

CALIDAD DEL AIRE Y CAMBIO CLIMÁTICO

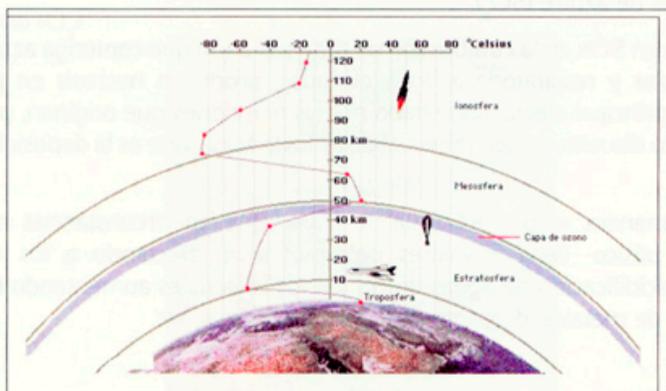
Luis Martín Hernández

Director General de Proyectos y Medio Ambiente, S.A. (PROYMASA)

En este documento se tratará de explicar la relación existente entre la calidad del aire como efecto local y el cambio climático visto como un problema global.

Primeramente se define contaminación atmosférica como la presencia en la atmósfera de materias, sustancias o formas de energía que impliquen molestia grave, riesgo o daño para la seguridad o la salud de las personas, el medio ambiente y demás bienes de cualquier naturaleza, tal y como se recoge en la Ley 37/2007, de calidad del aire y protección de la atmósfera.

Se debe resaltar la diferencia existente entre la contaminación atmosférica que se registra en las capas bajas de la atmósfera (troposfera), que conlleva problemas de salud y daño en masas forestales, y la existente en las capas más altas de la atmósfera (estratosfera), que normalmente presenta concentración de distintos contaminantes con un origen más difícil de controlar y que presenta problemas globales tales como la disminución de la capa de ozono, el efecto invernadero, etc.



CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

Los principales contaminantes atmosféricos que en la actualidad se encuentran legislados y que son conocidos sus efectos son:

- Óxidos de azufre y otros compuestos de azufre
- Óxidos de nitrógeno y otros compuestos de nitrógeno
- Óxidos de carbono
- Ozono
- Compuestos orgánicos volátiles (COVs)
- Hidrocarburos aromáticos policíclicos y compuestos orgánicos persistentes
- Metales y sus compuestos
- Material particulado (incluidos PM10 y PM2,5)
- Amianto (partículas en suspensión, fibras)
- Halógenos y sus compuestos
- Cianuros
- Policlorodibenzodioxinas y policlorodibenzofuranos
- Sustancias y preparados respecto de los cuales se haya demostrado o existan indicios razonables de que poseen propiedades cancerígenas, mutágenas, xenoestrógenas o puedan afectar a la reproducción a través de aire
- Sustancias que agotan la capa de ozono

A continuación se comentan los principales efectos de los distintos contaminantes atmosféricos.

- Óxidos de azufre (SO_x)

Se producen SO_x en la combustión de toda sustancia que contenga azufre. Causan irritación ocular y respiratoria a dosis elevadas, producen necrosis en plantas. Sin embargo, el principal efecto viene dado por las reacciones que originan, produciendo ácido sulfúrico disuelto, origen principal de la lluvia ácida, que es la deposición húmeda de ácidos.

De esta manera, el pH del agua de lluvia -que en circunstancias normales es ligeramente básico- llega a valores próximos a 4, afectando a los ecosistemas mediante la acidificación de aguas dulces y a los materiales aumentando la velocidad de corrosión de metales, deterioro de materiales calizos, etc.

La lluvia ácida constituye un importante problema en Europa centro-oriental y septentrional y en la parte oriental de América del Norte, así como en áreas urbanas, en las que adquiere mayor importancia la deposición seca.

- Óxidos de nitrógeno (NO_x)

El NO y el NO_2 tienen un origen principalmente antropogénico, en especial en reacciones de combustión a temperatura elevada.

Causan irritación ocular y respiratoria, posteriormente problemas respiratorios llegando a edemas pulmonares. La principal problemática viene dada por la contribución de estos óxidos al smog o niebla fotoquímica, así como por la formación de ácido nítrico y de lluvia ácida y la eutrofización por disolución de éste. En la estratosfera, contribuyen a la destrucción de la capa de ozono.

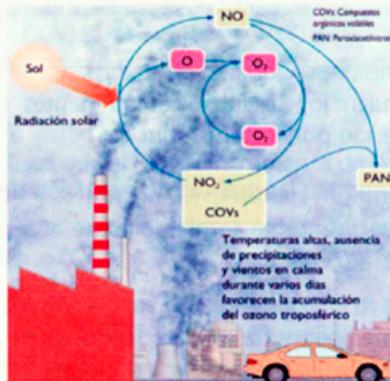
En España se ha producido un incremento constante y continuado de las emisiones de óxidos de nitrógeno en las últimas décadas, tanto en los procesos industriales como en la emisión debida a los vehículos.

- Material particulado (PM)

Alrededor de un 80% de las partículas tienen origen natural -aerosoles marinos, arrastre de polvo por el viento, erupciones, incendios, polen, etc.- las fuentes antropogénicas más importantes son los procesos de combustión y las pérdidas en procesos extractivos e industriales (minería, canteras, cementeras, etc. Es importante la formación de aerosoles secundarios a partir de contaminantes gaseosos primarios.

Afectan al aparato respiratorio y sin tener en cuenta su composición, las partículas se depositan sobre las plantas, disminuyendo la eficacia estomática y afectando su producción; incrementan la corrosión y erosión de los materiales y la suciedad. También afectan al balance de radiación terrestre y a la salud humana pudiendo ser cancerígenas.

- Ozono (O_3)



El ozono troposférico (MALO) es un contaminante secundario que se forma por reacción entre otros gases (NOx y COVs) con la participación de la radiación solar.

Es inestable, presentando una fuerte tendencia a perder uno de los átomos de oxígeno que puede combinarse con otros elementos o compuestos, oxidándolos, lo que justifica su elevado poder oxidante y sus efectos corrosivos sobre diferentes materiales y de tipo irritante como sobre las mucosas de los seres vivos.

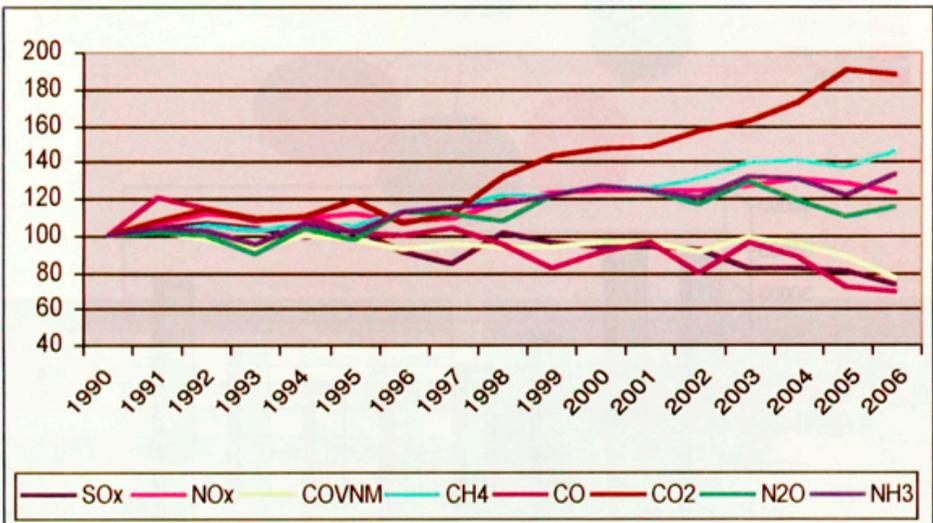
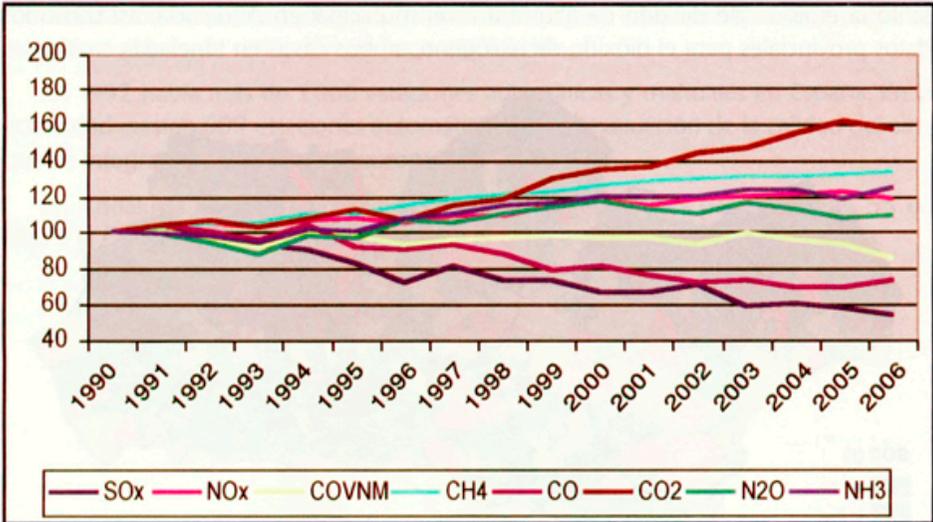
EMISIÓN DE CONTAMINANTES

Los principales emisores de contaminantes atmosféricos son los procesos industriales y el transporte, que cada vez está llegando a mayores cotas de emisión debido al incremento del parque automovilístico, así como de las distancias recorridas. En la siguiente tabla se pueden observar las sustancias contaminantes emitidas en los distintos procesos productivos.

Principales fuentes emisoras antropogénicas	SO ₂	NO ₂	CO	H ₂ S	COV	HCl	Cl ₂	Partículas	Pb	Otros metales pesados
Generación energética (a partir de gas)		X	X					X		
Generación energética (a partir de combustibles líquidos y sólidos)	X	X	X					X		
Plantas asfálticas y cementeras	X	X	X					X		
Quemas agrícolas			X					X		
Depuradoras de aguas residuales				X	X			X		
Extracción de áridos y minería								X		
Fabricación de cerámica		X	X					X	X	
Fabricación de cristal	X	X	X					X		
Fabricación de pinturas					X				X	
Fabricación de pasta de papel					X				X	
Fundiciones								X		
Incineradoras		X	X			X		X		X
Industria química		X			X	X	X			
Refinerías	X	X	X	X	X			X		
Transporte (gasolina)	X	X			X			X		
Transporte (diesel)		X	X		X			X		

Para conocer las emisiones globales de cada país, se llevan a cabo inventarios de emisiones que calculan los distintos contaminantes emitidos por cada fuente contaminante, diferenciando por sector productivo.

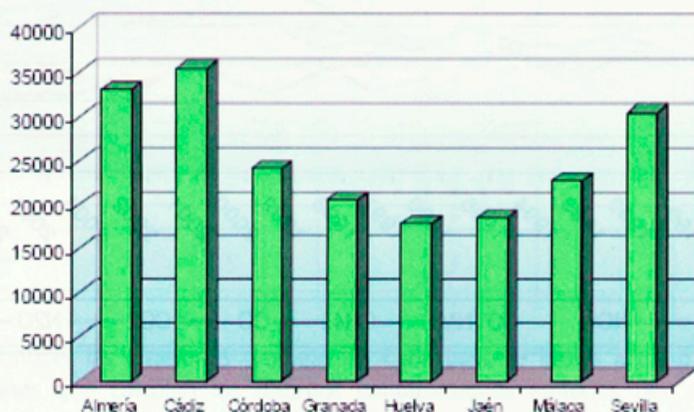
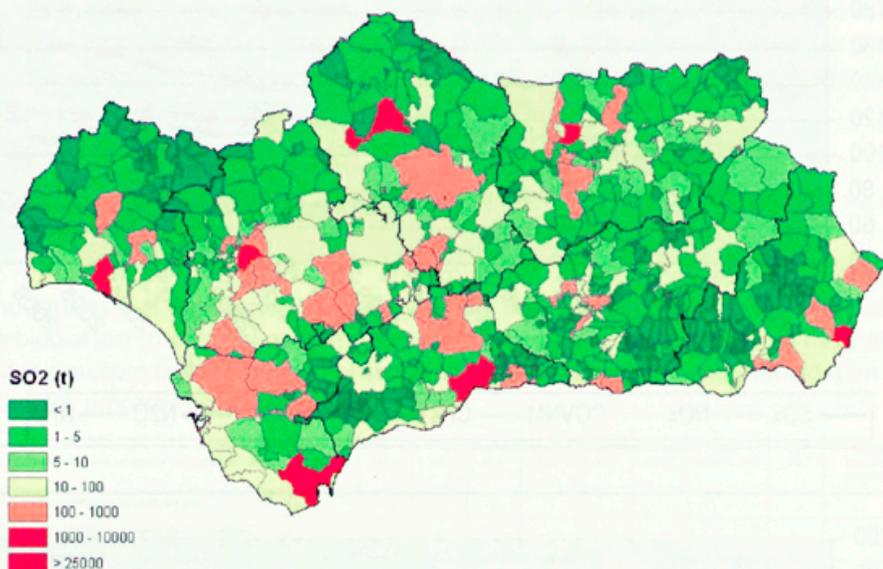
A continuación se presentan las gráficas de evolución de las emisiones globales en España y Andalucía respectivamente, tomando como año base 1990.



Se observa en ambos casos que el mayor incremento de las emisiones corresponde al dióxido de carbono (CO_2) y al metano (CH_4) ambos responsables del calentamiento global. En el otro extremo se observan reducciones importantes de óxidos de azufre (SO_x) y monóxido de carbono (CO).

Los datos de emisión, sobre todo los referidos a los focos puntuales son conocidos y permiten llevar a cabo actuaciones sectoriales tendentes a la reducción de varios contaminantes. Sirva como ejemplo las siguientes figuras donde se puede observar

tanto la emisión de dióxido de azufre a nivel municipal en Andalucía, así como los datos provinciales para el dióxido de nitrógeno, ambos casos en toneladas emitidas.



CONTROL Y VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE A NIVEL LOCAL

Una vez identificados los contaminantes que se emiten a la atmósfera y los efectos que producen sobre la salud humana y los ecosistemas, se hace necesaria la

monitorización de dichas sustancias contaminantes, para en el caso que sea necesario, establecer planes de reducción de la contaminación.

En 1992 había más de 1.000 estaciones automáticas y manuales en España. En la actualidad existen 609 estaciones automáticas para la evaluación de la calidad del aire, que se integran en el programa europeo de vigilancia.

En Andalucía se cuenta en la actualidad con 87 estaciones pertenecientes 55 de ellas a la Consejería de Medio Ambiente y el resto a distintas empresas privadas.



87 ESTACIONES: TIPO DE ÁREA

URBANAS	38
SUBURBANAS	34
RURALES	15

87 ESTACIONES: TIPO DE FUENTES

TRÁFICO	6
INDUSTRIALES	51
FONDO	30



La red de vigilancia de la calidad del aire en Andalucía tiene los siguientes objetivos:

Determinar el **estado** de la **calidad del aire** y el grado de cumplimiento de los valores límite con respecto a los niveles que establece la **legislación** vigente

Observación de la **evolución** de contaminantes en tiempo real

Detección rápida de posibles **situaciones de alerta** o emergencia, así como seguimiento de la evolución de la concentración de contaminantes

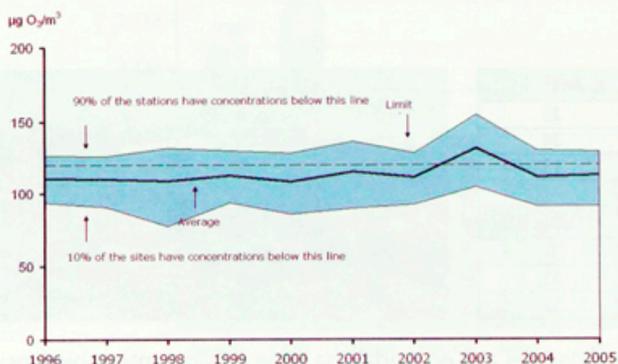
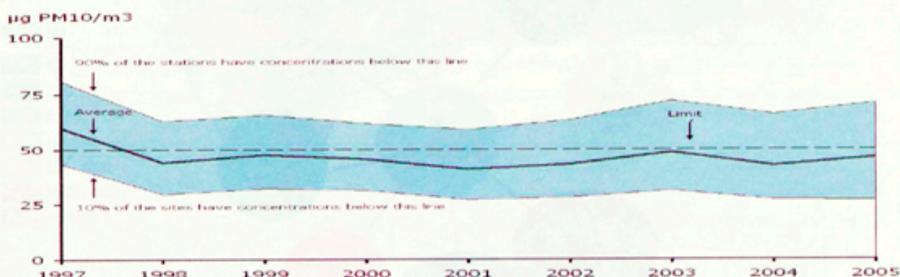
Informar a la población sobre la calidad del aire

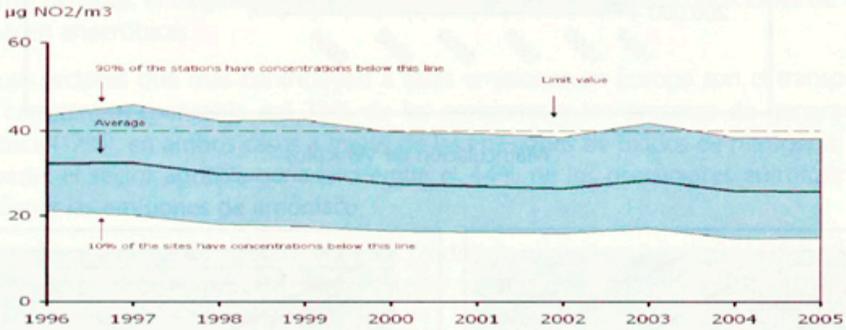
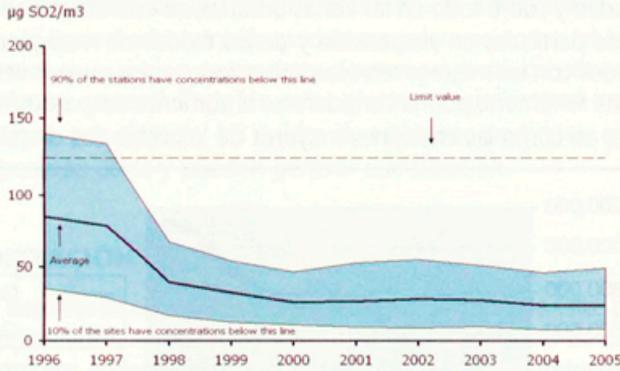
Aportar información para el desarrollo de **modelos** de predicción

Proporcionar datos para la formulación, en su caso, de **Planes de Mejora de la Calidad** del Aire

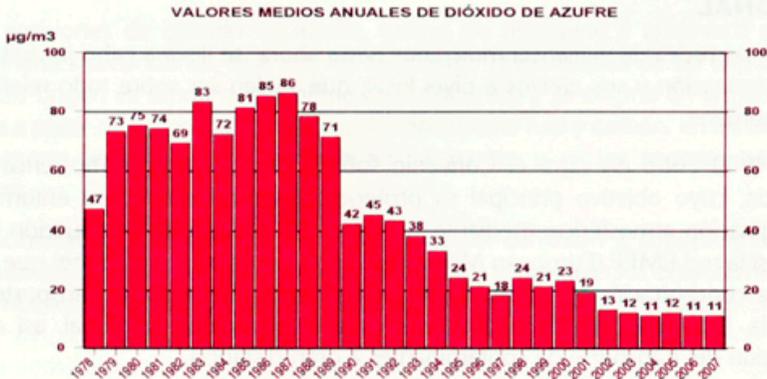
Intercambio de información de la Administración Autonómica con la Estatal y Comunitaria

Los datos proporcionados por las redes de vigilancia se integran en un sistema europeo donde todos los Estados miembros deben enviar sus datos una vez validados. En las siguientes figuras se presenta la evolución de distintos contaminantes a nivel de la Unión Europea y se puede observar que los valores medios de las redes están muy cercanos al valor límite para partículas PM10 y ozono.

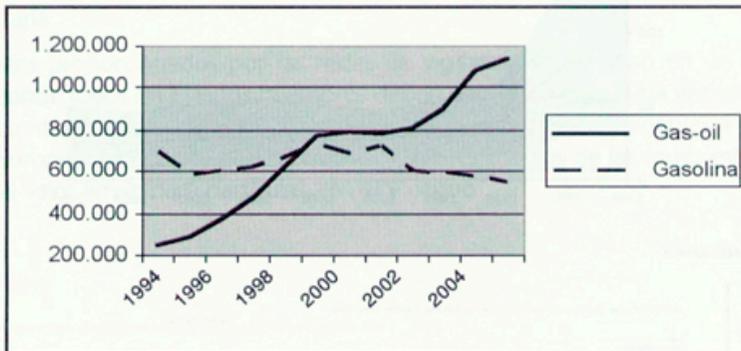




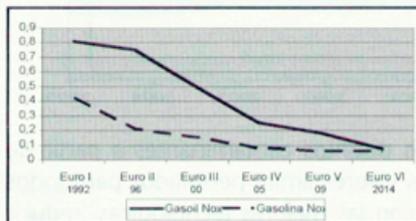
Desde que se lleva a cabo el control de los distintos contaminantes a partir de los años 70, la normativa ha ido reduciendo los valores límite permitidos para todos los contaminantes, lo que ha permitido, junto con las mejoras tecnológicas, reducir drásticamente los niveles de inmisión registrados en las estaciones de medida. Sirva como ejemplo el caso de los niveles de dióxido de azufre registrados en Madrid entre los años 1978 y 2007.



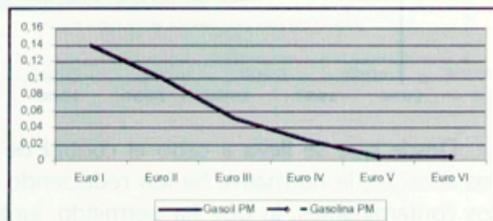
En la actualidad y sobre todo en las zonas urbanas, se está detectando un aumento de los niveles de partículas en suspensión y de los óxidos de nitrógeno, que no han sido compensados con las mejoras técnicas, sobre todo en los nuevos vehículos. Como explicación a este fenómeno podría considerarse el aumento del parque automovilístico en nuestro país, así como las emisiones mayores de los vehículos diesel.



Matriculación de Vehículos



Emisiones de NO_x (g/km)



Emisiones de PM (g/km)

CONTROL Y VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE A NIVEL REGIONAL

Con las redes de vigilancia mostradas hasta ahora, se lleva a cabo la vigilancia de la contaminación y sus efectos a nivel local, que suelen ser sobre todo relativos a la salud humana.

En 1983 entró en vigor el Convenio sobre Contaminación Atmosférica a Gran Distancia, cuyo objetivo principal es proteger al ser humano y su entorno de la contaminación atmosférica, mediante su limitación, prevención y reducción gradual. Nace así la red EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme) que informa sobre la concentración y deposición de los contaminantes y de su transporte a gran distancia. Esta red permite evaluar efectos a nivel regional y global, así como la evaluación del transporte de contaminantes a gran distancia.

Los efectos regionales de la contaminación son la acidificación, principalmente eutrofización y la lluvia ácida, también podría considerarse como tal la formación del smog fotoquímico que, si bien se presenta de manera local, constituye un problema extendido de forma general. Parte de estos efectos se encuentran interrelacionados, de tal manera que, por ejemplo, los óxidos de nitrógeno participan en la generación de lluvia o deposición ácida y pueden generar eutrofización.

- EUTROFIZACIÓN

Ocurre en sistemas lacustres, y conlleva la colmatación final de éstos por sedimentos. Los elementos limitantes son nitrógeno y los aportes adicionales de origen antrópico de dichos elementos aceleran el proceso, de manera que se produce un crecimiento intenso de algas, el oxígeno pasa a ser el elemento limitante y las condiciones de vida se hacen anaeróbicas.

Los sectores que más contribuyen a estas emisiones en Europa son el transporte por carretera, responsable del 23% de las emisiones y los procesos de generación eléctrica (12%), en ambos casos a través de las emisiones de óxidos de nitrógeno; por su parte, el sector agrícola-ganadero emite el 44% de los precursores eutrofizantes, mediante las emisiones de amoníaco.

La elevada dispersión potencial de los óxidos de nitrógeno, hace que la deposición de los compuestos eutrofizantes puede tener lugar a gran distancia de los puntos de emisión de los gases precursores.

Para evitar la eutrofización por vía atmosférica es imprescindible reducir las emisiones de óxidos de nitrógeno y de amoníaco. Como resulta obvio, una reducción en las emisiones de nitrógeno tendría efectos positivos tanto en cuanto a que se reducirían los aportes eutróficos como también sobre otros problemas como la lluvia ácida, el ozono troposférico y la destrucción de la capa de ozono.

- ACIDIFICACIÓN (Lluvia ácida)

Las emisiones de dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y amoníaco originan contaminantes secundarios, que son los finalmente responsables de las deposiciones ácidas. Su origen es fundamentalmente antropogénico y se origina en la generación eléctrica a partir de combustibles fósiles, principalmente fuel y carbón, en los vehículos de transporte terrestres, pero también en los barcos y en los sectores agrícola y ganadero.

La acidificación causa daños sobre materiales por corrosión y, consecuentemente, en monumentos y edificios, sobre la salud humana y sobre diversos ecosistemas, tanto lagos y ríos, como bosques y mares con una reducción de la biodiversidad.

- OZONO TROPOSFÉRICO Y SMOG FOTOQUÍMICO

En Europa ha aumentado el ozono troposférico durante el verano, hasta valores superiores a los que pueden afectar de manera negativa a la población y a la vegetación. Los regímenes de viento transportan estos precursores a gran distancia, formándose finalmente ozono en regiones alejadas de aquellas en que fueron emitidos.

El smog o neblina tóxica se forma en la parte inferior de la troposfera, en las proximidades de la superficie terrestre y está compuesto fundamentalmente por ozono, pero también por otros oxidantes agresivos.

Se observan fenómenos de neblinas locales con ausencia de vientos y presencia de cielos despejados, lo que permite un incremento de la concentración de contaminantes primarios, fundamentalmente óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles. La radiación solar aporta la energía para las diversas reacciones fotoquímicas que originan los distintos oxidantes.

CONTROL Y VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE A NIVEL GLOBAL

A nivel mundial se cuenta con la red BAPMoN (Background Air Pollution Monitoring Network), que está coordinada por la Organización Meteorológica Mundial y lleva a cabo medidas de diferentes compuestos del aire después de su transporte a muy larga distancia. En España se cuenta con una estación ubicada en Izaña (Tenerife).

Dentro de los efectos causados por la contaminación a nivel global se podrían destacar:

- AGUJERO DE OZONO. OZONO ESTRATOSFÉRICO

A mediados de la década de 1970 se comprobó que algunos de los productos químicos producidos por el ser humano destruían el ozono de la estratosfera, agotando la capa de este componente, aumentando la radiación ultravioleta en la superficie terrestre, lo que puede traducirse en un aumento de la incidencia del cáncer de piel y cataratas.

El ozono de la estratosfera absorbe los rayos solares ultravioletas que son perjudiciales para los seres vivos. Por esta razón, el ozono de la estratosfera se considera el "ozono bueno". Por el contrario, el ozono presente cerca de la superficie terrestre que es resultado de sustancias contaminantes se considera "ozono malo" porque puede ser dañino para los seres vivos.

Algunos procesos industriales y productos de consumo emiten sustancias halogenadas. Estas sustancias contienen átomos de cloro y bromo que agotan la capa de ozono. Por ejemplo, los clorofluorocarbonos (CFCs) e hidroclorofluorocarbonos

(HCFCs), que se usaban en la mayoría de los sistemas de refrigeración y aire acondicionado, llegan a la estratosfera donde sus enlaces moleculares se rompen liberando átomos de cloro. Los "halones" usados en extintores contienen átomos de bromo que atacan el ozono, al igual que los óxidos de nitrógeno emitidos por focos móviles como motores supersónicos de aviación.

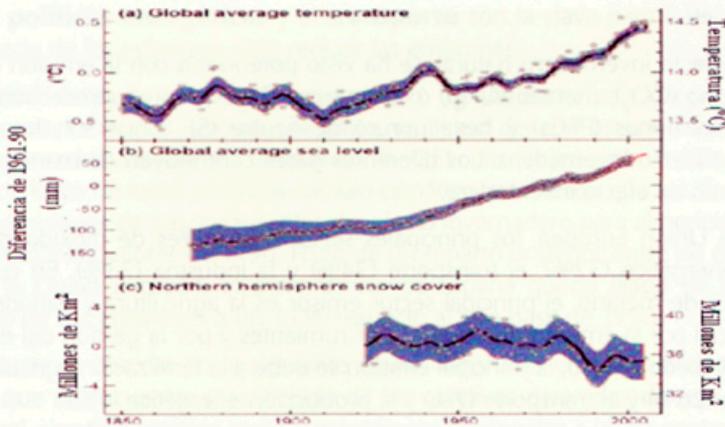
El potencial de destrucción del ozono varía según las moléculas y se calcula a partir del efecto que 1 Kg. del compuesto tiene sobre el ozono estratosférico.

COMPUESTO	POTENCIAL DE DESTRUCCIÓN DE OZONO
CFC - 11	1,000
Halón 1301	12,000
HCFC - 22	0,034

Los valores de concentración de ozono disminuyeron progresivamente hasta mediados de los noventa del siglo pasado. Se llegó en poco tiempo un acuerdo internacional plasmado en el Protocolo de Montreal (1987)) en el que se acordaron recortes o ceses de producción de CFCs en unos plazos determinados. En la Unión Europea, la reducción en la producción de las sustancias que agotan la capa de ozono en el decenio comprendido entre 1986 y 1996 fue notable.

- EFECTO INVERNADERO. CAMBIO CLIMÁTICO

Como consecuencia de la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI), se ha producido un incremento de la temperatura media de la tierra, así como la modificación de las circulaciones atmosférica y marina que, a su vez, originarían modificaciones climáticas de diferente signo, afección a los hielos polares y a los glaciares e incremento del nivel del mar, etc.



Igualmente son previsible otros efectos tales como mayor frecuencia de temperaturas extremas, fenómenos tormentosos, cambios en los regímenes pluviales, con incremento de periodos de sequía y de inundaciones.

En el siguiente esquema se puede observar la creación del efecto invernadero, y por lo tanto, del cambio climático a nivel global.



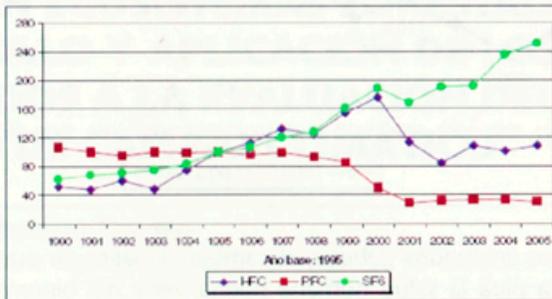
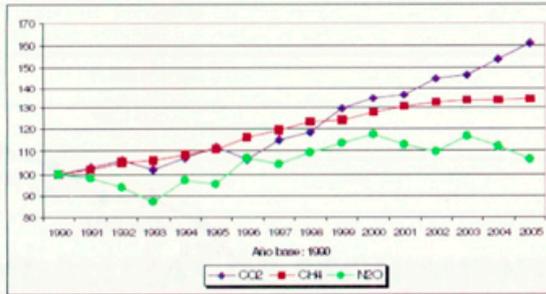
Fuente: UNEP -GRID-Arendal.

Los modelos predicen modificación de los ecosistemas, con desplazamientos tanto hacia los polos como en altura, con el agravamiento de que será demasiado rápido, excediéndose la capacidad de adaptación de numerosos seres vivos. Como resulta obvio, tales procesos también afectarán a la agricultura de buen número de países y por lo tanto a la población mundial. Además, se prevén repercusiones inducidas sobre la salud humana, en el sentido de expansiones de enfermedades de tipo tropical, olas de calor, etc.

Este efecto invernadero natural, se ha visto potenciado con la emisión de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nítrico (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs) y hexafluoruro de azufre (SF₆), que son los principales Gases de Efecto Invernadero. Los diferentes gases contribuyen de manera distinta al incremento de efecto invernadero.

En la Unión Europea, los principales sectores emisores de dióxido de carbono son el energético (32%), el transporte (24%) y la industria (23%). En cuanto a las emisiones de metano, el principal sector emisor es la agricultura y ganadería (42%), en especial por la emisión de este gas por rumiantes y por la gestión del estiércol. En cuanto al óxido nítrico, la principal emisión se debe a la fertilización agrícola (46%), la industria (26%) y el transporte (7%) y la producción energética (7%).

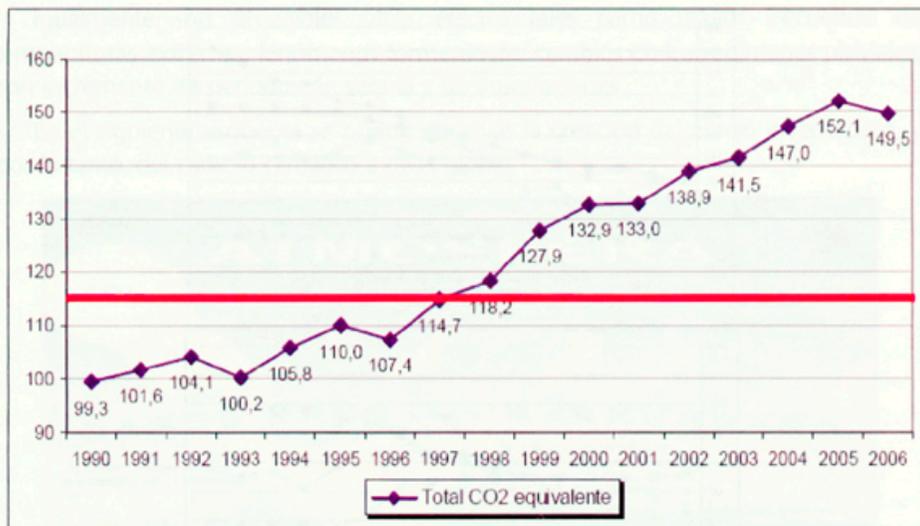
En España, las cifras oficiales de emisiones de gases con efecto invernadero muestran un incremento general salvo en lo que se refiere a perfluorocarbonos (PCFs), grupo de gases en los que ha habido un cierto descenso en las emisiones



- El cambio climático traerá **consecuencias económicas**.
- Los **daños** no se producirán en forma pareja y serán algunas veces **irreversibles**.
- Para que las políticas sean eficaces, se requerirá el **apoyo** de los ciudadanos y de los principales grupos interesados.
- Las **políticas energéticas** y el **transporte** son la clave para los costes y la eficacia de los esfuerzos para reducir las emisiones.

Para poder combatir y controlar este proceso, España como país integrante de la Unión Europea, ratificó el Protocolo de Kioto, en virtud del cual asume compromisos concretos de reducción de las emisiones de GEI. Los objetivos marcados por el Protocolo de Kioto de lucha contra el cambio climático, establecen que la UE recortará un 8% las emisiones de gases causantes del efecto invernadero para el periodo 2008-2012 respecto a los valores de 1990. Fruto de un reparto posterior entre los diferentes países de la Unión Europea, el compromiso de España quedó fijado en limitar el crecimiento de sus emisiones a un 15 % respecto al año base de 1990.

Tal y como se observa en la siguiente figura, España es en la actualidad uno de los países que se encuentra más alejado de los objetivos derivados de este acuerdo internacional, siendo necesario realizar actuaciones adicionales a las ya contempladas.



De los impactos analizados debidos al cambio climático se puede concluir, que la mayor amenaza para la salud humana podría venir del binomio contaminación atmosférica / olas de calor. El proyectado incremento del número, duración y frecuencia de las olas de calor, ligado a un aumento de la contaminación atmosférica en las zonas más pobladas, constituye a corto plazo el problema más grave al que nos enfrentamos a nivel de salud humana.