

6. SISTEMAS ATMOSFÉRICOS Y SOCIEDADES (10 HORAS)

Belén Ruiz
IES Santa Clara.

1ºBACHILLER “SISTEMAS AMBIENTALES Y SOCIEDADES”

Dpto Biología y Geología.

<http://biologiageologiaiessantaclarabelenruiz.wordpress.com/bachillerato-internacional/sistemas-ambientales-y-sociedades/>

CONTENIDOS

6.1. Introducción a la atmósfera

6.2 Ozono estratosférico

6.3 Nieblas contaminantes fotoquímicas

6.4 Deposición (lluvia) ácida

Preguntas fundamentales: Este tema puede resultar especialmente apropiado para considerar las preguntas fundamentales B, E y F.

6.4. LA DEPOSICIÓN (LLUVÍA) ÁCIDA.

Belén Ruiz
I.E.S. Santa Clara.
1ºBACHILLER

Dpto Biología y Geología.

<http://biologiageologiaiessantaclarabelenruiz.wordpress.com/bachillerato-internacional/sistemas-ambientales-y-sociedades/>

Ideas significativas:

- La deposición (lluvia) ácida puede tener efectos adversos sobre los sistemas vivos y el entorno construido.
- La gestión de la contaminación de deposición (lluvia) ácida suele implicar problemas transfronterizos.

Conocimiento y comprensión:

- La combustión de combustibles fósiles produce dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno como contaminantes primarios. Estos gases pueden convertirse en contaminantes secundarios de deposición seca (como las cenizas y las partículas secas) o de deposición húmeda (como la lluvia y la nieve).
- Entre los posibles efectos de la deposición (lluvia) ácida en el suelo, el agua y los organismos vivos se incluyen:
 - **Efecto directo:** por ejemplo, ácido en organismos acuáticos y bosques de coníferas.
 - **Efecto tóxico indirecto:** por ejemplo, aumento de la solubilidad de metales (como los iones de aluminio) en peces.
 - **Efecto indirecto sobre los nutrientes:** por ejemplo, lixiviación de nutrientes de las plantas.
- Los efectos negativos de la deposición (lluvia) ácida pueden limitarse a áreas a sotavento de las principales regiones industriales, pero puede que estas áreas no se encuentren en el mismo país donde se encuentra la fuente de emisiones.
- Entre las estrategias de gestión de la contaminación por deposición (lluvia) ácida se podrían incluir:
 - **Modificar la actividad humana:** por ejemplo, mediante la reducción del uso, o empleando alternativas a los combustibles fósiles; los acuerdos internacionales y los gobiernos nacionales pueden trabajar para reducir la producción de contaminantes mediante grupos de presión
 - **Regular y monitorizar la liberación de contaminantes:** por ejemplo, mediante el uso de depuradores o convertidores catalíticos que puedan eliminar el dióxido de azufre y los óxidos de nitrógeno de las centrales térmicas y vehículos.
 - Las medidas de limpieza y restauración pueden incluir la distribución de caliza molida en lagos acidificados o la recolonización de sistemas deteriorados, si bien el alcance de dichas medidas es limitado.

Aplicaciones y habilidades:

- **Evaluar** las estrategias de gestión de la contaminación por deposición (lluvia) ácida.

Orientación:

- **No** se requiere el uso de símbolos químicos ni de fórmulas químicas.
- Entre los posibles estudios de casos de conflictos intergubernamentales que implican deposición (lluvia) ácida se pueden considerar las interacciones entre la región del medio oeste de los EE. UU. y la región este de Canadá, así como el impacto en Suecia de las industrias de Gran Bretaña, Alemania y Polonia.

Mentalidad internacional:

- El país contaminante y el país contaminado no son generalmente el mismo: la deposición (lluvia) ácida afecta a regiones alejadas de la fuente de contaminación. Por consiguiente, resolver este problema requiere la cooperación internacional.

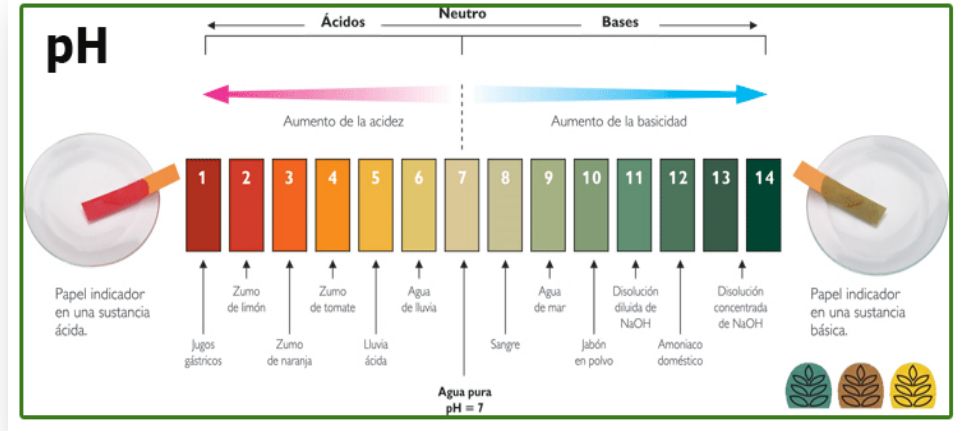
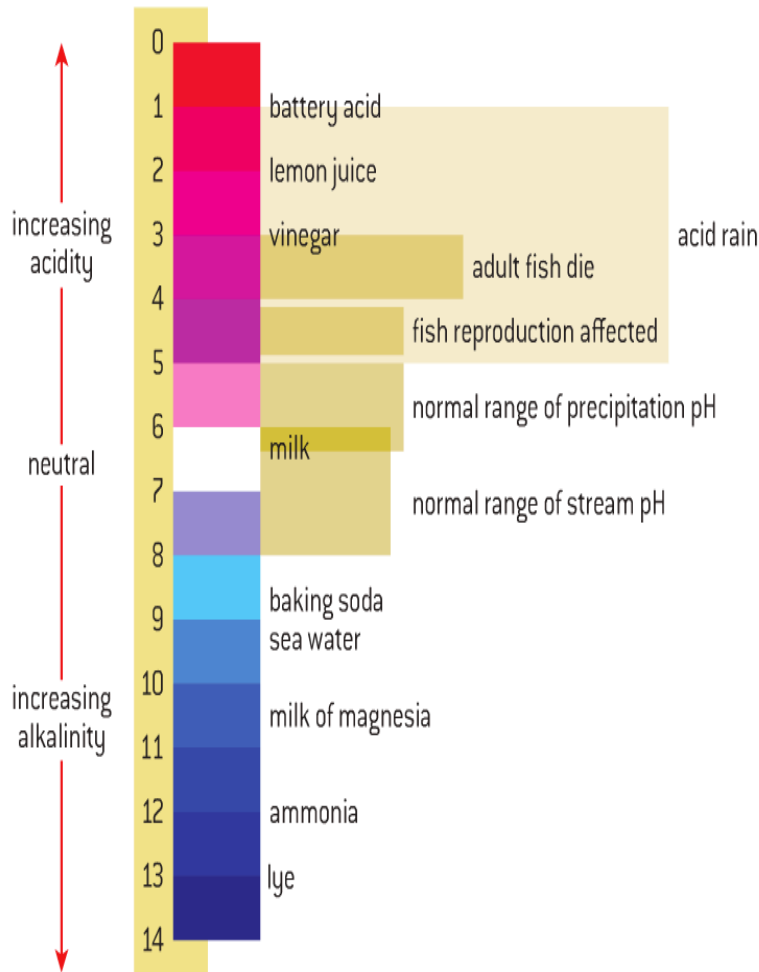
Teoría del Conocimiento:

¿En qué medida influye el reconocimiento de las responsabilidades éticas del conocimiento en la futura producción o adquisición de nuevos conocimientos?

Conexiones:

- Sistemas Ambientales y Sociedades: Nieblas contaminantes fotoquímicas (6.3), seres humanos y contaminación (1.5), investigación de ecosistemas (2.5)
- Programa del Diploma: Química (tema 8), Economía

Acidez



•La concentración de moléculas ionizadas en el agua pura es muy baja a 25°C es de 10^{-14} mol/l y, por tanto, $[H^+] = [HO^-] = 10^{-7}$.

• El $pH = -\log [H^+]$. El valor oscila 0 y 14.

•Si el **pH** de una disolución es **7** como ocurre en el agua pura, dicha disolución es **neutra**. $H^+ = OH^-$

•Si el **pH** es **< 7**, la disolución es **ácida**. $H^+ > OH^-$.

•Si el **pH** es **> 7**, la disolución es **básica o alcalina**.

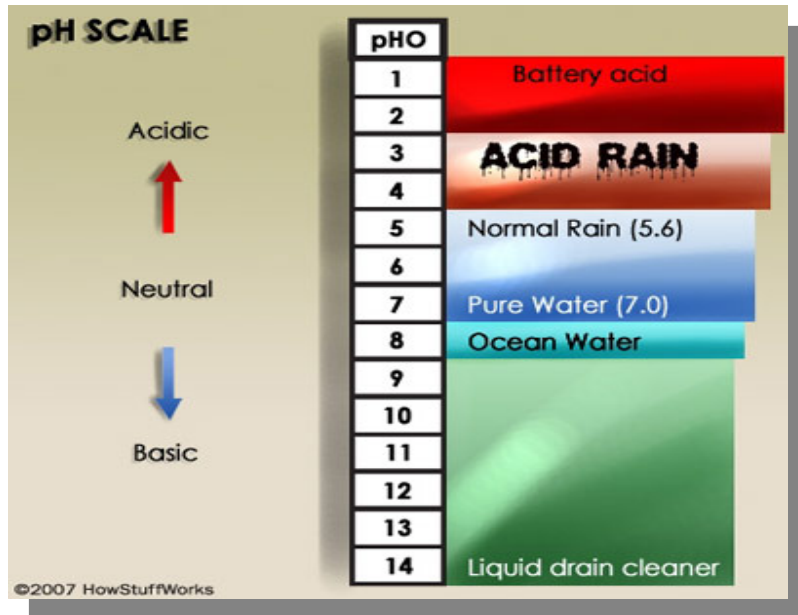
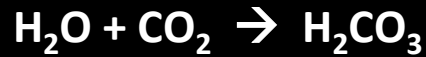
• $H^+ < OH^-$.

•La escala de pH es logarítmica, es decir que si aumenta o disminuye en una unidad significa que la concentración de H^+ se hará 10 veces menor o mayor.

▲ Figure 6.4.1 The pH scale

$$pH = -\log[H^+]$$

El agua de lluvia es ligeramente ácida por la reacción con el CO_2 y tiene un pH alrededor de 5,6.



El término “lluvia ácida” fue empleado por primera vez en el año 1872 pero ya a mediados del siglo XVIII ((1750) en Manchester, una de las primeras zonas industrializadas de Inglaterra, la gente notó la acidez de la lluvia y del aire. La acidez del agua de lluvia corroía los metales, desteñía la ropa puesta a tender, e incluso hacía enfermar a las personas y dañaba gravemente a los vegetales.

Se considera lluvia ácida cualquier precipitación que tenga un pH inferior a 5,6. En Europa, las lluvias con fuerte acidez, con un pH medio de 4,2, solo se dan en los países del centro de la región.

El pH medio en los demás países de Europa oscila entre 4,2 y 5,6. En España, Portugal, Italia y Grecia, salvo en casos muy localizados, no hay problemas de lluvia ácida porque suele haber en el aire partículas de polvo, algunas veces procedentes del Sáhara, que contienen diversas sales de calcio.

CONTAMINANTES PRIMARIOS

FUENTES DE LOS ÓXIDOS DE AZUFRE Y NITRÓGENO

Fuentes
naturales

óxidos de
azufre

- Las erupciones volcánicas
- La descomposición de la materia orgánica.

óxidos de
nitrógeno

- La acción bacteriana en el suelo.
- Las reacciones químicas en la atmósfera superior

Fuentes
antrópicas

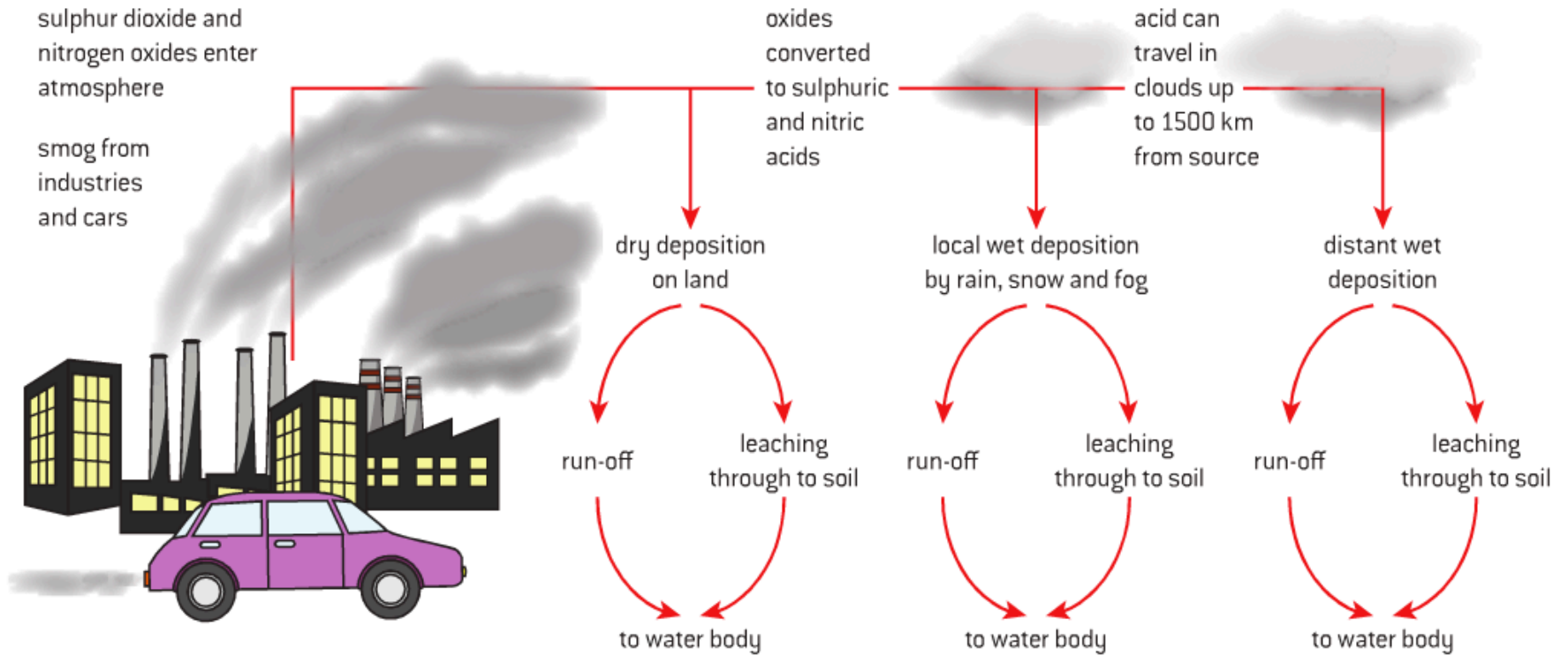
óxidos de
azufre

- Quema de combustibles fósiles (gas natural, petróleo y carbón) . (EL GAS NATURAL NO produce ÓXIDOS DE AZUFRE)
- Tráfico.
- Centrales térmicas.
- Combustión industrial.
- Amoniaco del estiércol.

óxidos de
nitrógeno

Los NO_x se forman en la fijación atmosférica y también tiene lugar a altas temperaturas durante la combustión de los combustibles fósiles. (el nitrógeno no es parte de los combustibles)

Acid rain



▲ Figure 6.4.4 The effects of acid deposition on soil, water and living organisms

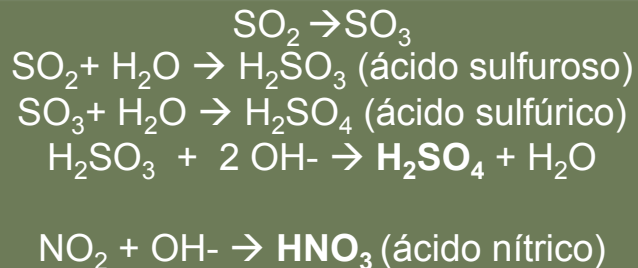
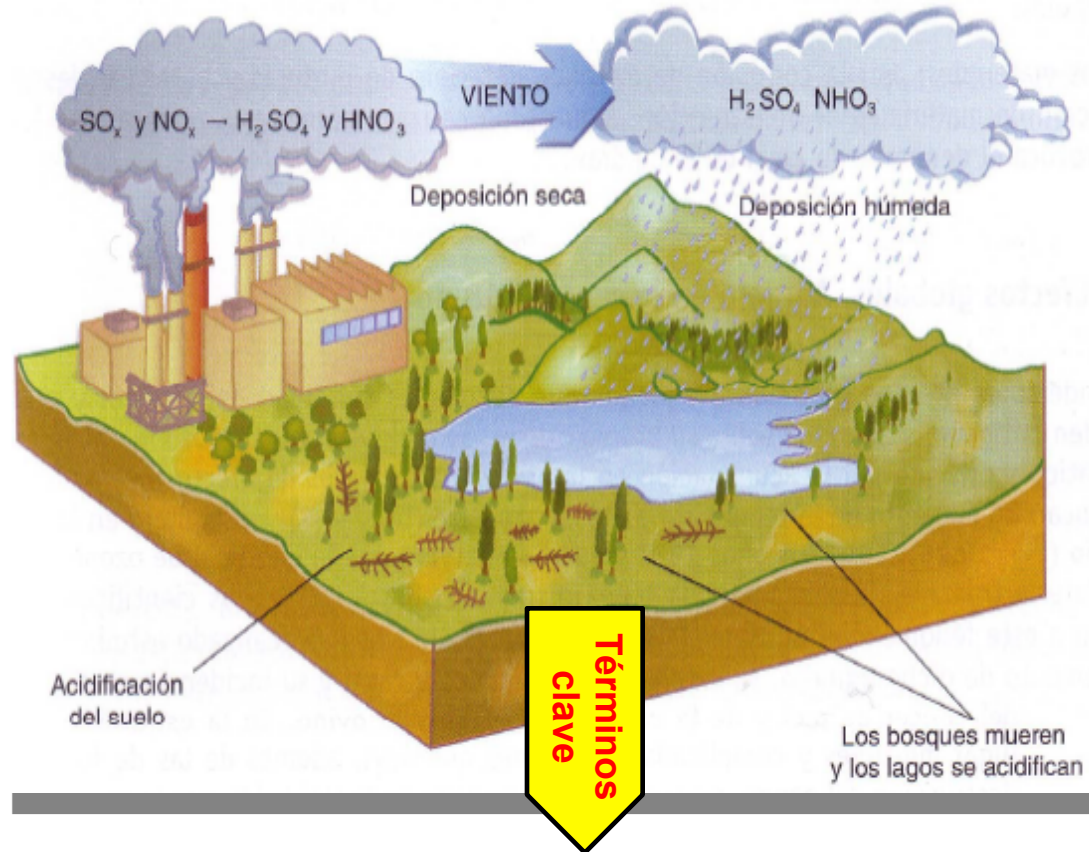
EFFECTOS REGIONALES o TRANSFRONTERIZOS: LLUVÍA ÁCIDA

Cuando los contaminantes vuelven a la superficie terrestre en zonas alejadas de los focos de emisión originan contaminación transfronteriza.

La **lluvia ácida** se debe al transporte, reacción, precipitación y depósito de los óxidos de nitrógeno y de azufre de dos formas:

Deposición seca: en forma gaseosa o como aerosoles (cenizas y partículas secas).

Deposición húmeda: se oxidan dando ácidos (sulfúrico y nítrico), que se disuelven con el agua en las nubes (lluvia y nieve).

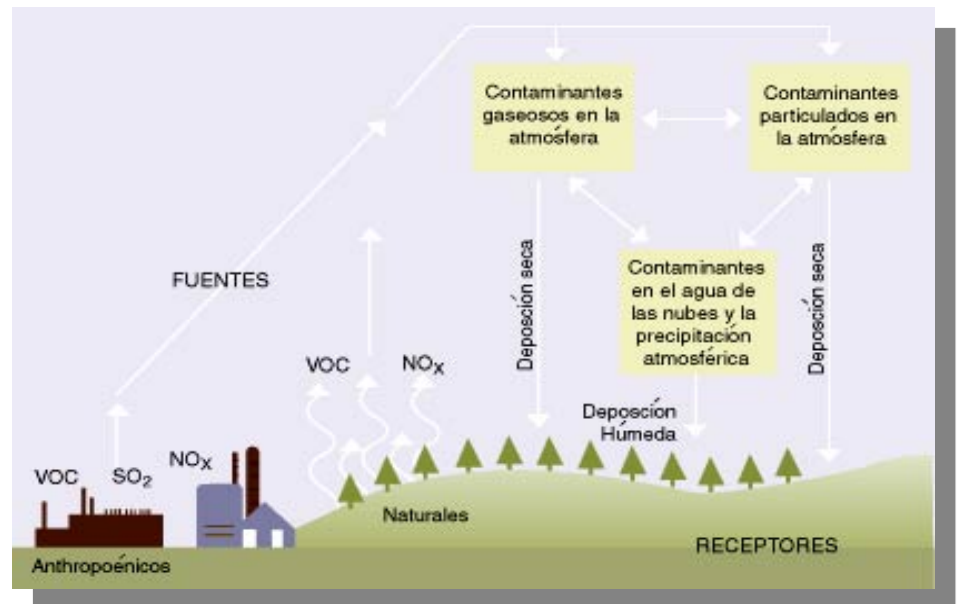
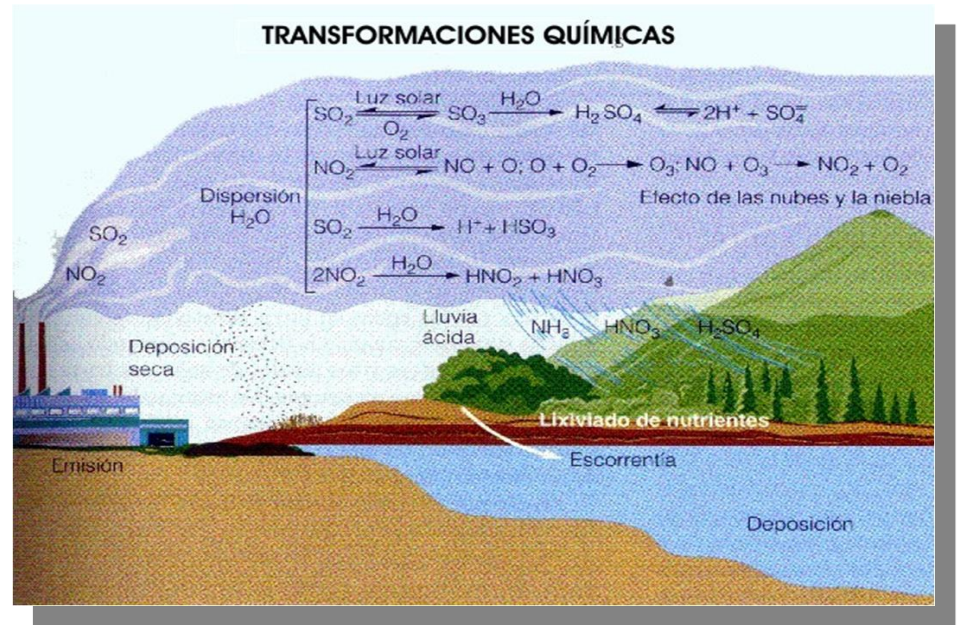


La combustión de combustibles fósiles produce dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno como contaminantes primarios. Estos gases pueden convertirse en **contaminantes secundarios de deposición seca** (como las cenizas y las partículas secas) o de **deposición húmeda** (como la lluvia y la nieve).

Pero si además reacciona con otros gases como **óxidos de azufre y nitrógeno** puede dar lugar a ácidos más fuertes que pueden volver a la superficie de dos formas:

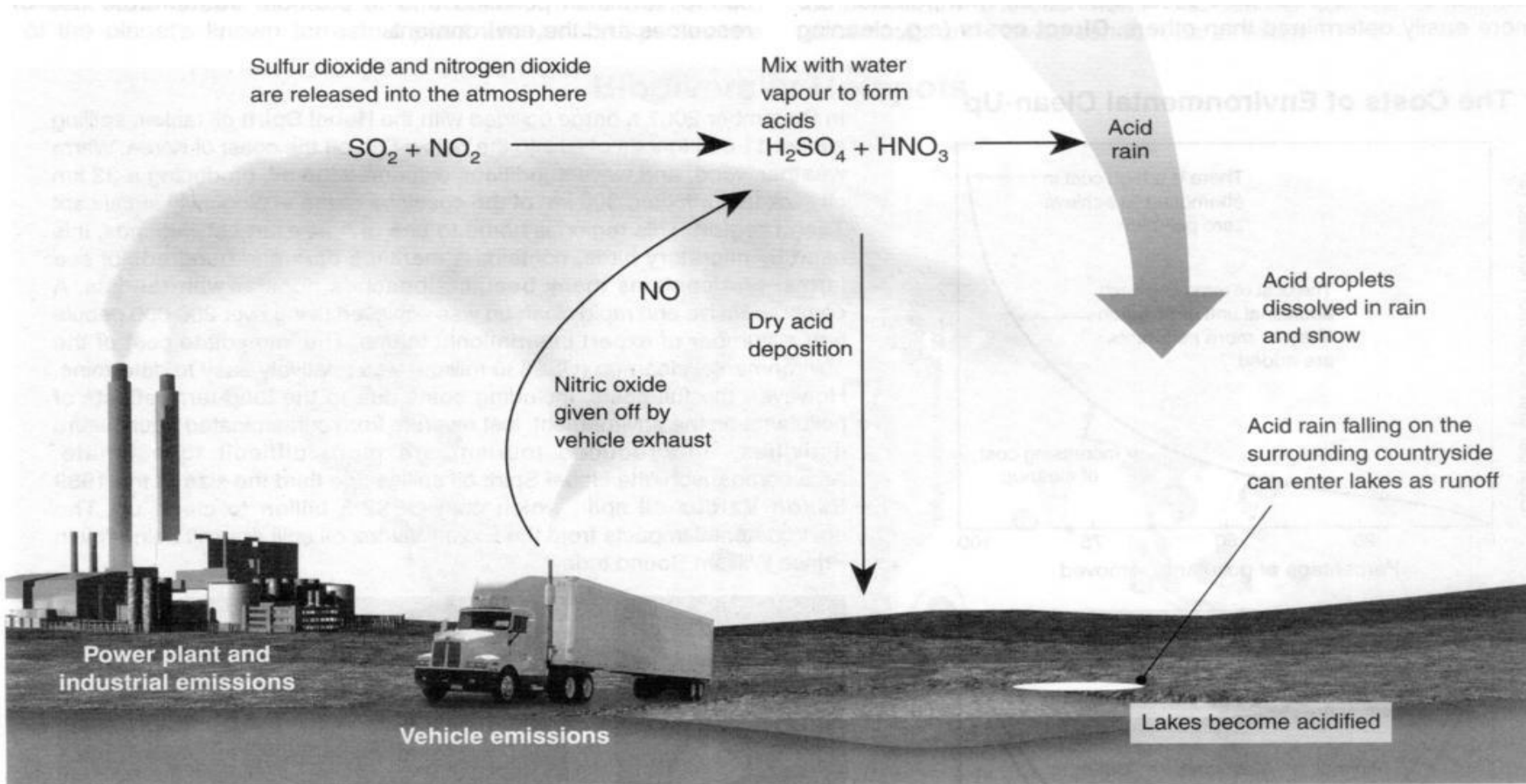
1. Deposición seca. en forma gaseosa o como aerosoles (cenizas y partículas secas).

2. Deposición húmeda. Como ácido sulfúrico y ácido nítrico disueltos en las gotas de agua de la lluvia o nieve y transportados a grandes distancias del foco emisor.



Proceso de Formación de la Lluvia ácida

[LLuvia ácida°](#)



Resuma como la combustión de combustibles fósiles puede ocasionar deposición (lluvia) ácida y nieblas contaminantes fotoquímicas.

Daños ocasionados por la lluvia ácida

Términos clave

Entre los posibles efectos de la deposición (lluvia) ácida en el suelo, el agua y los organismos vivos se incluyen:

- **Efecto directo:** *por ejemplo, ácido en organismos acuáticos y bosques de coníferas.*
- **Efecto tóxico indirecto:** *por ejemplo, aumento de la solubilidad de metales (como los iones de aluminio) en peces.*
- **Efecto indirecto sobre los nutrientes:** *por ejemplo, lixiviación de nutrientes de las plantas.*

Daños ocasionados por la lluvia ácida

ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

En ellos está muy demostrada la influencia negativa de la acidificación.

- La **reproducción de los animales** acuáticos es alterada, hasta el punto de que muchas especies de peces y anfibios no pueden subsistir en aguas con pH inferiores a 5,5.
- Especialmente grave es el efecto de la lluvia ácida en **lagos situados en terrenos de roca no caliza**, porque cuando el terreno es calcáreo, los iones alcalinos son abundantes en el suelo y neutralizan la acidificación; pero si las rocas son granitos, o rocas ácidas pobres en cationes, los lagos y ríos se ven mucho más afectados por una deposición ácida que no puede ser neutralizada por la composición del suelo.

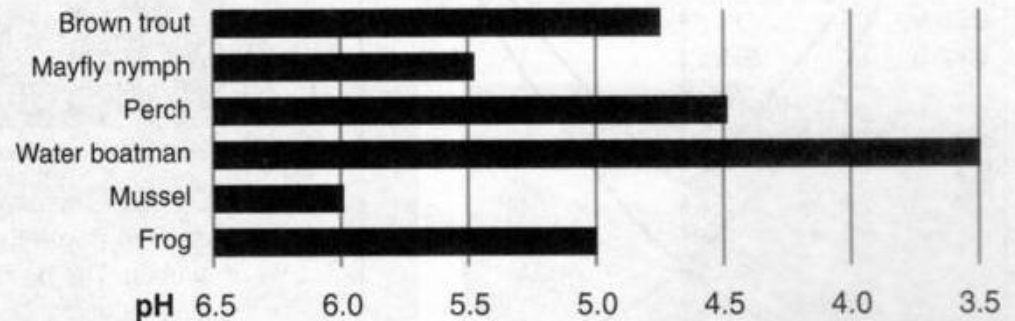


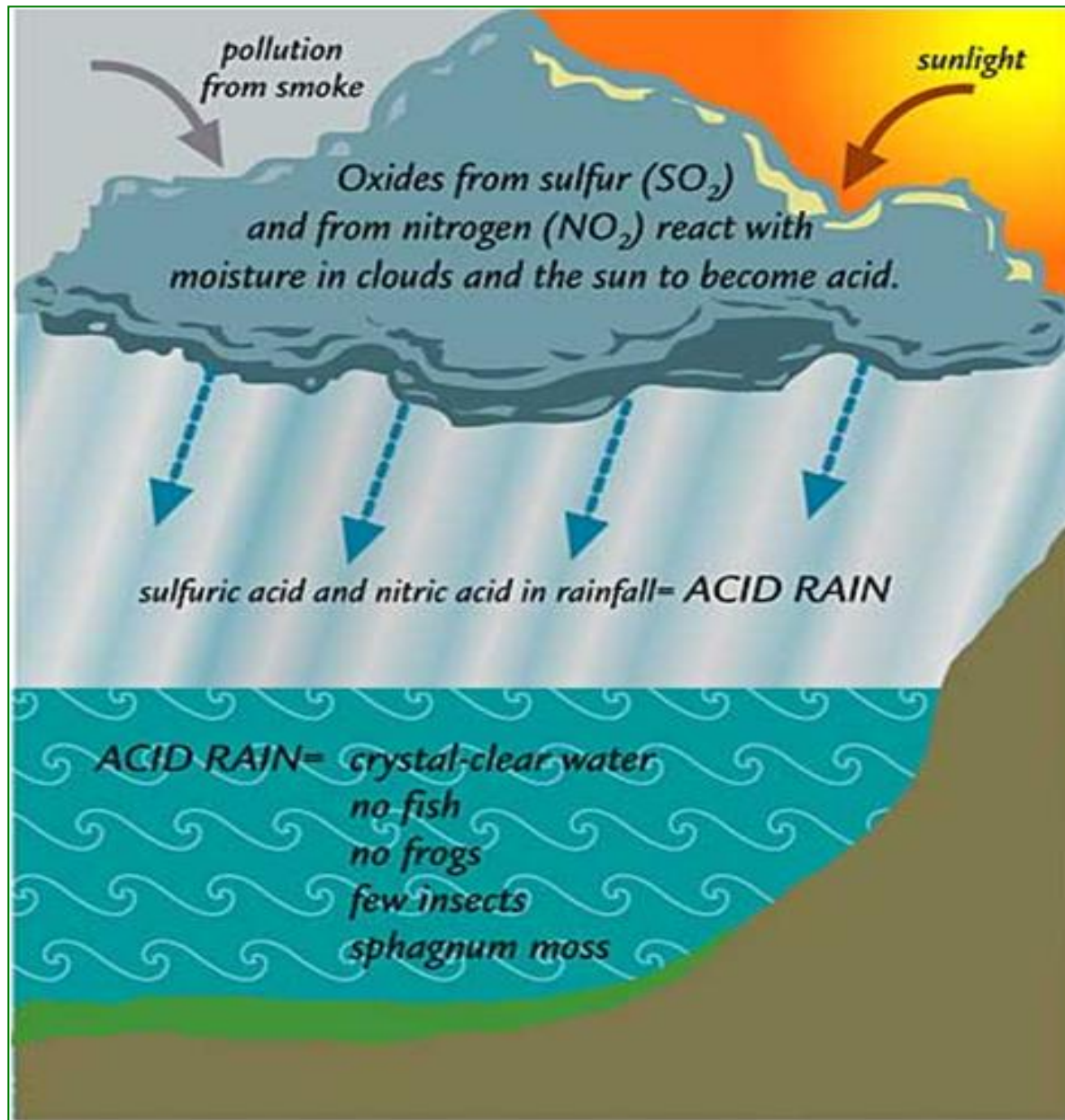
Observando la situación de cientos de lagos y ríos de Suecia y Noruega, entre los años 1960 y 1970, en los que se vio que el número de peces y anfibios iba disminuyendo de forma acelerada y alarmante, cuando se dio importancia a esta forma de contaminación.

- Las poblaciones de algas, plantas y animales acuáticos se dañan de varias maneras. El agua ácida interrumpe su ciclo reproductivo.
- Interviene en la **solubilidad del aluminio del suelo**, lo hace más soluble por lo que se transfiere a lagos y ríos.
 - ✓ Sobre los peces una baja concentración de aluminio produce un desequilibrio en la regulación de sales y agua de su cuerpo, inhibiendo la ingesta normal de oxígeno y sales, el desequilibrio de sales les lleva a respirar mal y esto les lleva a la muerte.
 - ✓ En altas concentraciones el aluminio se acumula en su forma sólida obstruyendo las branquias de los peces y provocando su asfixia.
- Además de lagos, las corrientes y ríos son también sensibles a los depósitos ácidos. Algunos de ellos pueden disminuir su pH al derretirse la nieve ácida en primavera. El exceso de ácido nítrico puede provocar un aumento de nitratos en los lagos, mares y océanos y la consiguiente EUTROFIZACIÓN de los mismos con sus dramáticas consecuencias.

Acidity Tolerance in Lake Organisms

Different aquatic organisms have varying sensitivities to higher acidity (lower pH). The graph on the right shows how much acidity certain species can tolerate. The absence of certain indicator species from a waterway can provide evidence of pollution in the recent past as well as the present.





ECOSISTEMAS TERRESTRES

- La lluvia ácida ocasiona el *crecimiento retardado, el daño o la muerte de los bosques*. En la mayoría de los casos, los daños causados por la lluvia ácida en los árboles ocurren debido a los efectos combinados de la lluvia ácida y esos factores ambientales causantes de estrés (sequía, plagas...)



- Sufren **abrasión** de sus partes verdes, principalmente las hojas; con estos órganos dañados la planta queda debilitada, retrasado su desarrollo, es fácilmente atacada por distintos tipos de parásitos, y con más sensibilidad a los periodos de sequía. Esto puede llegar a causar la muerte de grandes masas vegetales, como los bosques, y el deterioros más o menos importante de la producciones agrícolas.
- Los líquenes (asociaciones simbióticas de alga y hongo) son especialmente sensibles al SO_2 . Son utilizados como indicadores de la contaminación.



Los ***bosques situados en zonas de montaña*** sufren, además, ***nieblas ácidas*** que envuelven a las hojas y atacan su cutícula. La pérdida de esta capa daña las hojas y produce manchas de color castaño. Esto hace que disminuya la fotosíntesis de la planta y, por tanto, quede afectado su desarrollo. Si el proceso continúa las hojas se vuelven amarillas y se inicia la defoliación que provoca la muerte de las plantas.

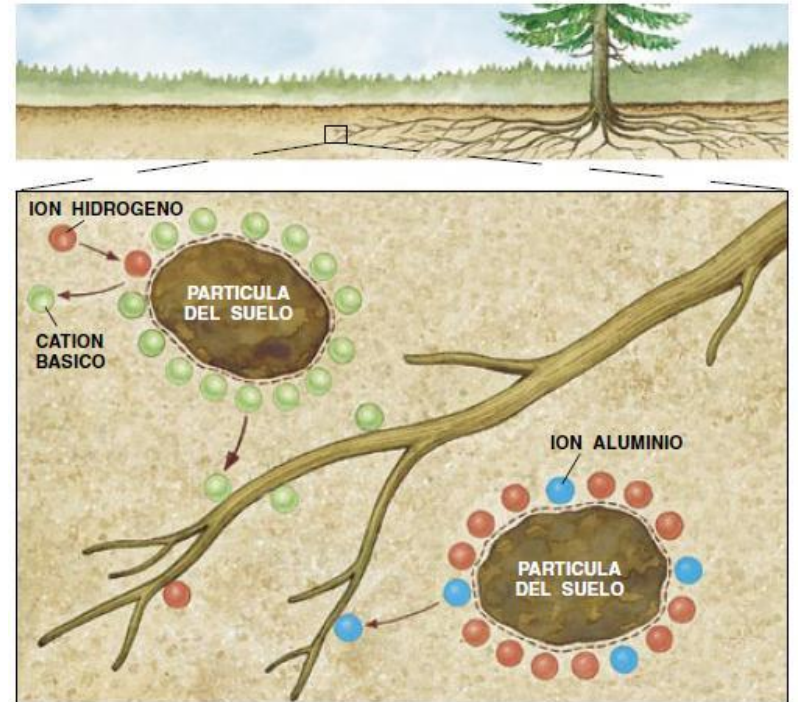


En Checoslovaquia y Polonia, millones de árboles han desaparecido debido a las lluvias ácidas causadas por contaminaciones locales de enorme intensidad.



EFFECTOS SOBRE EL SUELO

- El aumento de la acidez del suelo **destruye a los microorganismos** que lo forman, con lo que este se va deteriorando.
- Además, la persistencia de la lluvia ácida sobre el suelo puede facilitar la **pérdida de algunos nutrientes de las plantas como Ca, K y Mg**, ya que con el aumento de acidez aumenta su solubilidad y su pérdida por lixiviación. Los suelos se empobrecen más todavía.
- En este tipo de suelos, también se **inhibe la germinación de las semillas** y con ello la reproducción de las plantas.
- Se produce además la **solubilización de compuestos de metales tóxicos (cadmio, níquel, manganeso, plomo, mercurio, aluminio)** y puede aumentar el contenido de los mismos en las plantas y, a través de las cadenas alimenticias, también pueden verse afectados los animales. Si estos metales también son movilizados y conducidos a las corrientes de agua, pueden tener un efecto venenoso en animales acuáticos o en otros que solamente beben esta agua.
- **Inhiben la actividad de las bacterias fijadoras del nitrógeno** por lo que se empobrece el suelo de nitratos.



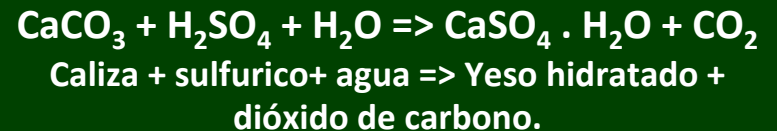
LOS CATIONES BÁSICOS (verde) que hay en el suelo proporcionan nutrientes para las plantas, que absorben las sustancias químicas a través de sus raíces. Típicamente, los cationes básicos se unen a partículas de humus o arcilla (izquierda). Pero cuando la lluvia ácida cae sobre el suelo, los hidrogeniones (rojo) de la lluvia desplazan a los cationes básicos, arrastrados después con las aguas. Con el tiempo, los hidrogeniones, junto con los iones aluminio (azul) liberados del suelo como resultado de la lluvia ácida, pueden acumularse sobre las partículas (derecha). El hidrógeno y el aluminio no se limitan a desplazar a nutrientes esenciales. También alteran la bioquímica de la planta; el aluminio, en particular, puede ser tóxico.

Incluso parece probable que las lluvias acidificadas pudiesen penetrar en las reservas de aguas subterráneas y aumentar la solubilidad de los metales tóxicos.

MATERIALES

Las construcciones, las estatuas y los monumentos de piedra sufren erosión por efecto de la lluvia ácida.

- Los materiales de construcción como acero, pintura, plásticos, cemento, mampostería, acero galvanizado, piedra caliza, piedra arenisca y mármol también están expuestos a sufrir daños.
- **MAL DE LA PIEDRA** Las piedras arenisca y caliza frecuentes en monumentos y esculturas, se corroen con más rapidez en el aire cargado de azufre que en el aire libre de azufre. Cuando los contaminantes azufrados se depositan en una superficie de piedra arenisca o caliza, reaccionan con el carbonato de calcio del material y lo convierten en sulfato de calcio (yeso), fácilmente soluble. La desfiguración y disolución de famosas estatuas y monumentos, como la Acrópolis de Atenas y tesoros artísticos de Italia se ha acelerado considerablemente en los últimos 30 años



El yeso es soluble en agua, esta reacción es similar a la que produce el ácido carbónico en la naturaleza en el modelado cárstico. El aumento de CO_2 en la atmósfera aumenta este efecto.



MAL DE LA PIEDRA

EFECTOS EN LA SALUD

- La lluvia ácida no causa daños directos a los seres humanos. Caminar bajo la lluvia ácida o incluso nadar en un lago ácido no es más peligroso que caminar o nadar en agua limpia.
- Sin embargo, los contaminantes que producen la lluvia ácida (SO_2 y NO_x) sí son perjudiciales para la salud humana:
 - Interactúan en la atmósfera y forman **partículas finas de sulfato y nitrato** que pueden ser transportadas por el viento a grandes distancias y ser inhaladas profundamente dentro de los pulmones de las personas.
 - Muchos estudios científicos han establecido una relación entre los niveles elevados de partículas finas y el aumento de las enfermedades y las muertes prematuras provocadas por problemas cardíacos y pulmonares, tales como el asma y la bronquitis.

Efectos del dióxido de azufre en la salud	
CONCENTRACIÓN (ppm)	EFECTOS
1 – 6	Broncoconstricción.
3 – 5	Concentración mínima detectable por el olfato.
8 – 12	Irritación de la garganta.
20	Irritación en los ojos y tos.
50 – 100	Concentración máxima para una exposición corta (30 min.)
400 – 500	Puede ser mortal, incluso en una exposición breve.

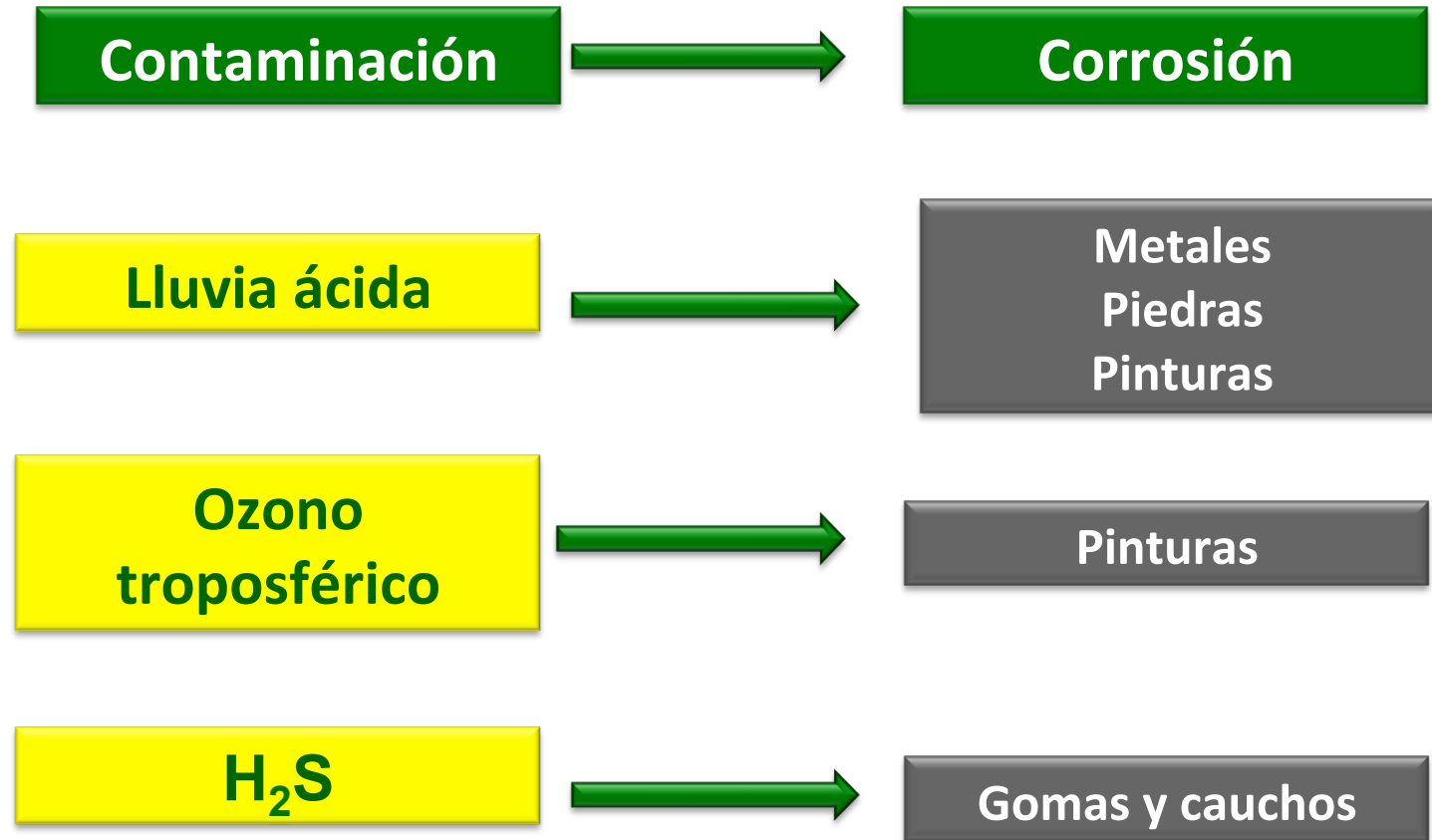
Efectos de los óxidos de nitrógeno en la salud

CONCENTRACIÓN ppm (mg/l)	EFEECTO
1 – 3	Concentración mínima que se detecta por el olfato.
3	Irritación de nariz, garganta y ojos
25	Congestión y enfermedades pulmonares
100 – 1000	Puede ser mortal, incluso tras una exposición breve.

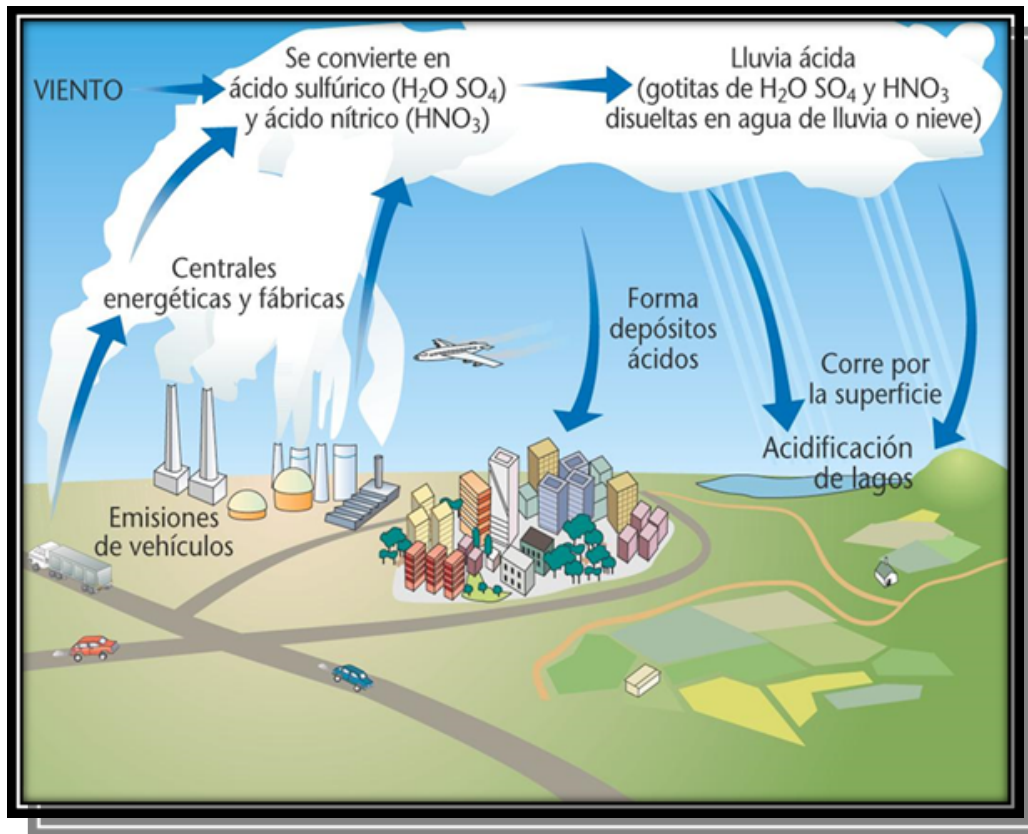
Deposiciones secas

Las deposiciones secas pueden ser tan destructivas o más que las deposiciones húmedas, especialmente sobre los suelos, porque pueden reaccionar con agua y posteriormente filtrarse al subsuelo (acidificación de aguas subterráneas) o incorporarse a las plantas por las raíces, y posteriormente pasar a las cadenas tróficas, además de hidrolizar iones metálicos tóxicos del suelo cuyos efectos pueden ser muy graves.

Efectos de la contaminación atmosférica sobre los materiales



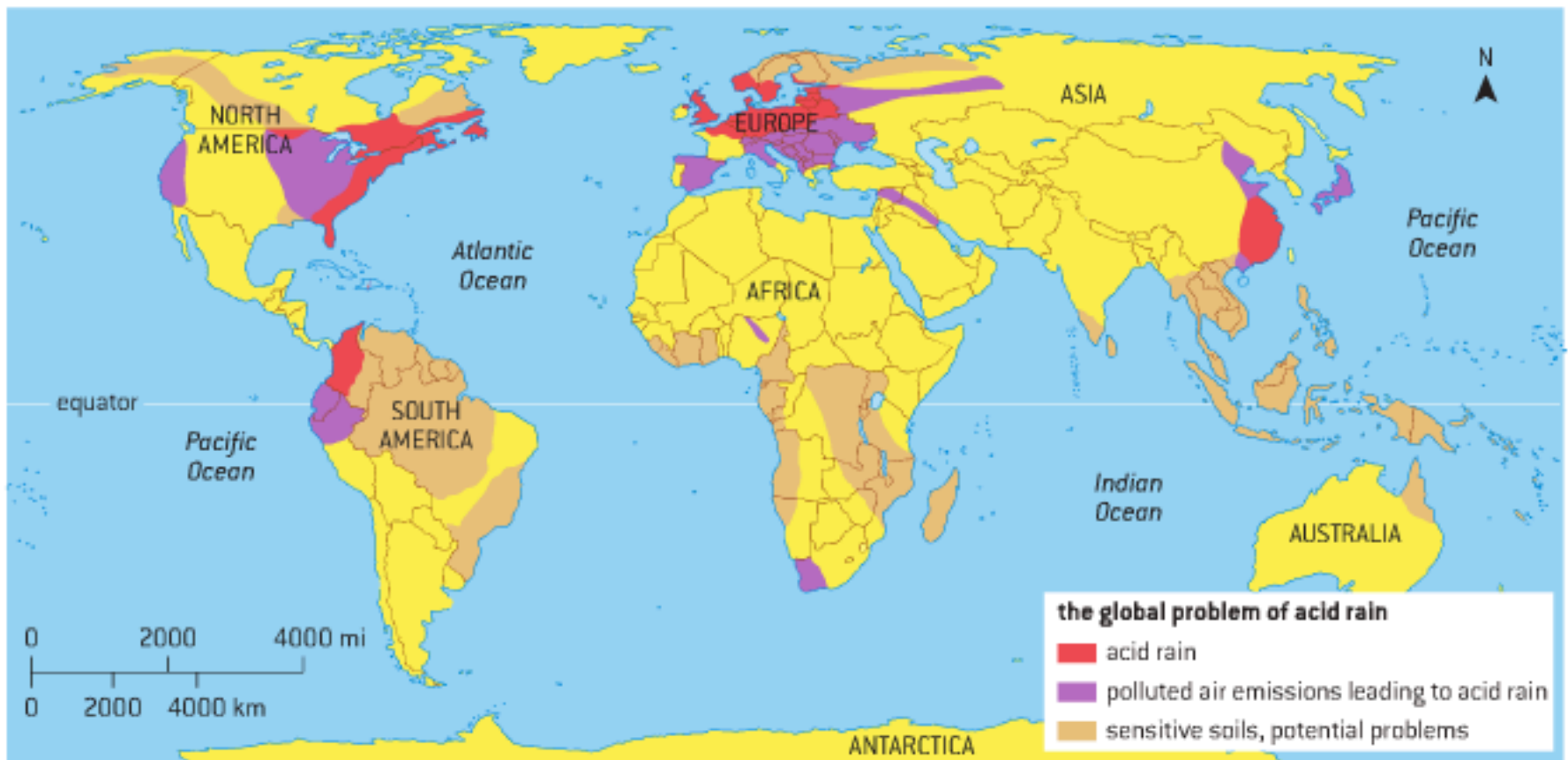
EFFECTOS REGIONALES o TRANSFRONTERIZOS: LLUVÍA ÁCIDA



La producción de ácidos sulfúricos y nítricos contaminantes y la descarga de las precipitaciones ácidas, suelen ocurrir en lugares distantes. Esto es debido a que las nubes que los contienen se desplazan, por la acción del viento, hasta 500 Km por día y, por lo tanto, los efectos de la lluvia ácida pueden tener lugar en naciones distintas de donde se encuentran las causas que las produjeron; por ello, se habla de contaminación transfronteriza.

Los contaminantes atmosféricos primarios que dan origen a la lluvia ácida pueden recorrer grandes distancias, siendo trasladados por los vientos cientos o miles de kilómetros antes de precipitar en forma de rocío, lluvia, llovizna, granizo, nieve, niebla o neblina. Cuando la precipitación se produce, puede provocar importantes deterioros en el ambiente.

Esto explica que gran parte de la lluvia ácida de los países escandinavos llegara, con las masas de aire contaminado por óxidos de azufre, procedentes de emisiones de las de las áreas industriales de Europa central (Polonia y Alemania) y Gran Bretaña. De la misma forma, las lluvias ácidas que caen en zonas de Canadá como Québec parecen tener su origen en zonas industriales del litoral oriental de Estados Unidos. La industrialización en China afecta al SE de Asia.



▲ **Figure 6.4.7** Regions of the world with most acid deposition impacts

Términos clave

Los efectos negativos de la deposición (lluvia) ácida pueden limitarse a áreas a sotavento de las principales regiones industriales, pero puede que estas áreas no se encuentren en el mismo país donde se encuentra la fuente de emisiones

ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE LAS DEPOSICIONES ÁCIDAS

(medidas para reducir las emisiones)

**Términos
clave**

Entre las estrategias de gestión de la contaminación por deposición (lluvia ácida se podrían incluir:

- *Modificar la actividad humana: por ejemplo, mediante la reducción del uso, o empleando alternativas a los combustibles fósiles; los acuerdos internacionales y los gobiernos nacionales pueden trabajar para reducir la producción de contaminantes mediante grupos de presión.*
- *Regular y monitorizar la liberación de contaminantes: por ejemplo, mediante el uso de depuradores o convertidores catalíticos que puedan eliminar el dióxido de azufre y los óxidos de nitrógeno de las centrales térmicas y vehículos.*
- *Las medidas de limpieza y restauración pueden incluir la distribución de caliza molida en lagos acidificados o la recolonización de sistemas deteriorados, si bien el alcance de dichas medidas es limitado.*

Strategy for reducing pollution	Example of action	Evaluation
Altering the human activity producing pollution	Replace fossil fuel use by using alternatives: <ul style="list-style-type: none"> • Ethanol to run cars. • Renewable energy sources for electricity. 	Also reduce CO ₂ emissions but we live in a fossil fuel reliant economy. Demand for power is ever increasing, particularly in India and China as they industrialize.
	Reduce overall demand for electricity – education campaigns in the population to turn lights off, insulate houses, etc.	
	Use less private transport – car pool, public transport, walk, cycle.	
	Use low sulphur fuels, remove sulphur before burning, or burn mixed with limestone.	
Regulating and reducing the pollutants at the point of emission	Clean-up technologies at 'end of pipe' locations (points of emission), eg scrubbing in chimneys to remove the sulphur dioxide.	Expensive and costs passed on to consumer. Catalysers are cost effective if well maintained but are expensive to buy.
	Catalytic converters convert nitrous oxides back to nitrogen gas.	
Clean up and restoration	Liming acidified lakes and rivers (see below).	Effective in restoring pH but has to be repeated regularly. Costly. Affects biodiversity in other ways. Treats symptoms and not the cause. Agreements are difficult to establish and to monitor.
	Recolonize damaged areas.	
	Liming forestry plantations. Trees acidify soils as they remove nutrients.	
	International agreements	

▲ **Figure 6.4.8** Table of replace, regulate and restore model of pollution management for acid deposition

ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE LAS DEPOSICIONES ÁCIDAS

(medidas para reducir las emisiones)

Con respecto a las medidas a tomar para evitar la **acidificación de las aguas**, la solución a **LARGO PLAZO** es la reducción de las emisiones:

- Medidas para reducir la combustión de combustibles fósiles como, por ejemplo, la reducción de la demanda de electricidad y de vehículos privados, y el cambio a fuentes de energía renovables. → Medida más efectiva
- Reducir al máximo el nivel de azufre en diferentes combustibles.
- Limpieza en los emplazamientos en puntos de emisión o descarga. Filtros en las centrales térmica.
- Acuerdos internacionales para llevar a cabo los cambios.

Con respecto las medidas a **CORTO PLAZO** tenemos:

- Neutralización de lagos y demás corrientes de aguas, mediante el agregado de una base (caliza), lo que provoca un aumento de pH. Causa la precipitación de aluminio y otros metales que luego sedimentan en el fondo y además está relacionado con la disminución en los niveles de mercurio en los peces.
- Adicción de un compuesto alcalino en lagos y ríos para neutralizar la acidez.

Sugiera dos estrategias diferentes que podrían haber conducido a la reducción de emisiones contaminantes de lluvias ácidas

Indique y evalúe algunas de las formas mediante las cuales se podrían reducir los efectos perjudiciales de la lluvia ácida.

Acuerdos internacionales

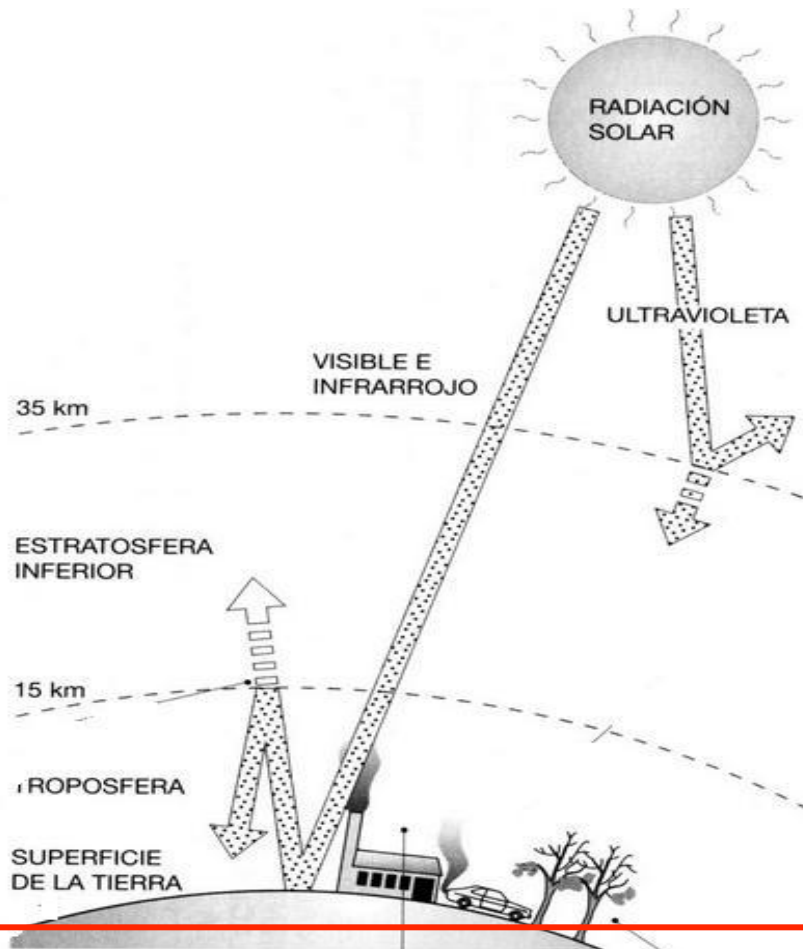
La **Convención de Contaminación Atmosférica Transfronteriza de Largo Alcance (LRTAP)** se firmó en 1979 y fue el primer acuerdo internacional que reconoció los problemas de la lluvia ácida asociados con el flujo transfronterizo de la contaminación del aire, y la necesidad de establecer soluciones regionales.

La Convención de Contaminación Aérea Transfronteriza a Larga Distancia de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas, pide una reducción de las emisiones de dióxido de azufre en su fuente. Abarca tanto a la Europa del Este como a la del Oeste y fue ratificado e implantado en 1983. En una reunión que tuvo lugar en Helsinki en 1985 se redactó un protocolo que fue rápidamente suscrito por 21 países. En él se exigía una reducción en las emisiones de dióxido de azufre de un 30% para el año 1993. Existe un segundo protocolo que congela las emisiones de óxido de nitrógeno.

La Comunidad Europea ha ido aún más lejos. Las grandes centrales energéticas de combustibles fósiles tendrían que haber reducido sus emisiones de dióxido de azufre sobre un 60% para el año 2003. En 1993, todos los automóviles nuevos vendidos en los países de la CE debían llevar instalado un catalizador, para reducir tanto las emisiones de óxidos de nitrógeno y como de otros contaminantes.

Los países industrializados empiezan por fin a hacer frente a la contaminación causante de la lluvia ácida. Incluso los EE.UU. y el Reino Unido, que se opusieron largo tiempo a cualquier control, empiezan a tomar medidas para reducir las emisiones. Los ambientalistas, no obstante, nos advierten que hacen falta recortes aún mayores. Es necesario, por ejemplo, reducir las emisiones de dióxido de azufre en un 90%. Hasta que esto ocurra, el azote de la lluvia ácida seguirá extendiéndose.

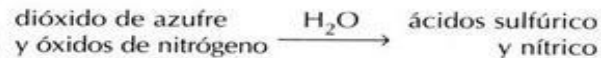
RESUMEN: LLUVIA ÁCIDA



LLUVIA ÁCIDA

Las actividades humanas originan gases ácidos

- El azufre y el nitrógeno de los combustibles fósiles se convierten en óxidos durante la combustión.
- En las nubes tiene lugar más oxidación y está catalizada por el ozono y los hidrocarburos sin quemar.
- Los óxidos se disuelven en agua y caen en forma de **lluvia ácida**.



La lluvia ácida causa problemas

- **Los suelos** se vuelven muy ácidos. Esto provoca la **lixiviación de los minerales** y la **inhibición de la descomposición**.
- **El agua de lagos y ríos** recoge minerales en exceso. Esto provoca la **muerte de peces e invertebrados**, de forma que se alteran las cadenas alimenticias.
- **Los árboles de los bosques se mueren** a causa de (a) la lixiviación de los iones y (b) la destrucción del tejido fotosintético.

La lluvia ácida se puede reducir

- disminuyendo las emisiones de los escapes de coche con **convertidores catalíticos**,
- disminuyendo las emisiones de las centrales eléctricas con **filtros**.
- usando fuentes de energía «más limpias», p.ej. energía hidráulica y nuclear.

BIBLIOGRAFÍA/PÁGINAS WEB

- ENVIRONMENTAL SYSTEMS AND SOCIETIES. RUTHERFORD, Jill. WILLIAMS, Gillian. Editorial Oxford.
- ECOLOGY. GREENWOOD, Trancey. SHEPHERD, Lyn. ALLAN, Richard. BUTLER, Daniel. Editorial BIOZONE International Ltd.
- Ciencias de la Tierra y Medioambientales. 2ºBachillerato. CALVO, Diodora, MOLINA, M^a Teresa, SALVACHÚA, Joaquin. Editorial McGraw-Hill Interamericana.
- Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. 2º Bachillerato. LUFFIEGO GARCÍA, Máximo, ALONSO DEL VAL, Francisco Javier, HERRERO MARTÍNEZ, Fernando, MILICUA ARIZAGA, Milagros, MORENO RODRÍGUEZ, Marisa, PERAL LOZANO, Carlota, PÉREZ PINTO, Trinidad.
- CIENCIAS DE LA TIERRA Y MEDIAMBIENTALES 2º Bachillerato. MELÉNDEZ, Ignacio, ANGUITA, Francisco. CABALLER, María Jesús. Editorial Santillana.
- IES. Cardenal Cisneros de Alcalá de Henares, Madrid. HERNÁNDEZ, ALBERTO.
- <http://www.epa.gov/acidrain/spanish/related.html>
- <http://www.andaluciainvestiga.com/espanol/cienciaAnimada/sites/gotafria.swf>
- <http://almez.pntic.mec.es/~jrem0000/dpbg/2bch-ctma/tema4/prediccion-tiempo.htm>
- http://www.atmos.washington.edu/2004Q4/211/09_OzoneDep.swf
- <http://www.bioygeo.info/Animaciones/Coriolis.swf>
- <http://www.bioygeo.info/Animaciones/CGA.swf>
- <http://www.bioygeo.info/Animaciones/Frentes.swf>
- http://www.educa.madrid.org/web/cc.nsdelasabiduria.madrid/CTMA_presentaciones.htm
- <http://chopo.pntic.mec.es/~ajimen18/GEOGRAFIA8/page6.html>
- http://www.classzone.com/books/earth_science/terc/content/visualizations/es1904/es1904page01.cfm?chapter_no=19
- <http://www.fecyt.es/fecyt/docs/tmp/-2062958544.pdf>
- <http://www.ieslosremedios.org/~elena/websociales/2bach/clima2b/corrienteenchorro.htm>
- http://www.juntadeandalucia.es/averroes/ies_a_einstein/documentos/biologiaT
- <http://www.marviva.org/imatges/meteo/celulas-hadley-2.jpg>
- <http://www.ieslosremedios.org/~pablo/webpablo/webctma/2atmosfera/GradientesVerticales.html>
- <http://www.slideshare.net/isaacbuzo/comentario-de-un-climograma>