

# **SEMINARIO**

**ACTUALIZACION DE LA ENSEÑANZA DE  
LA GEOGRAFIA**

**30° REUNION DEL SIMPOSIO PARA LA  
ENSEÑANZA DE LA GEOGRAFIA**

**CONTAMINACIÓN DE LA  
ATMOSFERA**

**Dr. Daniel Lipp**

# CONTAMINACIÓN DE LA ATMÓSFERA

**DOS IMPACTOS EN  
DISCUSIÓN:**

- **DEGRADACIÓN Y**
- **CONTAMINACIÓN**

# IMPACTOS



# CONTAMINACIÓN DE LA ATMÓSFERA

## ¿Qué se entiende por contaminación atmosférica?

De todas las definiciones encontradas en la bibliografía de este tema se cita la siguiente: *"hay contaminación del aire cuando la presencia de una sustancia extraña o una variación importante en la proporción de sus constituyentes, es susceptible de provocar un efecto perjudicial o de crear una molestia, teniendo en cuenta los conocimientos científicos del momento"* (Grau, 1981: 26).

# CONTAMINACIÓN DE LA ATMÓSFERA

CUADRO 1

COMPOSICIÓN DEL AIRE LIMPIO Y SECO. PESO TOTAL DE LOS PRINCIPALES CONSTITUYENTES ATMOSFÉRICOS.

	Concentración (porcentaje en volumen)	Peso total (millones de toneladas)
<b>COMPONENTES PRINCIPALES</b>		
Nitrógeno (N <sub>2</sub> )	78,09	4.220.000.000
Oxígeno (O <sub>2</sub> )	20,95	1.290.000.000
Argón (Ar)	0,93	72.000.000
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	0,032	2.700.000
<b>COMPONENTES MENORES</b>		
Neón (Ne)	0,0018	70.000
Helio (He)	0,00052	4.000
Metano (CH <sub>4</sub> )	0,00015	4.600
Criptón (Kr)	0,0001	16.200
Hidrógeno (H <sub>2</sub> )	0,00005	190
Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O)	0,00002	1.700
Monóxido de carbono (CO)	0,00001	540
Xenón (Xe)	0,000008	2.000
Ozono (O <sub>3</sub> )	0,000002	190
Amoníaco (NH <sub>3</sub> )	0,0000006	21
Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	0,0000001	9
Óxido nítrico (NO)	0,00000006	3
Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )	0,00000002	2
Sulfuro de hidrógeno (H <sub>2</sub> S)	0,00000002	1

**Observaciones:** los porcentajes en volumen de los gases presentes en cantidades traza (menos del 0,0001 no se conocen con exactitud. Los porcentajes dados en la tabla son estimas corrientes.

**Fuente:** datos recogidos de Stephen Stoker H. y Spencer L. Seager: Química Ambiental. Contaminación del Aire y del Agua, 1981.

El vapor de agua, aunque no se enlista en el cuadro ya que su proporción en la composición de la mezcla de gases varía temporal y espacialmente, es el quinto componente principal del aire limpio. Su valor típico se halla entre el 1 % y el 5 % (Stoker y Seager, 1981).

# CONTAMINACIÓN DE LA ATMÓSFERA

EL EFECTO INVERNADERO, LAS LLUVIAS ÁCIDAS, EL SMOG FOTOQUÍMICO Y OTROS FENÓMENOS PROVOCADOS POR EL HOMBRE SON YA CONOCIDOS POR LA NATURALEZA Y COMO TALES PUEDE RECICLARLOS. EL PROBLEMA ES EL TIEMPO QUE SE TARDA.

# CONTAMINACIÓN DE LA ATMÓSFERA

En el caso particular de la Ciudad de Buenos Aires, la Ley N° 1356 en su artículo 3 define a la contaminación atmosférica del modo siguiente: *"Se entiende por contaminación atmosférica la introducción directa o indirecta mediante la actividad humana de sustancias o energías en la atmósfera, que puedan tener efectos perjudiciales para la salud humana o calidad del ambiente, o que puedan causar daños a los bienes materiales o deteriorar o perjudicar el disfrute u otras utilizaciones legítimas del ambiente"* (Título II: Disp. Gen. Cap. I - Conceptos).

# CONTAMINACIÓN DE LA ATMÓSFERA

## Fuentes contaminantes

Podemos hablar de diversos tipos de fuentes contaminantes, en función de las características espaciales y geométricas:

- Fuentes de área: entre éstas se consideran aquellas emisiones que están homogéneamente distribuidas. Son fuentes de área la vegetación; habitualmente también se consideran fuentes de área las calefacciones domésticas, aunque estrictamente hablando son puntuales.
- Fuentes lineales: son las que se asocian a elementos lineales, como el tráfico rodado y el ferrocarril, que quedan circunscritos a las carreteras y líneas férreas.
- Fuentes puntuales: son aquellas que se localizan en un punto geográfico como por ejemplo las chimeneas de las fábricas, las plantas incineradoras, etc. Los datos que suelen darse, cuando éstos están disponibles, son básicamente la velocidad de emisión de cada tipo de contaminante en peso por unidad de tiempo, así como las condiciones de operación de la fuente emisora.

# CONTAMINACIÓN DE LA ATMÓSFERA

Clasificadas por sectores de actividades:

**A) Tráfico:** Se trata de una fuente lineal en la que se asume que los vehículos circulan de manera homogénea, emitiendo gases también de forma homogénea en distancias cortas. Además se le califica como una fente móvil para distinguirla de las fijas como son las industrias o las calefacciones domésticas. Los principales contaminantes que emiten los vehículos son dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), monóxido de carbono (CO), más de 200 tipos de hidrocarburos (HC) y compuestos orgánicos volátiles (COVs), óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) y partículas en suspensión. También hay que mencionar los óxidos de azufre, especialmente de  $\text{SO}_2$ , o el plomo en menor proporción.

Las partes del vehículo donde se producen las emisiones de cada contaminante son diversas. Mientras que el 100% del CO o los  $\text{NO}_x$  que se generan en la combustión, se emiten por el tubo de escape, en el caso de los hidrocarburos existe un 18% que es debido a evaporaciones, mientras que sólo el 62% es emitido por el tubo de escape y un 20% son emisiones del cárter (Wark y Warner, 1990).

# CONTAMINACIÓN DE LA ATMÓSFERA

## ◆ *B) Calefacciones domésticas*

Las calderas domésticas de las ciudades, bien sean individuales o colectivas, utilizan combustibles como el gasóleo, el gas natural, el carbón, el propano o el butano para obtener agua caliente con el fin de emplearla para las calefacciones y para el uso doméstico. Hasta la década de los 70 la mayoría de ellas utilizaban carbón hulla, pero los problemas que las emisiones de azufre y partículas ocasionan en la salud de las personas hizo plantearse a las autoridades de los países europeos, especialmente las locales, el cambio en el tipo de combustible, sobre todo después de ver los efectos de los episodios de contaminación en ciudades como Londres

# CONTAMINACIÓN DE LA ATMÓSFERA

## ***C) Industrias***

Los procesos industriales que utilizan la combustión para la producción son fuentes de emisión estacionarias y habitualmente puntuales, circunstancia que facilita la instalación de filtros y sistemas de depuración de los gases expulsados por las chimeneas. Se evita así que sean emitidos a la atmósfera en una cierta proporción. La situación geográfica de estas fuentes, cercana a las ciudades, puede hacer que los gases sean transportados y lleguen a zonas urbanas, por lo que el estudio de la dispersión de los mismos es fundamental. No en vano los modelos de dispersión se empezaron a desarrollar para tratar de prevenir las consecuencias del transporte de las emisiones a partir de las chimeneas de las fábricas. Hasta hace pocos años la única medida para evitar esta afección era la de elevar la altura de las chimeneas para superar la posible zona de inversión térmica y realizar las emisiones en capas más altas (Nevers, 1997).

# CONTAMINACIÓN DE LA ATMÓSFERA

## Contaminantes principales

Hay cientos de contaminantes en el aire tanto en áreas rurales como urbanas.

Algunos de los contaminantes sobre los que se está poniendo especial atención en la actualidad son: el dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), los óxidos de nitrógeno, especialmente el óxido nítrico ( $\text{NO}$ ) y el dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), el monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), el ozono ( $\text{O}_3$ ), los hidrocarburos (HCs) y las partículas totales en suspensión (PST). Esta lista de contaminantes es la que se utiliza, generalmente, como referencia para la evaluación de la calidad del aire, y son medidos en la mayor parte de las redes de monitoreo atmosférico. En la Unión Europea existen legislaciones que controlan sus niveles de inmisión.

# CONTAMINACIÓN DE LA ATMÓSFERA

## Contaminantes peligrosos del aire (CPA)

Los contaminantes peligrosos son compuestos cancerígenos y no cancerígenos que pueden causar efectos serios e irreversibles en la salud.

- ◆ asbesto
- ◆ cloruro de vinilo
- ◆ benceno
- ◆ arsénico
- ◆ berilio
- ◆ mercurio
- ◆ radón
- ◆ radionucleidos diferentes del radón.

# CONTAMINACIÓN DE LA ATMÓSFERA

## Lluvias ácidas

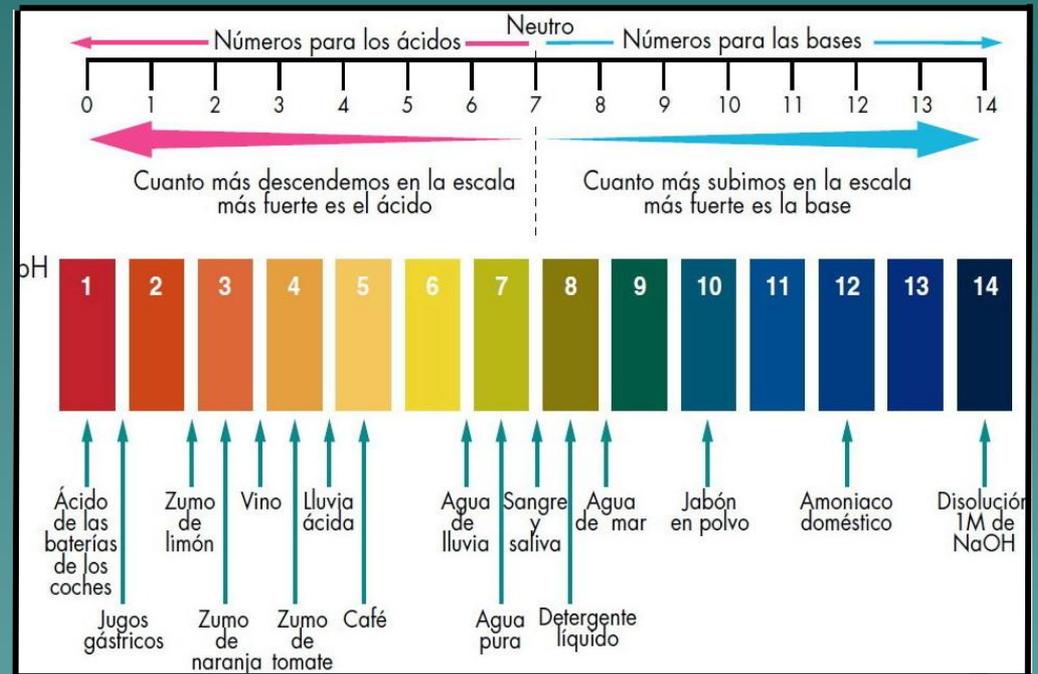
Una solución ácida alude a su concentración de iones hidrógeno, a su pH. Dividimos las soluciones en básicas, neutras y ácidas. El valor de referencia es el pH del agua, solución neutra prototípica, cifrada en 7. Por encima de este valor hablaremos de una solución básica, y por debajo del mismo, de una solución ácida. De acuerdo con ello, una solución con pH 2 será más ácida que otra con un pH 5.

Toda lluvia es algo ácida por el contenido de ácido carbónico. Este es un ácido muy débil; es decir, sus átomos de hidrógeno, por más que sean dos, presentan muy poca tendencia a desprenderse como iones positivos.

La precipitación "no contaminada" tiene un pH superior a 5,6 (ó 5,65).

# CONTAMINACIÓN DE LA ATMÓSFERA

## Lluvias ácidas



# CONTAMINACIÓN DE LA ATMÓSFERA

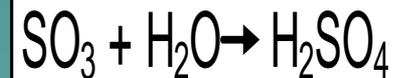
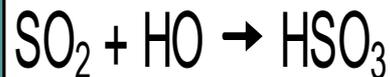
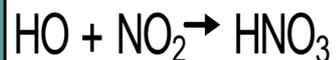
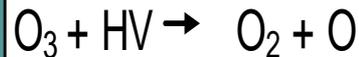
## ¿Qué provocan lluvias ácidas?

Principalmente el dióxido de azufre procedentes de las centrales eléctricas de carbón y petróleo, y los óxidos de nitrógeno de los motores de los vehículos y las centrales eléctricas.

# CONTAMINACIÓN DE LA ATMÓSFERA

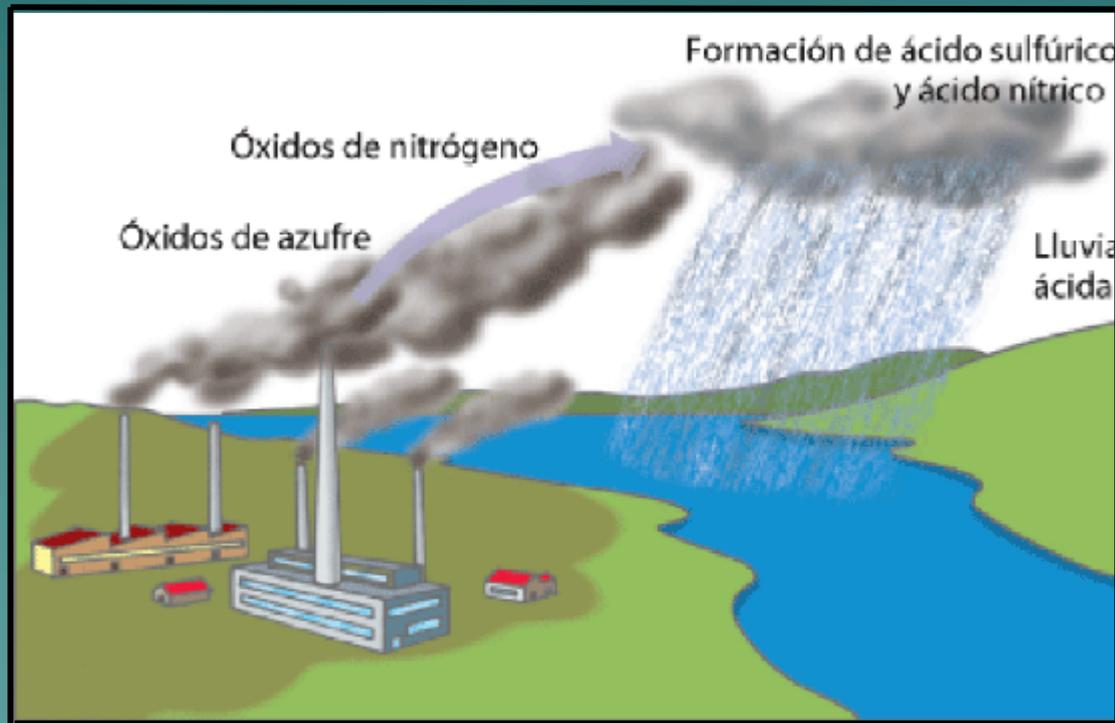
## Lluvias ácidas

El ciclo de reacciones se desarrolla en la troposfera: los 10 o 12 kilómetros inferiores de la atmósfera. Empieza cuando un fotón de luz solar choca con una molécula de ozono ( $O_3$ ), que puede haber descendido de la capa de ozono estratosférica o haberse formado en la propia troposfera por acción de contaminantes que contienen carbono y nitrógeno. El resultado es una molécula de oxígeno ( $O_2$ ) y un solitario átomo, muy reactivo, de este mismo elemento, que se combina con una molécula de agua ( $H_2O$ ) para formar dos radicales hidroxilo ( $HO$ ). Esta especie química, infrecuente y activa, transforma el dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ) en ácido nítrico ( $HNO_3$ ). También inicia las reacciones que transforman el dióxido de azufre en ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ).



# CONTAMINACIÓN DE LA ATMÓSFERA

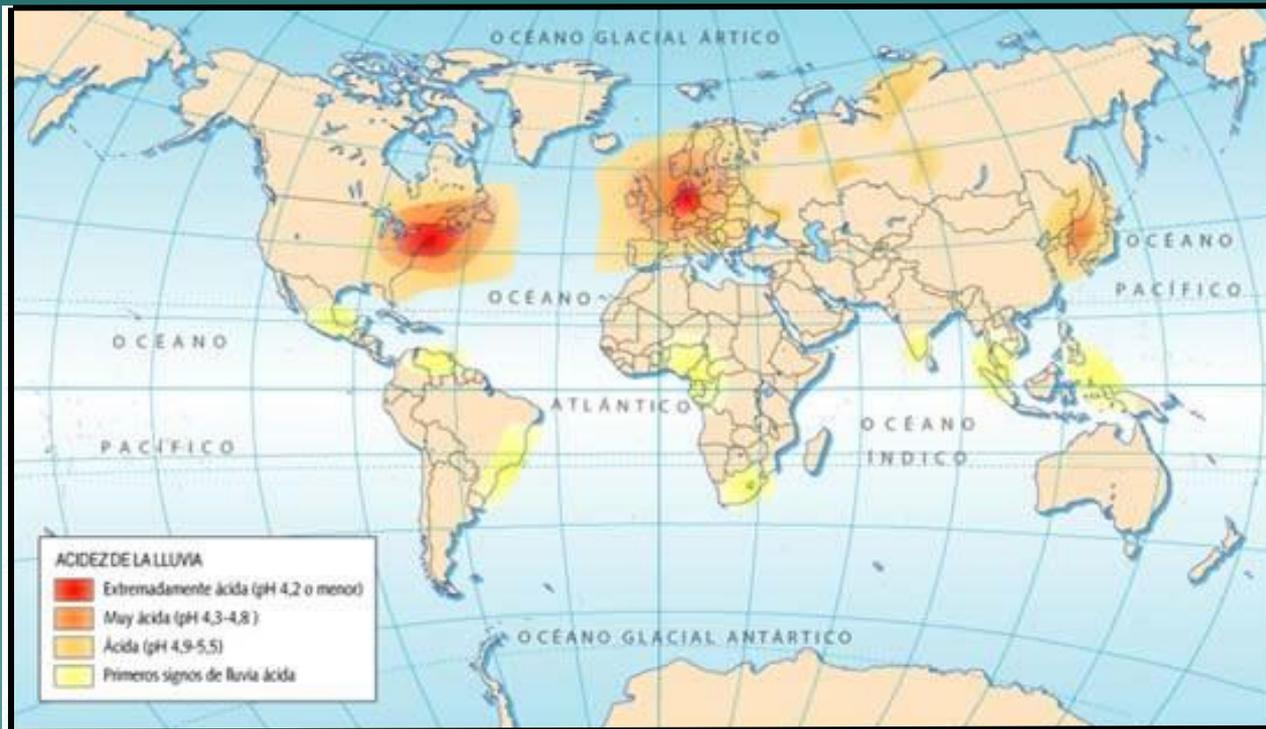
## Lluvias ácidas



LLUVIAS ÁCIDAS

# CONTAMINACIÓN DE LA ATMÓSFERA

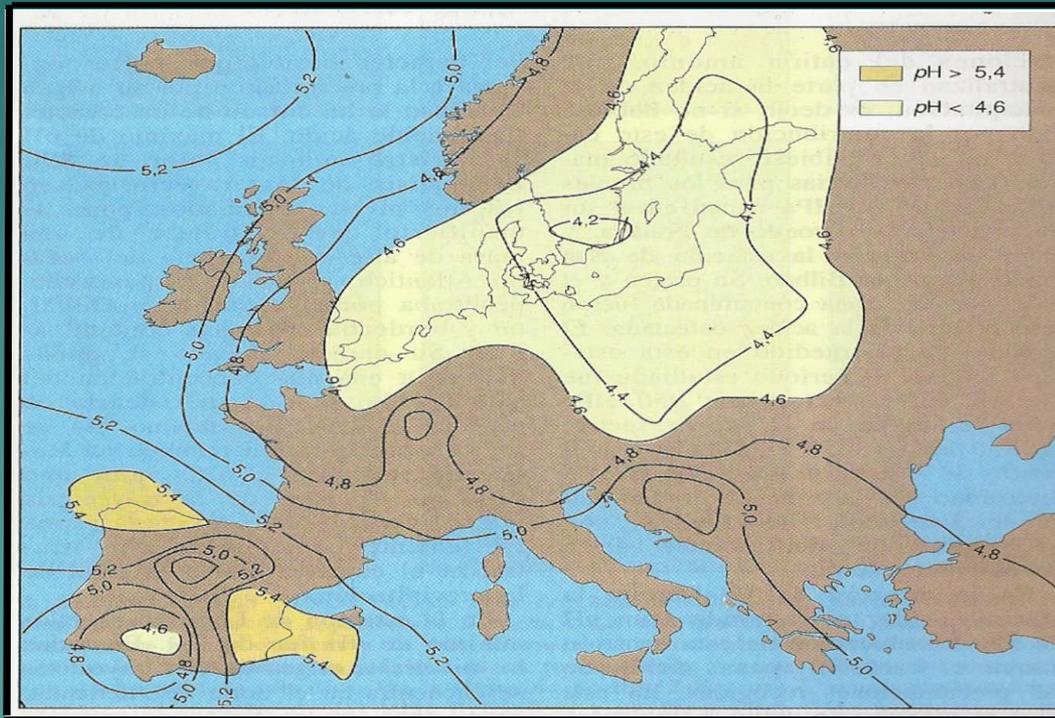
## Lluvias ácidas



Centro de Europa y Países Escandinavos: En el centro de Europa y en la Península Escandinava, la lluvia ácida es un gran problema. Grandes zonas de la selva negra están afectadas. En Escandinavia, la contaminación la reciben del Reino Unido. Este Asiático: China es, seguramente, el país en el que el problema de la lluvia ácida es más grave, junto a Japón e India. Esto es a causa del uso masivo de carbón en este país. Estados Unidos: en los Estados Unidos la lluvia ácida es un 85% (aproximadamente) suya, el 15% restante proviene de fuentes Canadienses. Los principales contaminantes son los óxidos de azufre. Por eso, desde 1994, hay una regulación para evitar esto.

# CONTAMINACIÓN DE LA ATMÓSFERA

## Lluvias ácidas



Mapa de isolinias de pH sobre Europa. Se muestra una zona altamente contaminada en Centroeuropa, con valores de pH por debajo de 4,4. En la Península Ibérica sobresalen dos núcleos de máxima acidez: uno de carácter puntual en la zona centro y el otro, más extenso, en el sureste. Las zonas de menor acidez de las precipitaciones corresponden al noroeste y a la región levantina.

# CONTAMINACIÓN DE LA ATMÓSFERA

## Lluvias ácidas

Dos factores, al menos, hacen que el fenómeno no haya alcanzado en Argentina las expresiones alarmantes experimentadas en América del Norte y en Europa, particularmente en la República Federal Alemana, el Benelux y los países escandinavos:

1. La mayoría de nuestros suelos tienen naturaleza calcárea y neutralizan la acidez, como sucede en la pampa húmeda. Esta situación contrasta con el caso de los países escandinavos cuyo escudo basáltico es incapaz de neutralizar la acidez y ésta se acumula hasta alcanzar niveles incompatibles con la vida.
2. Los petróleos argentinos poseen bajo contenido de azufre, lo cual reduce la posibilidad de formación de dióxido de azufre por combustión.

# CONTAMINACIÓN DE LA ATMÓSFERA

## CAMBIO CLIMÁTICO

Los gases atmosféricos permiten que la energía solar que llega en forma de radiación de onda corta, caliente la superficie de la Tierra, sin embargo, un grupo de gases llamados GEI (gases de efecto invernadero) a diferencia de los otros, absorben parte de la energía que es re-emitida por la superficie terrestre, en forma de radiación infrarroja de onda larga, impidiendo su salida al espacio exterior. Como consecuencia, la superficie de la Tierra y la baja atmósfera sufren un aumento de la temperatura.

Este efecto invernadero, de índole independiente de la acción humana, se ha visto incrementado por la actividad antrópica, básicamente debido a la utilización masiva de los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural), a partir de la revolución industrial. Las consecuencias derivadas del aumento de las concentraciones de gases termoactivos, de acuerdo con el consenso científico, sería el calentamiento de la atmósfera mundial. Este calentamiento traería aparejado un cambio en el patrón climático planetario.

# CONTAMINACIÓN DE LA ATMÓSFERA CAMBIO CLIMÁTICO

De los gases termoactivos, los naturales (dióxido de carbono -CO<sub>2</sub>-, metano -CH<sub>4</sub>- y óxido nitroso -N<sub>2</sub>O-) contribuyen con el 89 % del total de las emisiones que producen el efecto invernadero, en tanto que los gases artificiales (perfluorocarbonos -PFC-, hidrofluorocarbonos -HFC- y hexafluoruro de azufre -SF<sub>6</sub>-) lo hacen con el restante 11 %.

El CO<sub>2</sub> resultante principalmente de la producción y uso del combustible fósil, es de lejos el más importante de los GEI antropogénicos, con el 64 % de las emisiones totales. El CH<sub>4</sub>, proveniente de la producción, transporte y uso de gas natural y carbón, como también de los rellenos sanitarios, basurales, arrozales, humedales, etc., alcanza al 19 % del total. En tanto que el N<sub>2</sub>O, cuyas fuentes antropogénicas incluyen, principalmente, la combustión de biomasa -madera-, otros procesos de combustión y los suelos fertilizados, alcanza al 6 % del total. Todo ello indica con claridad la importancia esencial del CO<sub>2</sub>, seguido por el CH<sub>4</sub>.

# CONTAMINACIÓN DE LA ATMÓSFERA CAMBIO CLIMÁTICO

Aunque su importancia cuantitativa es menor no puede dejar de mencionarse al ozono troposférico (smog fotoquímico). Este es producido por reacciones fotoquímicas que involucran a los  $\text{NO}_x$ ,  $\text{O}_2$  y compuestos orgánicos volátiles (VOCs, producidos por los hidrocarburos eliminados por los escapes de los automóviles) . Este contaminante presente en el aire de las zonas urbanas con mayor tránsito, a la hora de mayor actividad y en días claros y cálidos, también es un poderosos gas de efecto invernadero.

# CONTAMINACIÓN DE LA ATMÓSFERA

## CAMBIO CLIMÁTICO

Este problema ya viene siendo discutido desde hace lustros por los científicos, mucho antes de la Cumbre de la Tierra de la ONU de 1992 en Río de Janeiro. Pero ahí se transformó en un problema asumido formalmente por los países miembros.

Durante la década del ochenta del siglo XX datos aportados por los científicos sobre un posible cambio climático a escala mundial despertaron una creciente preocupación. Atentos a ello el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) formaron el IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático), un grupo de trabajo constituido por reconocidos expertos y científicos de todo el mundo, con la función de elaborar informes científicos sobre el estado y la evolución del sistema climático y su relación con la emisión antropogénica de gases de efecto invernadero (GEI).

# CONTAMINACIÓN DE LA ATMÓSFERA

## CAMBIO CLIMÁTICO

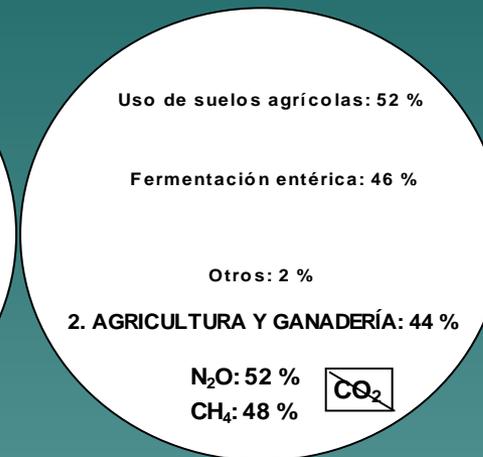
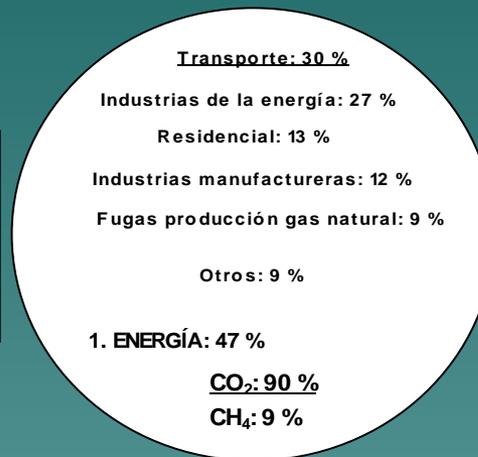
Ya que existen fundadas sospechas que el cambio climático puede generar graves daños a nuestros ecosistemas todos los países en la actualidad, inclusive aquellos a los que se les reconoce una responsabilidad menor sobre el problema, controlan sus emisiones de gases de efecto invernadero. Argentina hace lo suyo pero no del modo en que debería hacerlo.

Por las características de su matriz energética, Argentina forma parte de los países que tiene como principal recurso de reducción de los gases de efecto invernadero al transporte automotor urbano. El parque de estos vehículos, de uso privado, a pesar de los obstáculos coyunturales, se supone que tendrá a largo plazo, una presencia previsiblemente creciente en el país. Esto implica, asimismo, que habrá un efecto incremental sobre la quema de combustibles fósiles, y por tanto, necesariamente también un creciente impacto sobre el proceso de la contaminación atmosférica en Argentina.

# CONTAMINACIÓN DE LA ATMÓSFERA

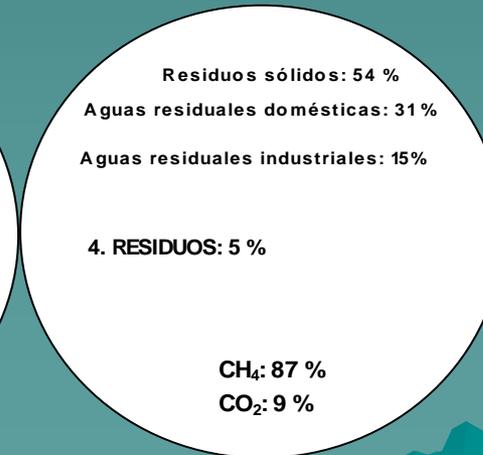
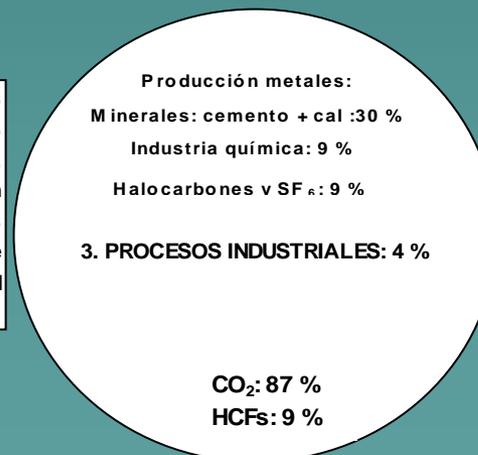
Figura. Contribución de los gases de efecto invernadero año 2000 por sector, sin incluir uso del Suelo, cambio del uso del suelo y silvicultura.

Incluyen fundamentalmente las emisiones de dióxido de carbono provenientes de la combustión de hidrocarburos fósiles en las actividades de generación de energía, el transporte y el agro, y de las emisiones fugitivas de metano asociadas a los procesos de extracción de petróleo y gas.



Las emisiones del sector agrícola se originan, fundamentalmente, a partir de: a) las emisiones de metano desde suelos de arrozales inundados; b) las emisiones de metano, monóxido de carbono, óxido nitroso y óxidos de nitrógeno por quema de residuos en el campo; y c) emisiones directas e indirectas de óxido nitroso originadas en el manejo de suelos agrícolas. Las emisiones del sector ganadero, fundamentalmente en forma de metano y óxido nitroso, se generan a partir de los procesos biológicos de la fermentación entérica del alimento y la descomposición del estiércol y la orina de los animales.

Incluyen todas aquellas emisiones originadas en las transformaciones físicas y químicas de los procesos de producción, entre otros, del hierro y el cemento. En este sector no se incluyen las emisiones en la industria producto de la quema de combustibles que son contempladas en el sector de la energía.



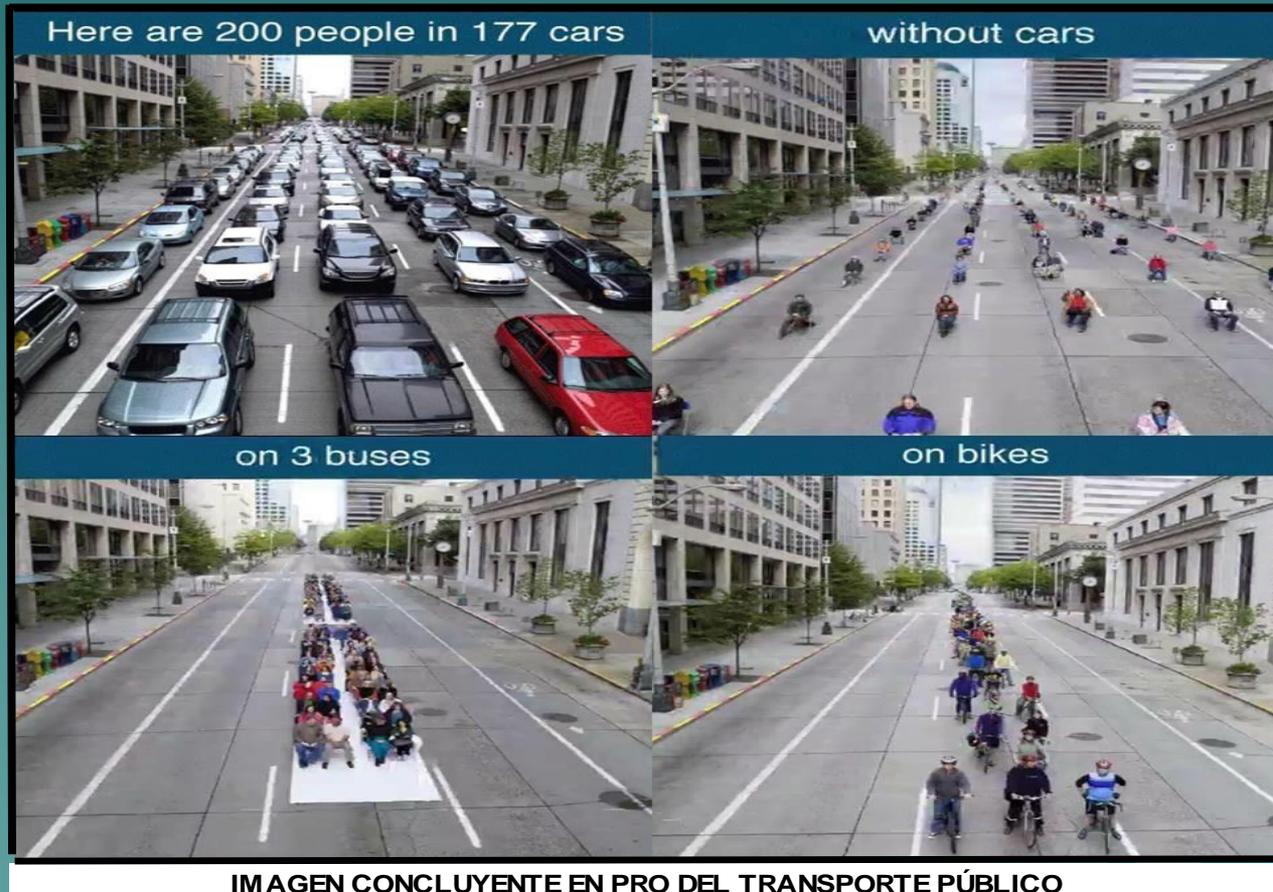
Incluye además de los residuos sólidos urbanos, a las aguas residuales domésticas e industriales y representa aproximadamente el 5% de las emisiones totales (sin considerar el uso del suelo, cambio del Uso del Suelo y Silvicultura) de gases de efecto invernadero del país en el año 2000.

# CONTAMINACIÓN DE LA ATMÓSFERA CAMBIO CLIMÁTICO

Sin embargo, parece existir en la sociedad argentina un grado de conciencia aún débil sobre la crisis ambiental que se avecina producida por la proliferación indiscriminada del automóvil individual como modelo de movilidad. Este bajo nivel de conciencia del problema en la sociedad civil constituye una buena parte de la explicación respecto de la igualmente débil y también inorgánica acción pública sobre dicha crisis.

Se podría agregar, inclusive, que la sociedad está muy lejos de visualizar como efecto pernicioso a la contaminación atmosférica. Las aristas sobre las que se centra su preocupación social en la actualidad respecto al automóvil no es su contaminación, sino que parece pasar hoy, casi exclusivamente, por los problemas de congestión, con sus secuelas de incomodidad e incremento de los tiempos de viaje, o también por una visión reduccionista de la contaminación atmosférica local que se focalizan en uno de los agentes más visibles (como el material particulado, por ejemplo), o aún por la contaminación sonora. Pero no absolutamente a la emisión de gases que sobrecalientan la atmósfera.

# CONTAMINACIÓN DE LA ATMÓSFERA. CAMBIO CLIMÁTICO



# CONTAMINACIÓN DE LA ATMÓSFERA

*"El mundo que hasta este momento  
hemos creado como resultado de  
nuestra forma de pensar tiene  
problemas que no pueden ser  
resueltos pensando del modo en que  
pensábamos cuando los creamos".*

Albert Einstein

# CONTAMINACIÓN DE LA ATMÓSFERA

## Bibliografía

- ◆ Barros, V. (2008). *"El cambio climático global"*, Buenos Aires, libros del Zorzal, edición ampliada.
- ◆ Núñez, Mario N. (2000). *"Cambio climático: un problema científico y social"*. Buenos Aires Boletín Informativo Techint, 303, julio-septiembre.
- ◆ Timm, J. (2004). *"Variabilidad climática y cambios en el uso de la tierra en la región pampeana Argentina"*. Tesis de Graduación. Universidad Nacional de La Pampa, Santa Rosa. 42 p.
- ◆ SECRETARIA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE. *"El cambio climático en Argentina"*, Buenos Aires, 2009.
- ◆ Labraga, Juan C. (1998). *"Escenario de Cambio Climático para la Argentina"*. Ciencia Hoy, N° 44, vol 8, Enero-Febrero 1998.
- ◆ Nuñez, Mario N. (1998). *"El Cambio Climático"*, Ciencia Hoy, N° 96, vol 16, Diciembre 2006-Enero 2007.
- ◆ Camilloni, Inés; Vera, Carolina (2007). *"El aire y el agua en nuestro planeta"*, Colección Ciencia Joven, Ed. Eudeba, Buenos Aires.
- ◆ Lipp, Daniel O; Gassmann, Marisa. I. (2010). *"Modelling the Weekend Effect in Buenos Aires City"*. Turin, Italia: Italia. Congreso. 31st NATO/SPS International Technical Meeting on Air Pollution Modelling and its Application. NATO.
- ◆ Lipp, Daniel O. (2011). *"Evaluación del efecto de fin de semana en los niveles de contaminación atmosférica en la ciudad de Buenos Aires"*, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (Universidad de Buenos Aires), Tesis para optar al grado de Magíster de la Universidad de Buenos Aires en Ciencias Ambientales.