Departamento de Ingeniería Química
y Química Inorgánica
ETS de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación
Universidad de Cantabria

ACIDIFICACIÓN ATMOSFÉRICA

Desarrollo Sostenible en Cantabria
Asignatura Open Course Ware
Antonio Domínguez Ramos

1.1 Emisión e inmisión

1.2 Acidificación Atmosférica

1.3 Actuaciones y planificación para el control de la Acidificación Atmosférica

1.1

EMISIÓN E INMISIÓN

1.1 Emisión e inmisión

EMISIÓN

¿Qué contaminantes se emiten?
¿Qué cantidad de contaminante se emite?

INMISIÓN

¿Qué concentración se alcanza del contaminante?

La regulación en emisión y la regulación en inmisión tienen los mismos objetivos de protección (salud humana, medio ambiente y recursos) pero las medidas son necesariamente distintas

1.2

ACIDIFICACIÓN ATMOSFÉRICA

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA GLOBAL DE CONTAMINACIÓN

Acciones locales de contaminación (SO_2, NO_x)
provocan efectos globales (Acidificación/Deposición ácida)

FORMA DE IDENTIFICACIÓN

Identificación y descripción del fenómeno
Acidificación atmosférica (Síntomas Deposición ácida)
Propuesta de relaciones causa-efecto
Emisión de gases SO_2 + NO_x/Cambio de pH en aguas y movilización de metales
Elaboración y contrastación de modelos predictivos
Modelos de dispersión
Establecimiento de consenso científico-técnico sobre el fenómeno
Convenio sobre la contaminación atmosférica transfronteriza a gran distancia
Propuesta de medidas y seguimiento
Techos nacionales de emisión, transporte, industria
Acciones de carácter GLOBAL. Internacionales mediante acuerdos

CONCEPTO

La **acidificación atmosférica ó "lluvia ácida"** es un término que se refiere a una mezcla de deposición húmeda y seca (material depositado) procedente de la atmósfera que contiene cantidades más altas de lo normal de los ácidos nítrico y sulfúrico

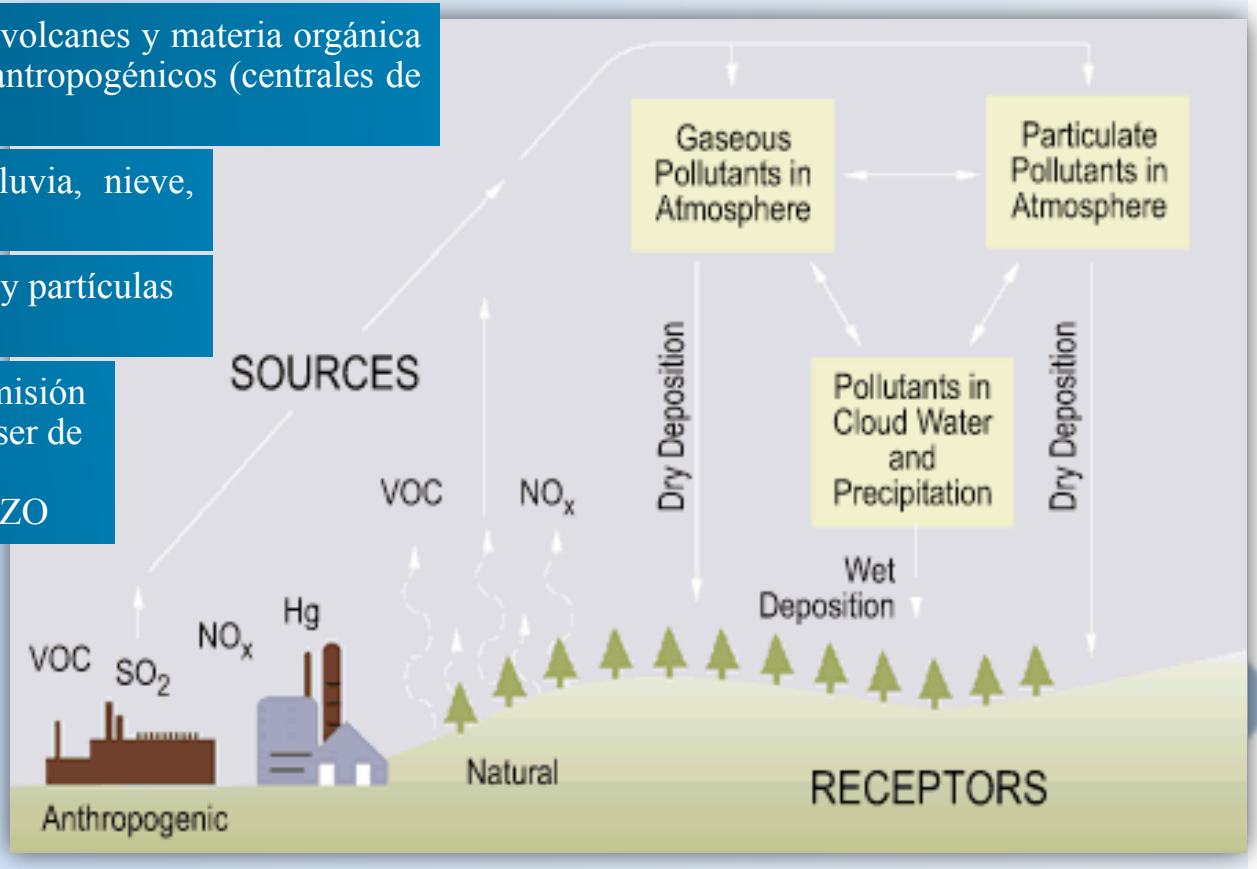
Precursores: naturales (volcanes y materia orgánica en descomposición) y antropogénicos (centrales de combustión)

Deposición húmeda: lluvia, nieve, niebla

Deposición seca: gases y partículas

La distancia entre la emisión y la deposición puede ser de cientos de kms: TRANSFRONTERIZO

La lluvia normal es ligeramente ácida (aproximadamente pH=5,6 en concentraciones habituales de CO2). Como referencia, en EEUU (2000), la lluvia ácida tenía una media de valor pH=4,3



http://www.epa.gov/acidrain/what/index.html

EFECTOS

Los daños de la acidificación atmosférica afectan a la naturaleza, a los bienes y a las personas

Aguas superficiales y animales acuáticos

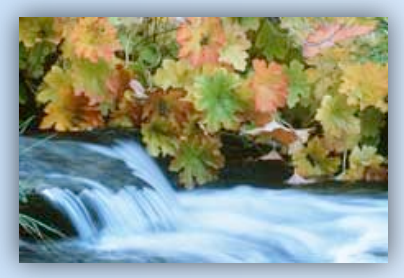
Descenso del pH en organismo acuáticos

Intervalo de pH para el desarrollo de la vida

Deficiencias de calcio: huesos débiles, fragilidad huevos

Dificultad para extraer O_2 del agua

Movilización de metales Al, Cd, Mn, Fe, As, Hg: toxicidad



Área de ecosistema no dañada por la acidificación (%) entre 1990-2020

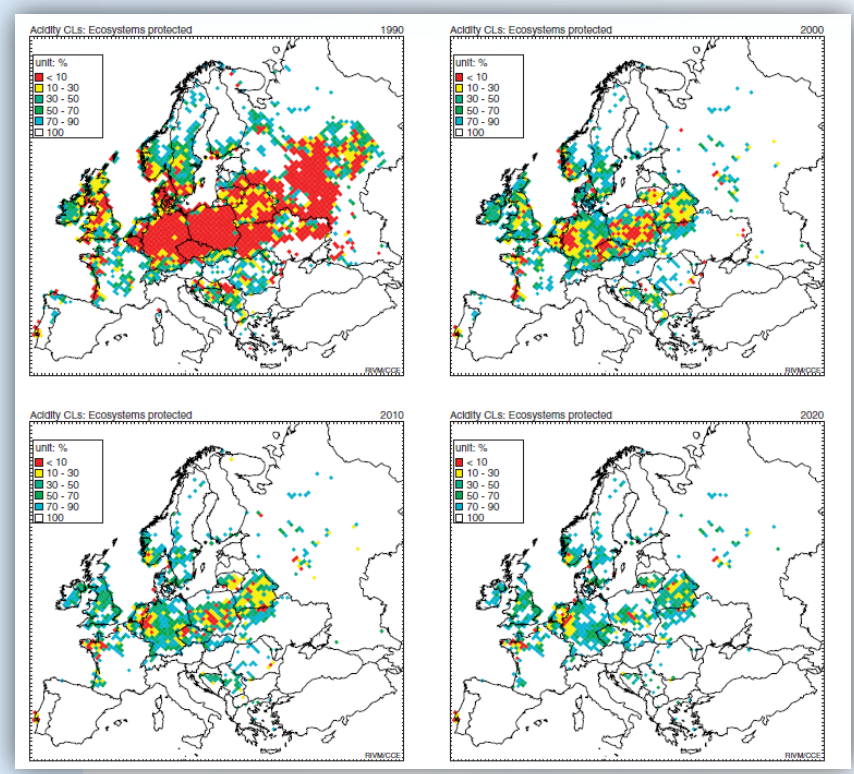


FIGURE 31 **Ecosystem area protected from acidification in every EMEP-50 km grid cell for the years 1990, 2000, 2010 and 2020. Source: MNP/CCE.**

Fuente: http://www.epa.gov/acidrain/what/index.html; http://www.unece.org/env/lrtap/ExecutiveBody/2006.Strat.PoliciesReview.E.pdf

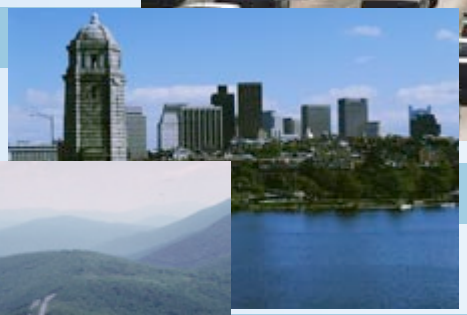
EFECTOS

Los daños de la acidificación atmosférica afectan a la naturaleza, a los bienes y a las personas

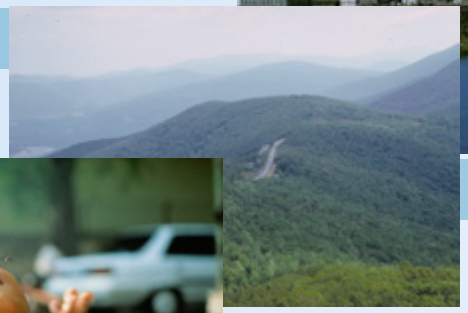
Bosques

Carrocerías de coche

Materiales



Visibilidad



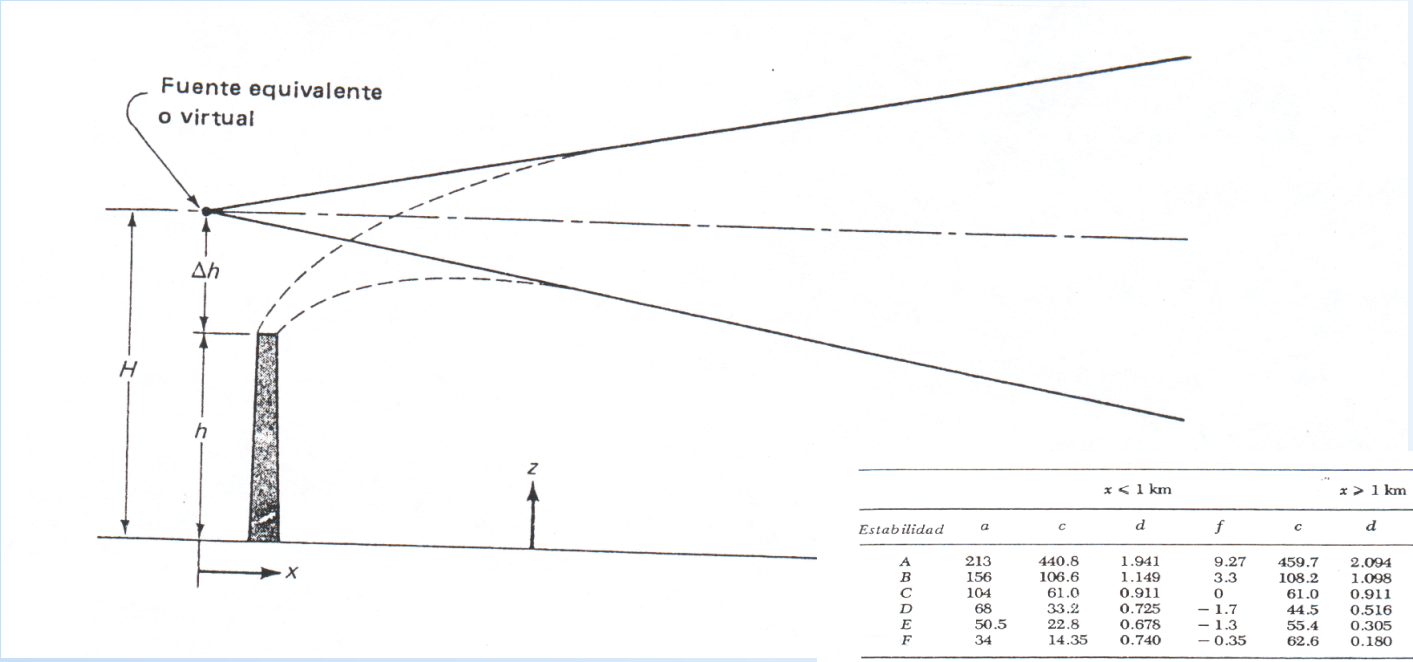
Salud humana

Fuente: http://www.epa.gov/acidrain/what/index.html

MODELOS DE DISPERSIÓN

Los modelos de dispersión permiten modelar la variación de la concentración de un contaminante (fase gas) emitido desde una fuente con la posición y el tiempo. Existen modelos complejos para tener en cuenta diferentes elementos: efectos del terreno, lluvias, etc

$$C(x,y,z) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z}\left[\exp-\left(\frac{y^2}{2\sigma_y^{\,2}}\right)\right]\left\{\exp\left[\frac{-(z-H)^2}{2\sigma_z^{\,2}}\right] + \exp\left[\frac{-(z+H)^2}{2\sigma_z^{\,2}}\right]\right\}$$



	$x < 1$ km				$x > 1$ km		
Estabilidad	*a*	*c*	*d*	*f*	*c*	*d*	*f*
A	213	440.8	1.941	9.27	459.7	2.094	− 9.6
B	156	106.6	1.149	3.3	108.2	1.098	2.0
C	104	61.0	0.911	0	61.0	0.911	0
D	68	33.2	0.725	− 1.7	44.5	0.516	− 13.0
E	50.5	22.8	0.678	− 1.3	55.4	0.305	− 34.0
F	34	14.35	0.740	− 0.35	62.6	0.180	− 48.6

FUENTE: D. O. Martin. *J. Air Pollu. Control Assoc.* 26, No. 2 (1976): 145.

Influencia de la estabilidad atmosférica

1.3

ACTUACIONES Y PLANIFICACIÓN PARA EL CONTROL DE LA ACIDIFICACIÓN ATMOSFÉRICA

1.3 Actuaciones y planificación para el control de la Acidificación Atmosférica

1979 GINEBRA
CONVENIO SOBRE CONTAMINACIÓN TRANSFRONTERIZA A LARGA DISTANCIA
(COMISIÓN ECONÓMICA PARA EUROPA EN EL ÁMBITO DE LAS NACIONES UNIDAS)

ESPAÑA RATIFICA EL CONVENIO EN 1983. SURGEN PROTOCOLOS A RAIZ DEL CONVENIO. EUROPA EN 1997 PRESENTA ESTRATEGIA COMUNITARIA PARA COMBATIR LA ACIDIFICACIÓN
(basada en el Quinto Programa de Medio Ambiente "no superar cargas ni niveles críticos")

TRANSPOSICIÓN A LA LEGISLACIÓN ESPAÑOLA

PROTOCOLO DE GOTEMBURGO (1999) La UE se adhiere en 2003 para objetivo simultáneo de: Acidificación, Eutrofización y Ozono troposférico Controlando emisiones de SO2, NOx, NH3 y COVs	INSTRUMENTO DE RATIFICACIÓN BOE 12/04/2005
DIRECTIVA GRANDES INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN 2001/80/CE	RD 430/2004 BOE 20/03/2004
DIRECTIVA TECHOS NACIONALES DE EMISIÓN DE DETERMINADOS CONTAMINANTES 2001/81/CE	RESOLUCIÓN 11/09 BOE 23/09/2003

DIRECTIVA TECHOS NACIONALES DE EMISIÓN DE DETERMINADOS CONTAMINANTES 2001/81/CE
RESOLUCIÓN 11/09 BOE 23/09/2003

La Directiva se aplica a todas las fuentes resultantes de actividades humanas de los siguientes contaminantes: amoniaco (NH_3); óxidos de nitrógeno (NOx); compuestos orgánicos volátiles (COV) y dióxido de azufre (SO_2).

Para alcanzar su cometido, la Directiva establece unos techos nacionales de emisión (la cantidad máxima de una sustancia expresada en kilotoneladas que puede emitir un Estado miembro en un año civil)

Techos nacionales de emisión de SO_2, NO_x, COV y NH_3 previstos ([1])

País	SO_2 (Kilotoneladas)	NO_x (Kilotoneladas)	COV (Kilotoneladas)	NH_3 (Kilotoneladas)
España	746	847	662	353

La aplicación de la directiva implica otras normativas internacionales y de la Unión Europea (p.ej.: guía Mejores Técnicas Disponibles MTDs) así como otras políticas y medidas legislativas a nivel nacional

Fuente: DIRECTIVA 2001/81/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 23 de octubre de 2001 sobre techos nacionales de emisión de determinados contaminantes atmosféricos

1.3 Acidificación atmosférica

EMISIONES DE DIÓXIDO DE AZUFRE, ÓXIDOS DE NITRÓGENO, AMONIACO Y COVs

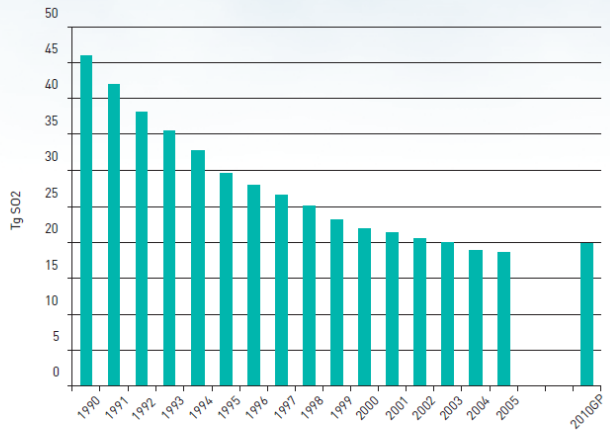


FIGURE 5 **Anthropogenic emission trends of sulphur in the EMEP area 1990-2005 and 2010 (*the Gothenburg Protocol target*).**
Source: EMEP/MSC-W.

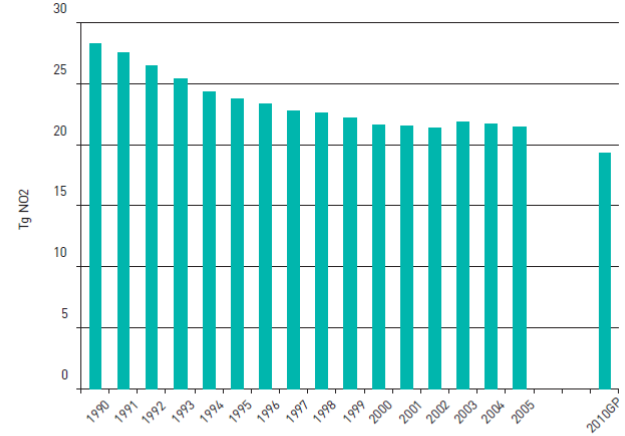


FIGURE 6 **Anthropogenic emission trends of nitrogen oxides in the EMEP area 1990-2005 and 2010 (the Gothenburg Protocol target). The figure shows e.g the increase of Russian Federation emissions between 2002 and 2003.**
Source: EMEP/MSC-W.

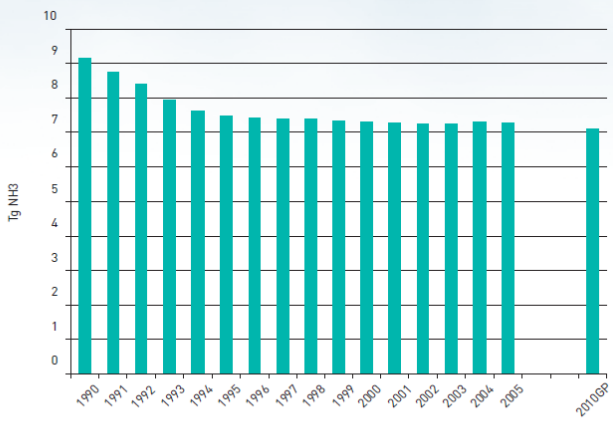


FIGURE 7 **Anthropogenic emission trends of ammonia in the EMEP area 1990-2005 and 2010 (the Gothenburg Protocol target).**
Source: EMEP/MSC-W.

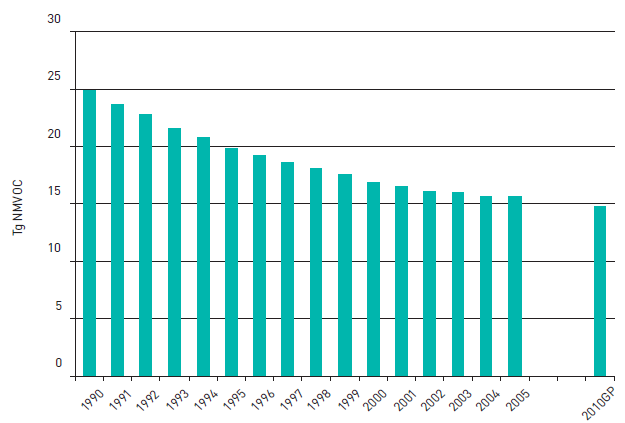


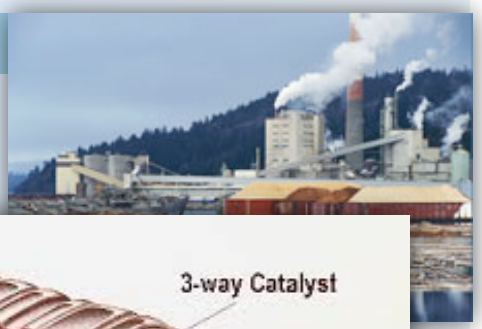
FIGURE 8 **Anthropogenic emission trends of non-methane volatile organic compounds in the EMEP area 1990-2005 and 2010 (the Gothenburg Protocol target).**
Source: EMEP/MSC-W.

Fuente: http://www.unece.org/env/lrtap/ExecutiveBody/2006.Strat.PoliciesReview.E.pdf

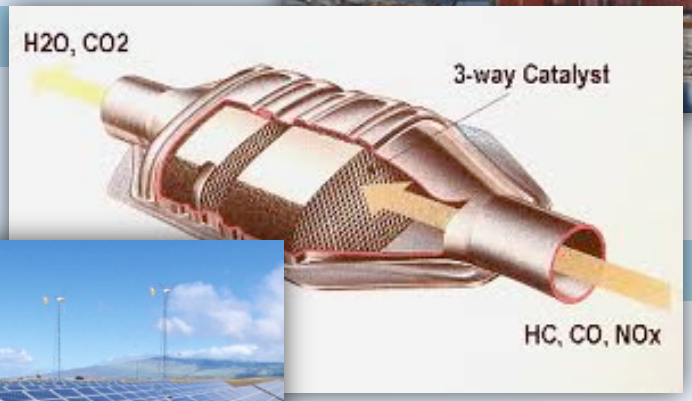
SOLUCIÓN

¿Qué se puede hacer para luchar contra la acidificación atmosférica?

Combustión más limpia



Convertidores catalíticos en coches



Energías alternativas