₂ O)	270 ¹⁰	323 ⁹ /322 ⁹	298	114 ⁴	0.18
Tropospheric ozone (O ₃)	25 ¹	34 ^{4,1}	n.a. ⁴	hours-days	0.35 ⁴
Concentrations in parts per trillion (ppt)					
CFC-11 (trichlorofluoromethane) (CCl ₃ F)	zero	241 ⁹ /239 ⁹	4,750	45	0.060
CFC-12 (CCl ₂ F ₂)	zero	534 ⁹ /532 ⁹	10,900	100	0.17
CF-113(CCl ₂ FFClF ₂)	zero	75 ⁹ /75 ⁹	6,130	85	0.024
HCFC-22(CHClF ₂)	zero	220 ⁹ /196 ⁹	1,810	12	0.041
HCFC-141b(CH ₃ CCl ₂ F)	zero	22 ⁹ /19 ⁹	725	9.3	0.0025
HCFC-142b(CH ₃ CClF ₂)	zero	22 ⁹ /20 ⁹	2,310	17.9	0.0031
Halon 1211 (CBrClF ₂)	zero	4.3 ⁹ /4.1 ⁹	1,890	16	0.001
Halon 1301 (CBrClF ₃)	zero	3.3 ⁹ /3.2 ⁹	7,140	65	0.001
HFC-134a(CH ₂ FCF ₃)	zero	64 ⁹ /53 ⁹	1,430	14	0.0055
Carbon tetrachloride (CCl ₄)	zero	87 ⁹ /85 ⁹	1,400	26	0.012
Sulfur hexafluoride (SF ₆)	zero	7.41 ^{9,11} /6.8 _{2^{9,11}}	22,800	3200	0.0029

Calentamiento global estimado debido a diferentes Gases y Partículas

global	% del efecto invernadero natural	% de calentamiento
H ₂ O(g)	88.9	0
CO ₂ (g)	7.5	46.6
C(s)	0.2	16.4
CH ₄ (g)	0.5	14.0
O ₃ (g)	1.1	11.9
N ₂ O(g)	1.5	4.2
CH ₃ Cl(g)	0.3	0.
CFCL ₃ (g)	0	1.8
CF ₂ Cl ₂ (g)	0	4.2
CF ₂ ClH(g)	0	0.6
CCl ₄ (g)	0	0.3

Units

- 1 Pg = 1 Petagram = 1×10^{15} g = 1 Billion metric tons = 1 Gigaton
- 1 Tg = 1 Teragram = 1×10^{12} g = 1 Million metric tons
- 1 Kg Carbon (C) = 3.67 Kg Carbon Dioxide (CO₂)

<http://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget>

Concentración Atmosférica de CO₂

Febrero 2012

CO₂ Atmosférico:

393.65 ppm

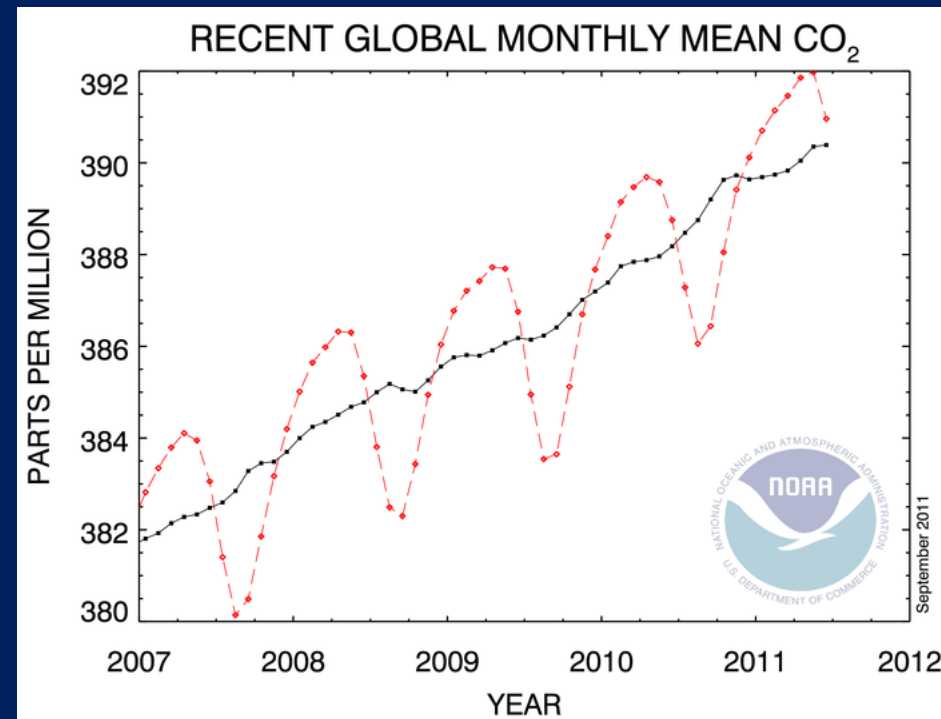
(aprox. 280 ppm en 1750)

1970 – 1979: 1.3 ppm y⁻¹

1980 – 1989: 1.6 ppm y⁻¹

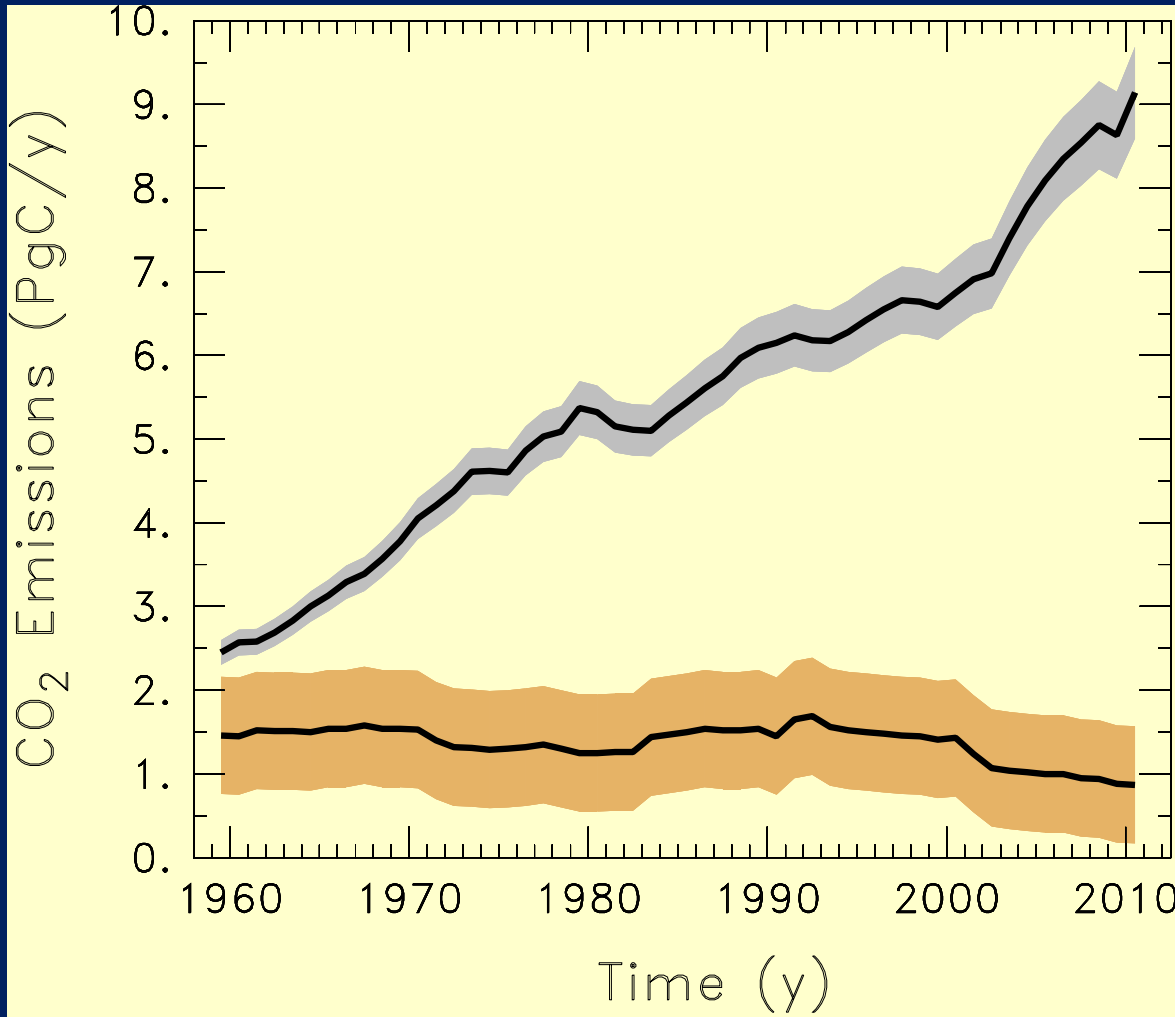
1990 – 1999: 1.5 ppm y⁻¹

2000 - 2010: **1.9 ppm y⁻¹**



Data Source: *Dr. Pieter Tans, NOAA/ESRL*
www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends

CO₂ Emissions from FF and LUC (1960-2010)



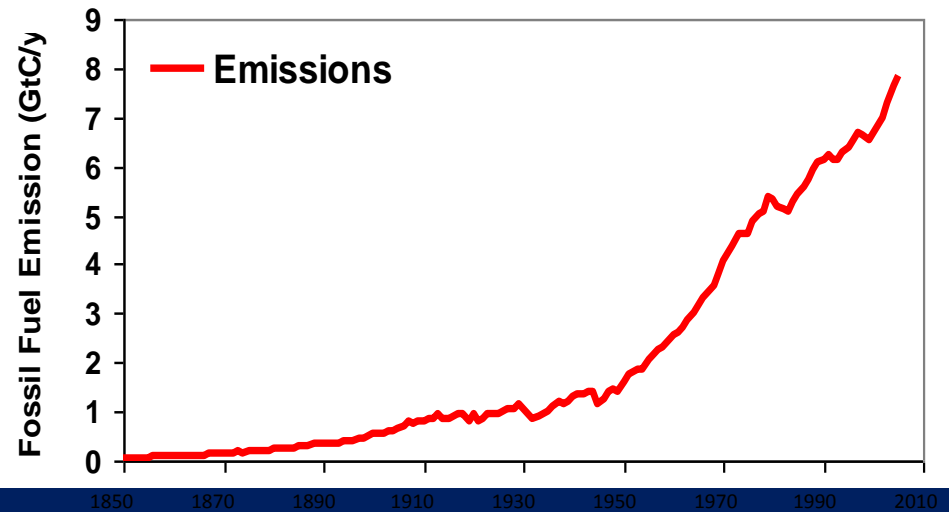
Current LUC emissions
~10% of total CO₂ emissions



Emisiones de combustible fósil + Cemento



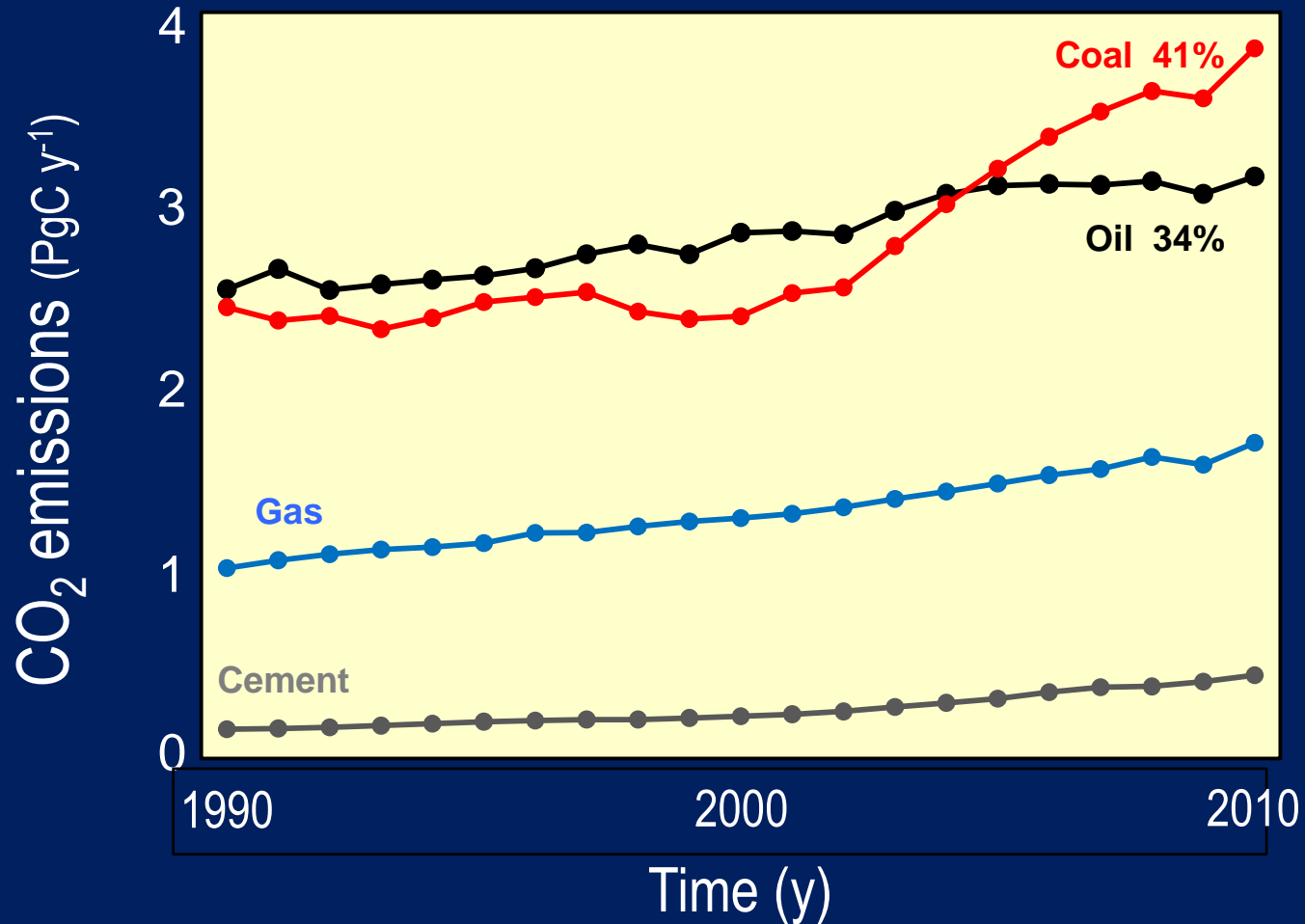
2007 Combustible fósil: **8.5 Pg C**



1990 - 1999: **0.9% y⁻¹**

2000 - 2007: **3.5% y⁻¹**

Emisiones de CO₂ por tipo de Combustible Fósil



Emisiones de Carbono por cambio de uso del suelo

Borneo, Courtesy: Viktor Boehm



Deforestación Tropical

13 Millones hectareas c/año

2000-2007



America Tropical 0.6 Pg C y⁻¹

Asia Tropical 0.6 Pg C y⁻¹

Africa Tropical 0.3 Pg C y⁻¹

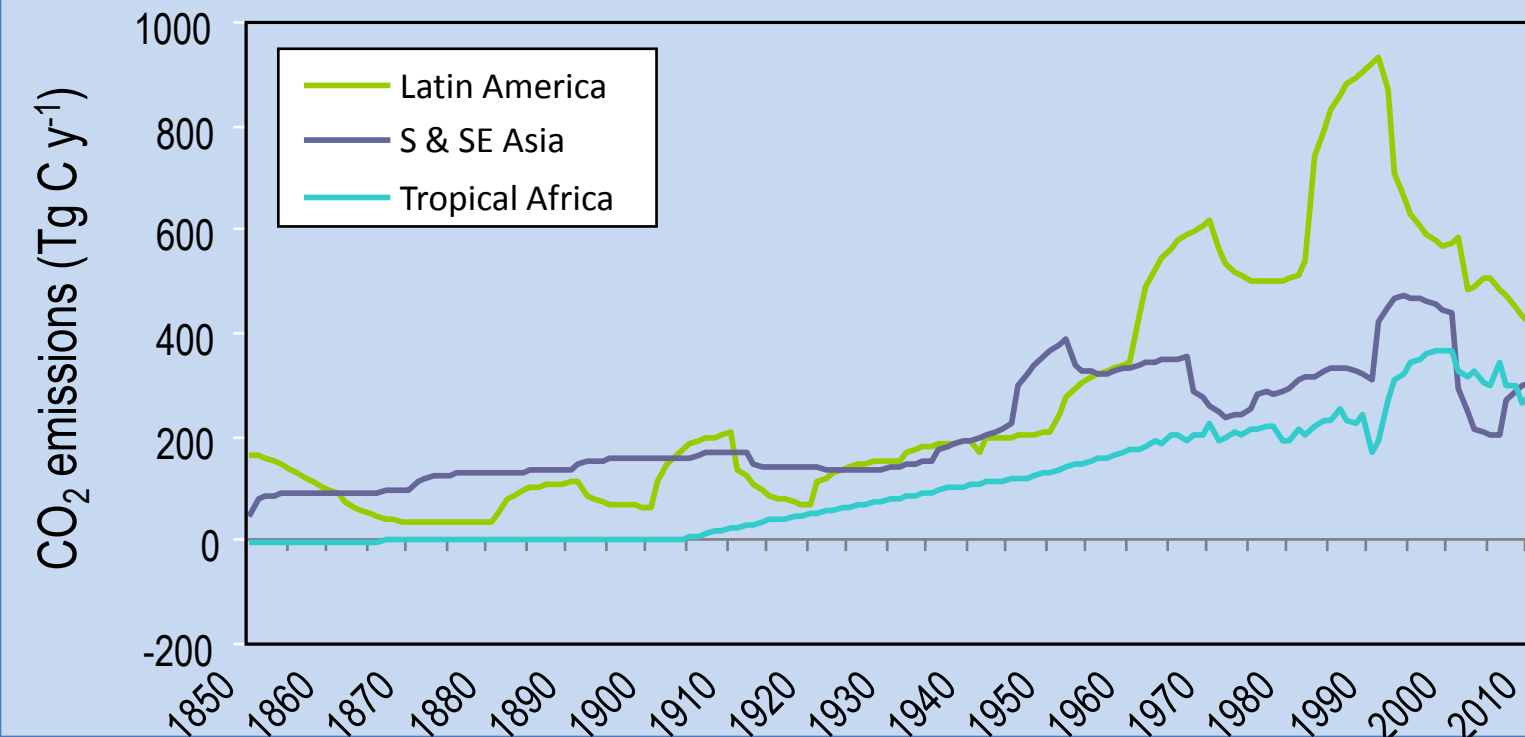
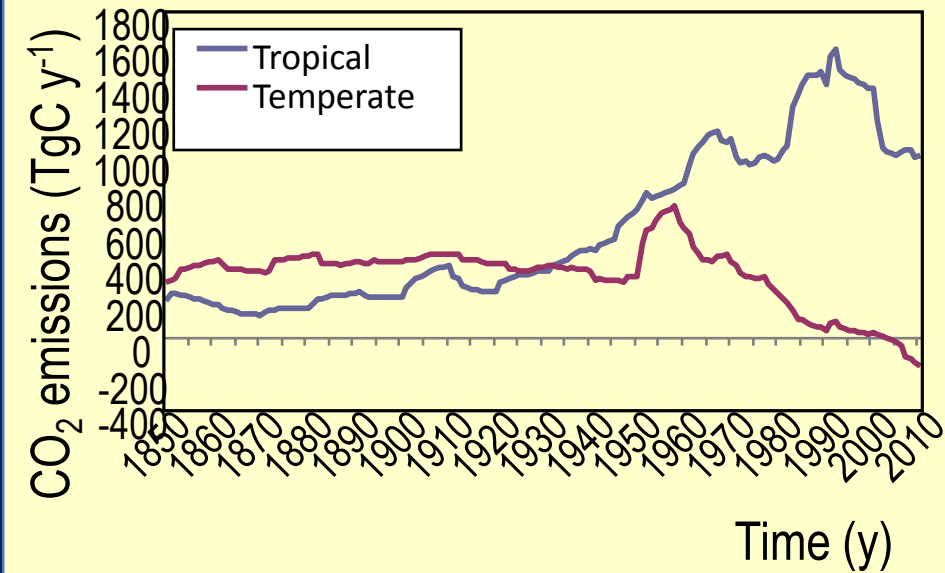
1.5 Pg C y⁻¹

[2007 Emisiones antropogénicas totales: 8.5+1.5 = 10 Pg]

Land Use Change



R.A. Houghton 2010; GFRA 2010



Destino de las Emisiones Antropogénicas de CO₂

(2000-2009)

1.1±0.7 PgC y⁻¹



7.7±0.5 PgC y⁻¹

+



4.1±0.1 PgC y⁻¹

47%



2.4 PgC y⁻¹

27%

Calculated as the residual of all other flux components



26%

2.3±0.4 PgC y⁻¹

Average of 5 models

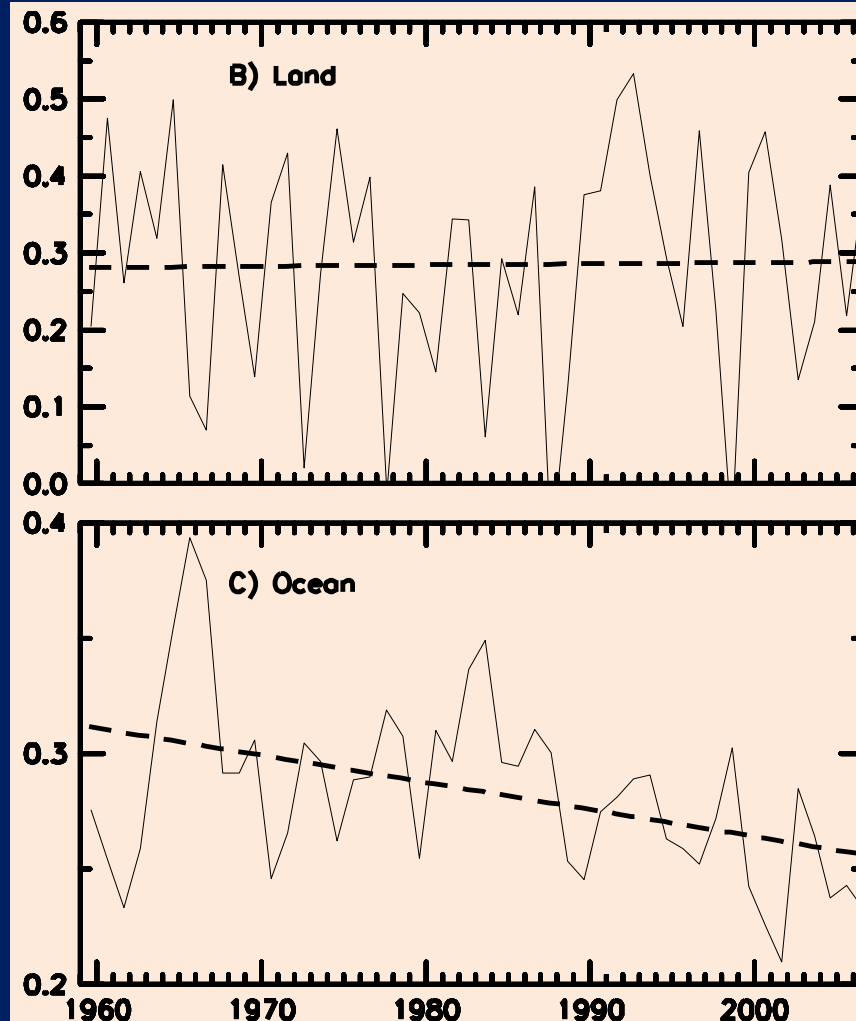


Eficiencia de los sumideros naturales

Fracción Terrestre



Fracción Oceánica

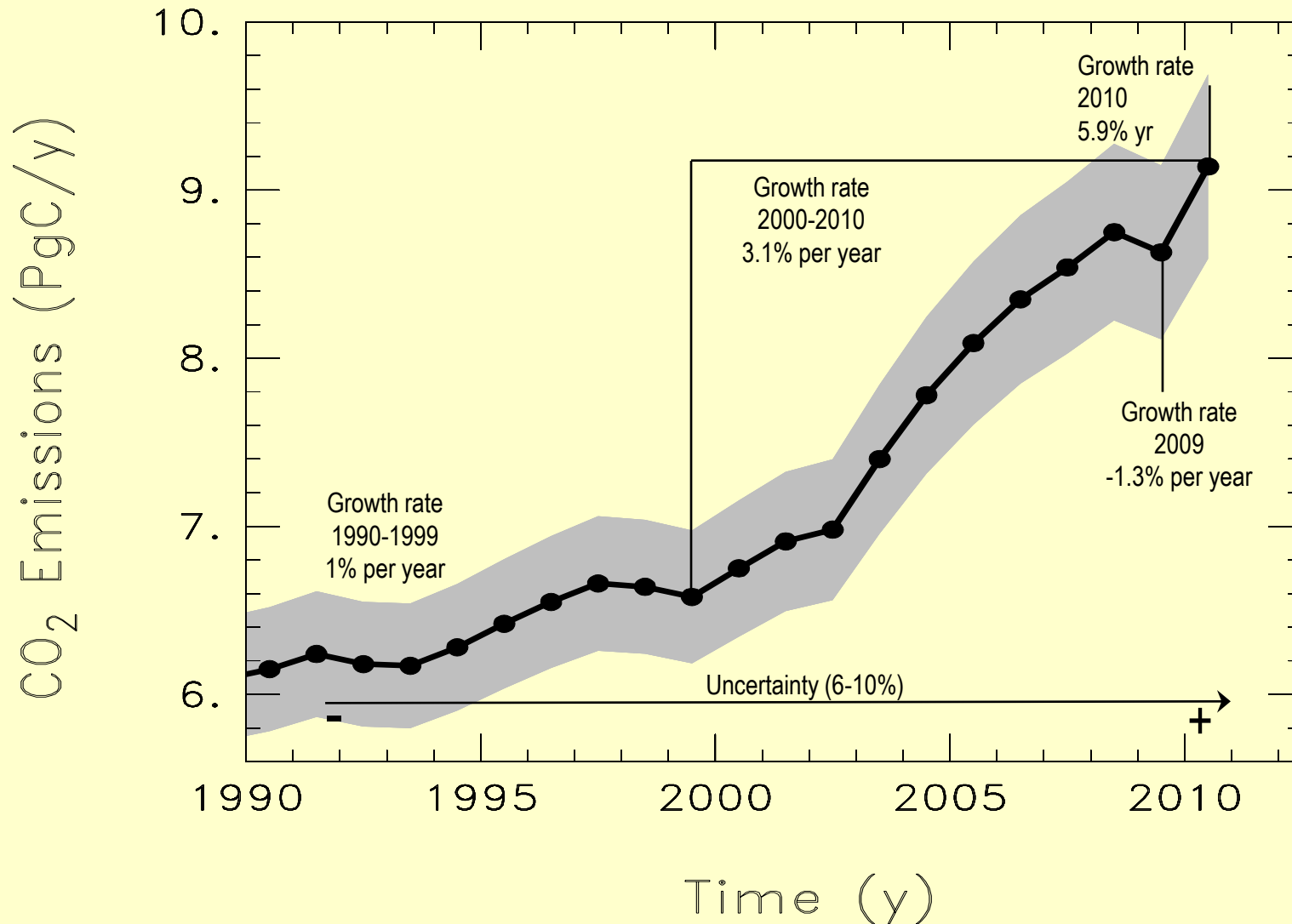


Causas de la disminución en la eficiencia de captura del océano

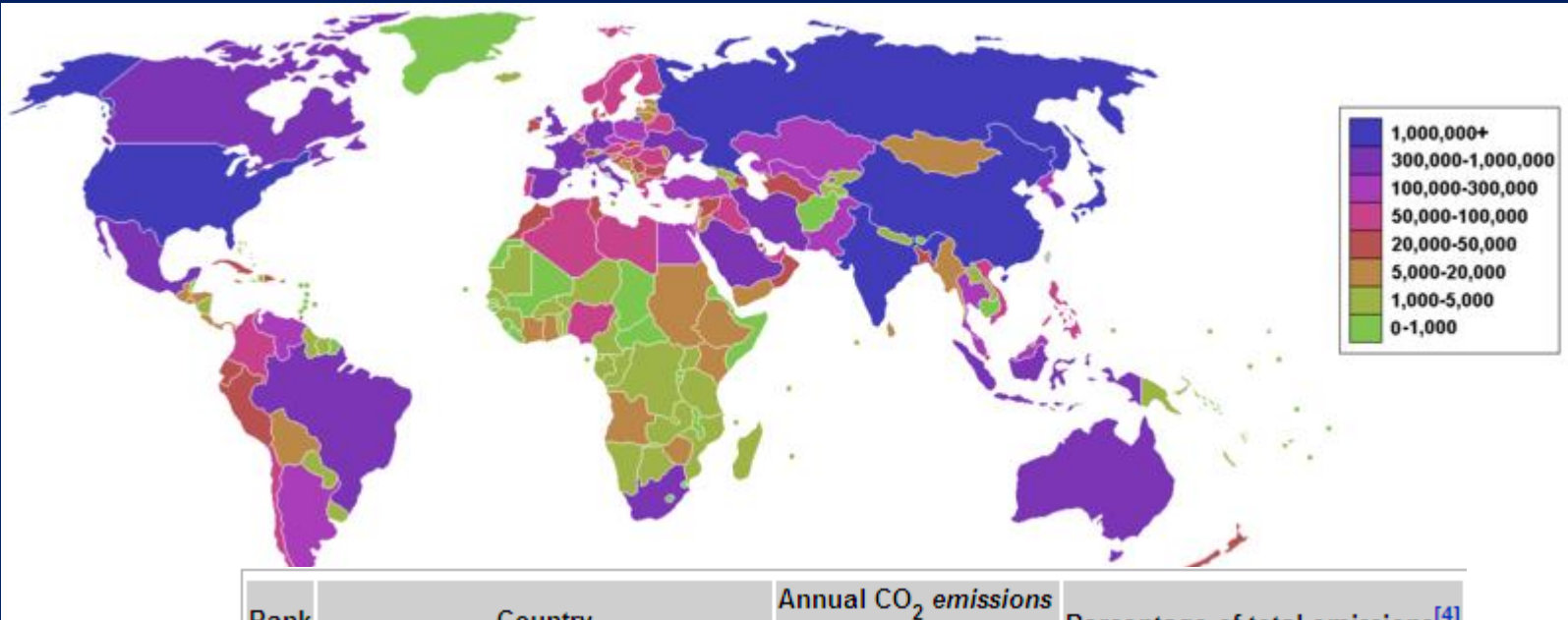


- Parte atribuída a un descenso hasta de 30% en eficiencia de captura de océanos del sur durante últimos 20 años.
- Debida p.e. al reforzamiento de los vientos alrededor de la Antártida, lo cual mejora la ventilación de aguas profundas ricas en carbono.
- Reforzamiento de vientos por calentamiento global y disminución de capa de ozono.

Fossil Fuel CO₂ Emissions: Top Emitters



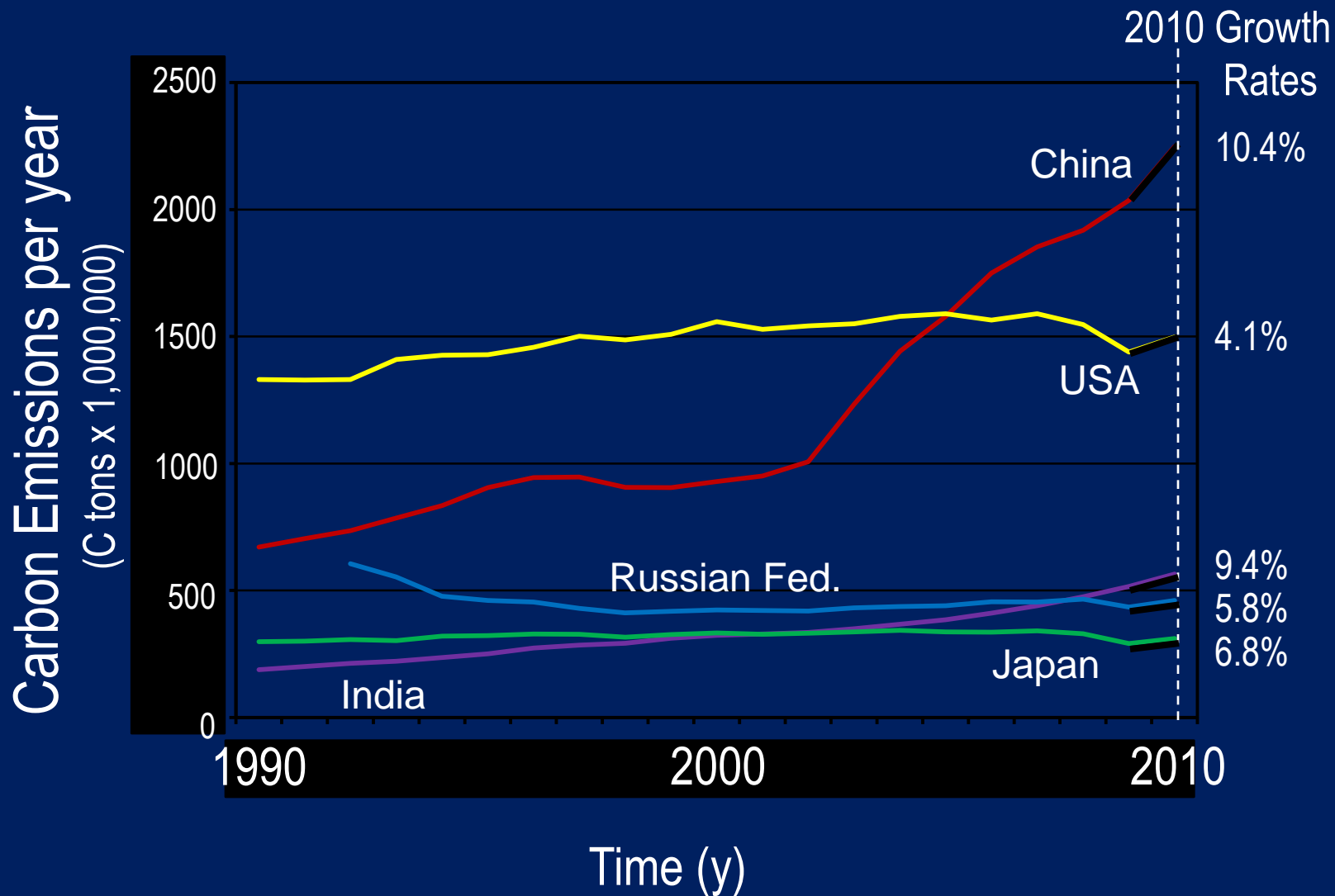
Países por sus emisiones de CO2



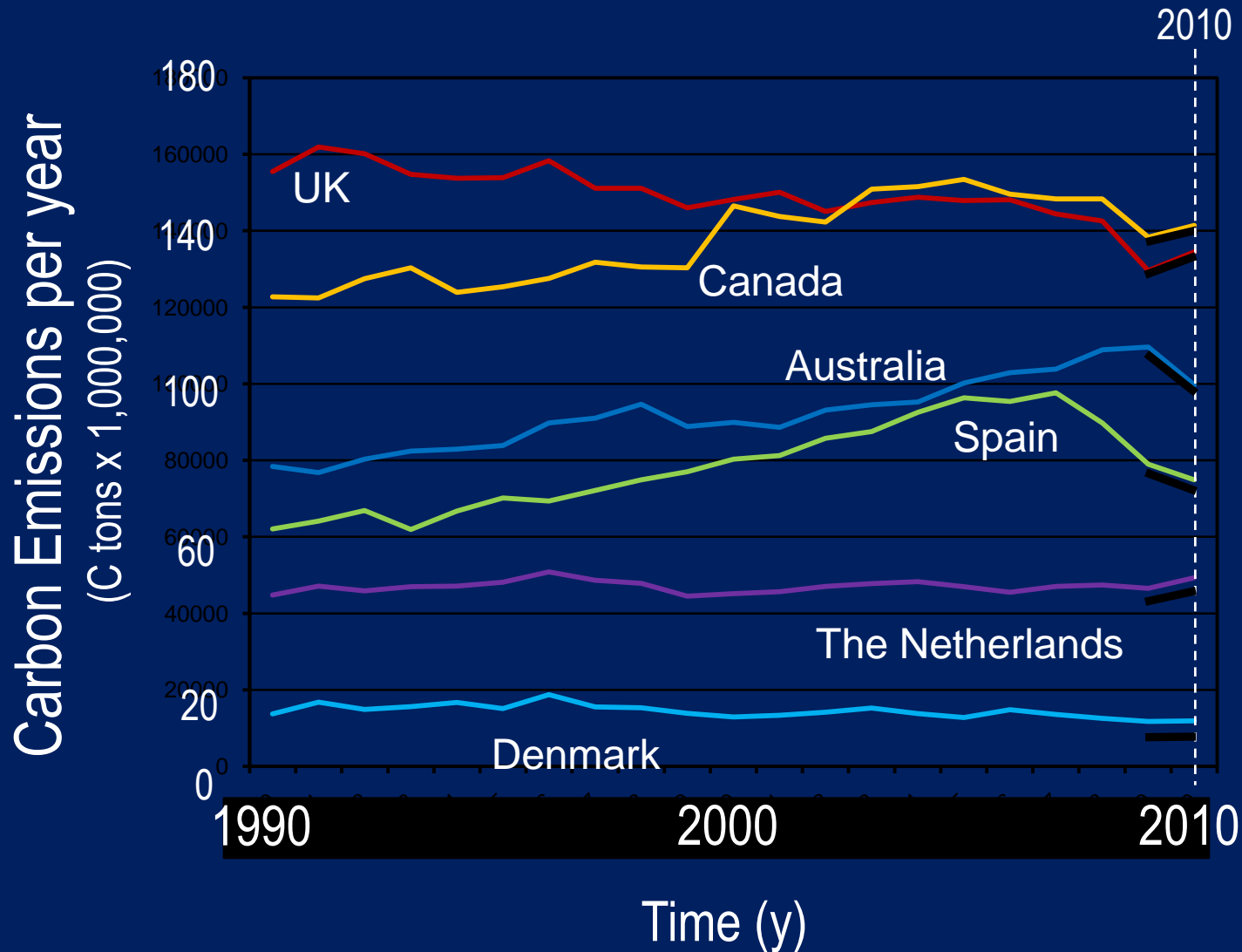
Rank	Country	Annual CO ₂ emissions in thousands of metric tons	Percentage of total emissions ^[4]
-	World	27,245,758	100.0 %
1	United States ^[5]	6,049,435	22.2 %
2	China	5,010,170	18.4 %
-	European Union	3,115,125	11.4 %
3	Russia	1,524,993	5.6 %
4	India	1,342,962	4.9 %
5	Japan	1,257,963	4.6 %
6	Germany	808,767	3.0 %
7	Canada	639,403	2.3 %
8	United Kingdom	587,261	2.2 %
9	South Korea	465,643	1.7 %
10	Italy ^[6]	449,948	1.7 %
11	Mexico	438,022	1.6 %



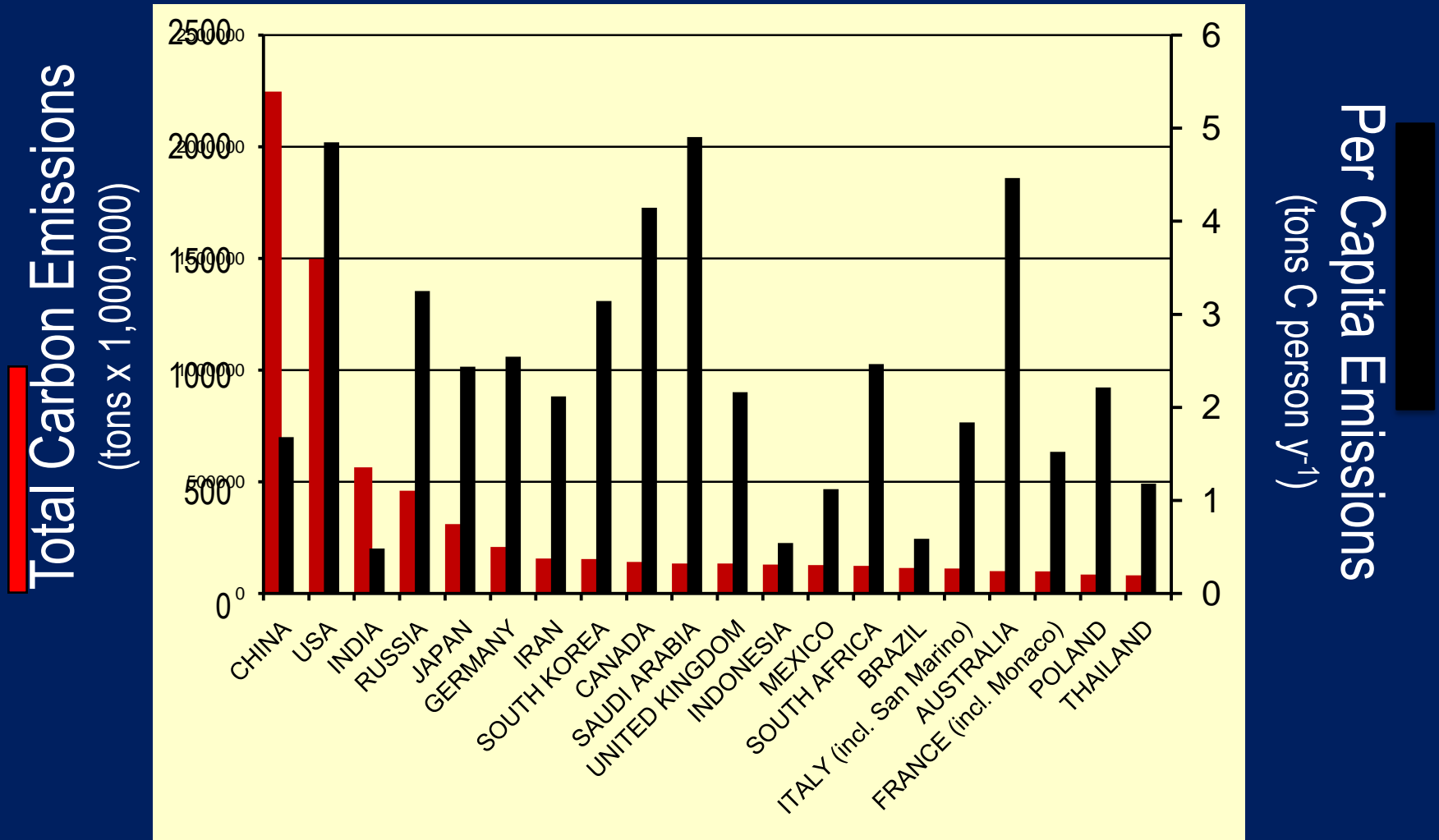
Fossil Fuel CO₂ Emissions: Top Emitters



Fossil Fuel CO₂ Emissions: Profile Examples



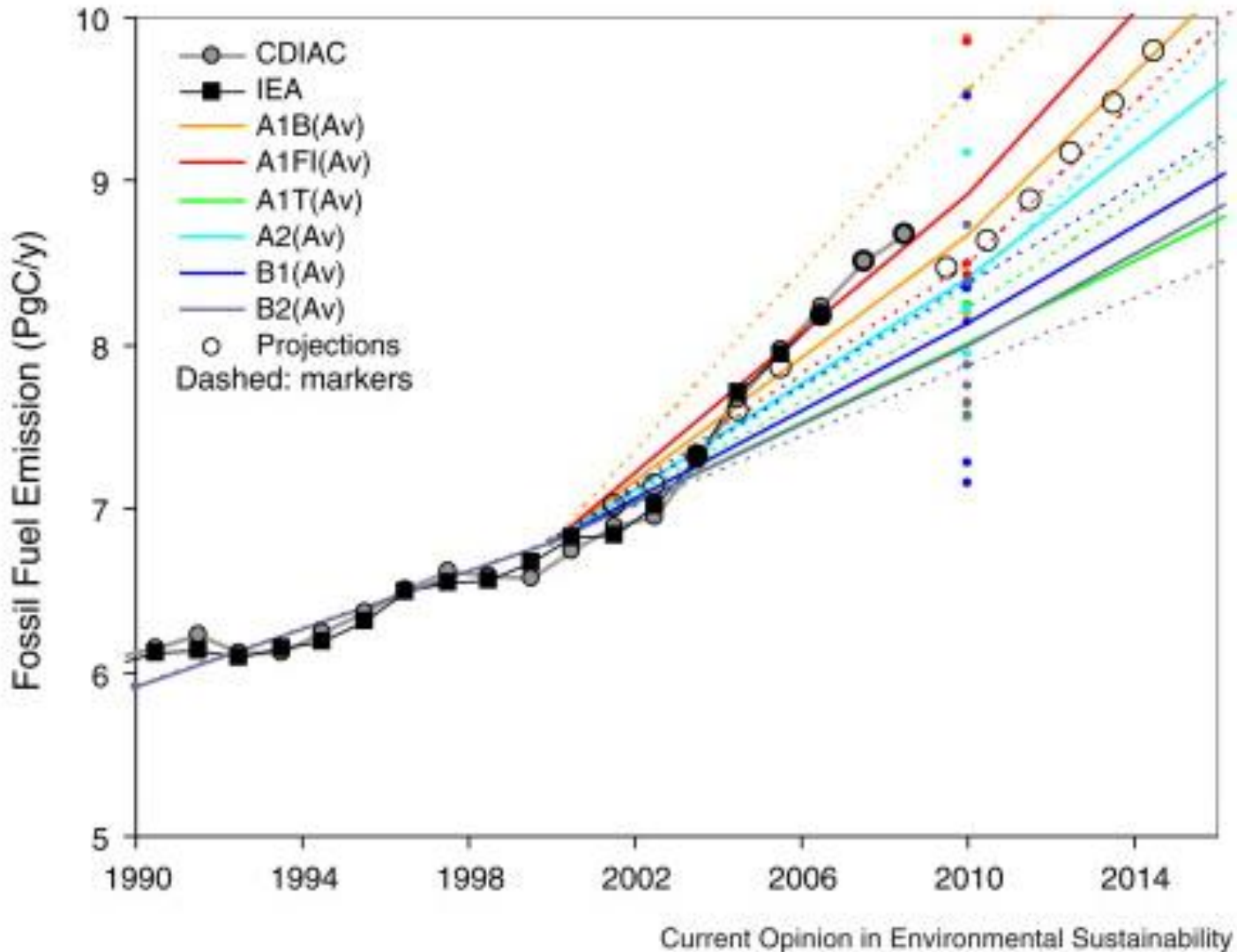
Top 20 CO₂ FF Emitters & Per Capita Emissions 2010



Fossil Fuel CO₂ Emissions Growth in 2010

Country	Emissions 2010 (PgC)	Growth 2010, PgC (%)	Average Growth 2009 and 2010 (PgC/yr, %/yr)
Global*	9.14	0.51 (5.9)	0.2 (2.2)
Developing countries (non-Annex B)			
non-Annex B	3.57	0.355 (7.6)	0.264 (5.6)
China	2.24	0.212 (10.4)	0.165 (8.0)
India	0.56	0.049 (9.4)	0.045 (8.6)
South Korea	0.15	0.013 (9.2)	0.007 (5.1)
Brazil	0.11	0.012 (11.6)	0.004 (3.3)
Indonesia	0.13	0.009 (7.9)	0.010 (8.0)
Saudi Arabia	0.13	0.009 (7.3)	0.008 (6.5)
Developed countries (Annex B)			
Annex B	5.02	0.118 (3.4)	-0.082 (-2.3)
United States of America	1.44	0.060 (4.1)	-0.026 (-1.8)
Russian Federation	0.46	0.025 (5.8)	-0.003 (-0.6)
European Union (EU27)	1.01	0.022 (2.2)	-0.029 (-2.9)
Japan	0.31	0.020 (6.8)	-0.009 (-3.1)
Germany	0.21	0.008 (4.0)	-0.003 (-1.6)

Trayectoria de emisiones globales de combustibles fósiles



SRES (2000)
growth rates in
 $\% \text{ y}^{-1}$ for 2000-
2010:

A1B: 2.42
A1FI: 2.71
A1T: 1.63
A2: 2.13
B1: 1.79
B2: 1.61

Observed
2000-2006
3.3%

Conclusiones

De 2000 a 2008 las emisiones por quema de combustibles fósiles aumentaron 29% mientras que las emisiones por cambio en el uso del suelo se mantuvieron más o menos constantes

En los últimos 50 años la fracción de emisiones de CO₂ que permanece en la atmósfera cada año se ha incrementado de 40 a 45% .

Los modelos sugieren que esta tendencia fue causada por una disminución en la captura de CO₂ por los sumideros de carbono en respuesta al cambio climático y a la variabilidad.

Cambios en los sumideros de CO₂ son altamente inciertos pero pueden tener una influencia significativa en los niveles de CO₂ atmosférico en el futuro. Gran parte de la investigación se dirige a reducir dicha incertidumbre.

El control del cambio climático requiere de la estabilización de las concentraciones atmosféricas, a través de una drástica reducción de las emisiones globales.

ALGUNAS REFERENCIAS

World data centre for Greenhouse gases

<http://ds.data.jma.go.jp/gmd/wdcgg/>

Carbon Dioxide Information Analysis Centre

http://cdiac.ornl.gov/pns/current_ghg.html

Rapid growth in CO2 emissions after the 2008–2009 global financial crisis

Peters, et.al. Nature Climate Change 2, 2–4 (2012) doi:10.1038/nclimate1332

Published online 04 December 2011 <http://dx.doi.org/10.1038/nclimate1332>

Trends in the sources and sinks of carbon dioxide

Corinne Le Quéré, Michael R. Raupach, Josep G. Canadell, Gregg Marland et al. Nature Geoscience 2, 831 – 836 (2009)

Published online: 17 November 2009 | doi:10.1038/ngeo689

Recent Greenhouse Gas Concentrations

T.J. Blasing DOI: 10.3334/CDIAC/atg.032 Updated February 2012

Muchas gracias!



www.atmosfera.unam.mx