

# La Lluvia ácida



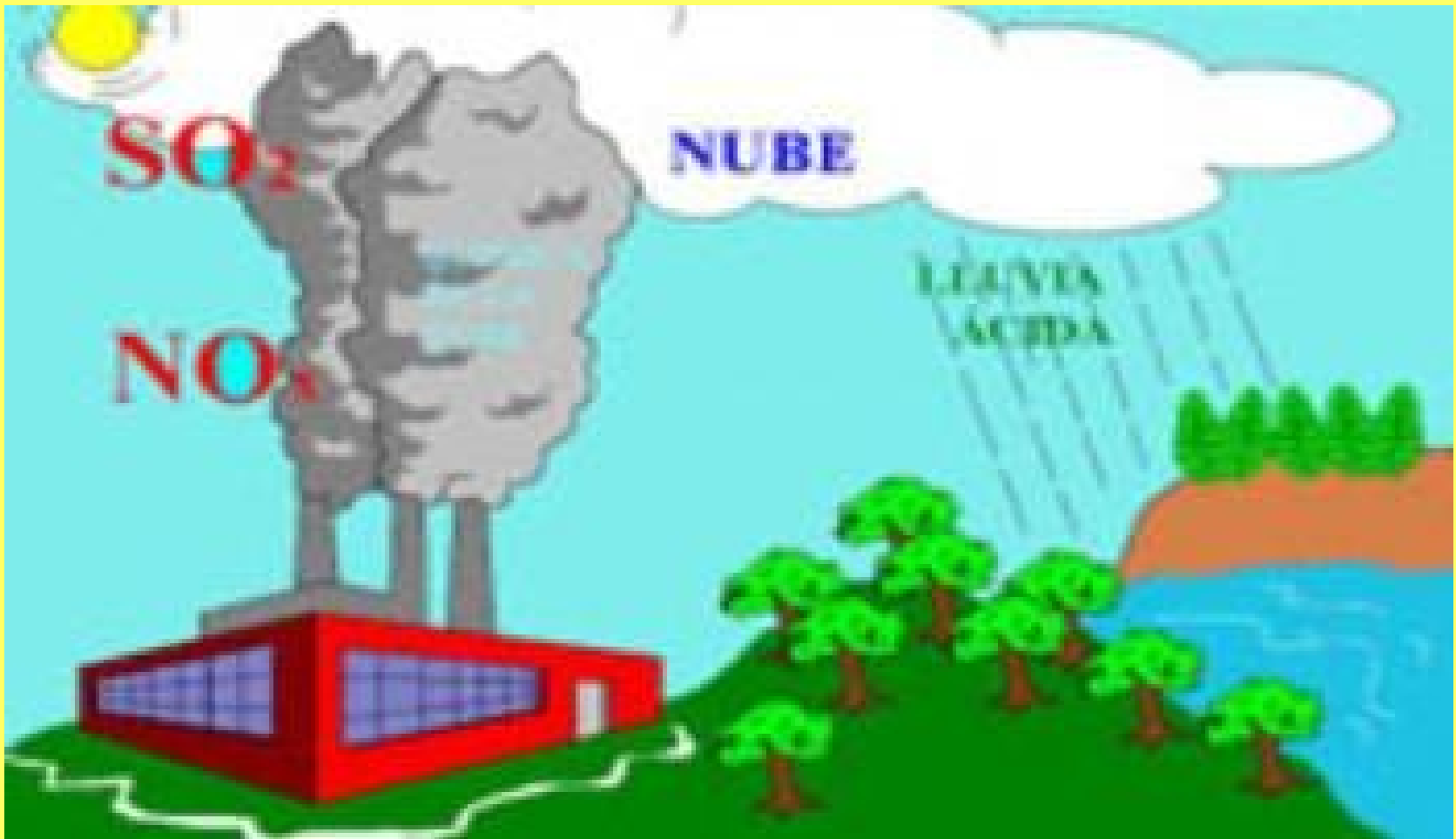
La lluvia ácida es un asunto de significativo interés ambiental y económico en el mundo.

# ¿Cómo se forma?



- La **lluvia ácida** se forma cuando la humedad en el aire interactúa con el óxido de nitrógeno y el dióxido de azufre emitido por fábricas, centrales eléctricas y automotores que queman carbón o aceite. Esta interacción de gases con el vapor de agua forma el ácido sulfúrico y los ácidos nítricos. Finalmente, estas sustancias químicas caen a la tierra en forma de precipitación o lluvia ácida.

# Representación de la lluvia ácida



- ***La lluvia ácida se forma generalmente en las nubes altas donde el SO<sub>2</sub> y los NO<sub>x</sub> reaccionan con el agua y el oxígeno, formando una solución diluida de ácido sulfúrico y ácido nítrico. La radiación solar aumenta la velocidad de esta reacción.***

- La lluvia ácida se forma gracias a reacciones como:



- **Las reacciones químicas directas del nitrógeno generalmente requieren altas temperaturas, debido a su poca reactividad química. Su reacción con el oxígeno puede efectuarse usando una descarga eléctrica de alto voltaje:**
- **$N_2 + O_2 \text{ -----} \rightarrow 2 NO$ . (Óxido nítrico, gas incoloro).  $2 NO(G) + O_2(G) \text{ -----} \rightarrow 2 NO_2(G)$ . (Bióxido de nitrógeno, gas café).**

□ El dióxido de nitrógeno existe en equilibrio con su dímero, el tetróxido de dinitrógeno,  $N_2O_4$ , que es un gas incoloro y se licua a  $21.3^\circ C$ .

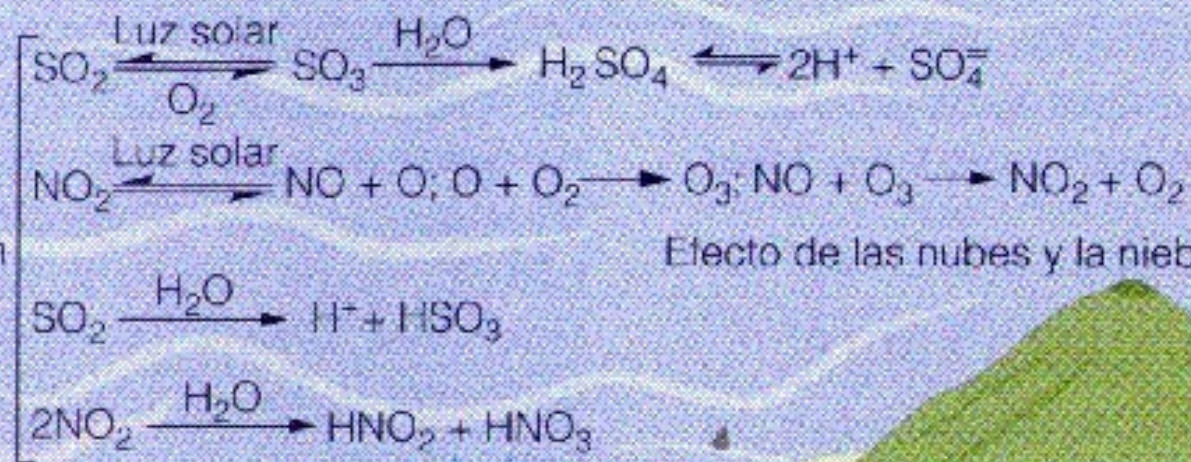


□ El dióxido de nitrógeno se descompone por la acción de la luz solar en óxido nítrico y oxígeno atómico (es muy reactivo).

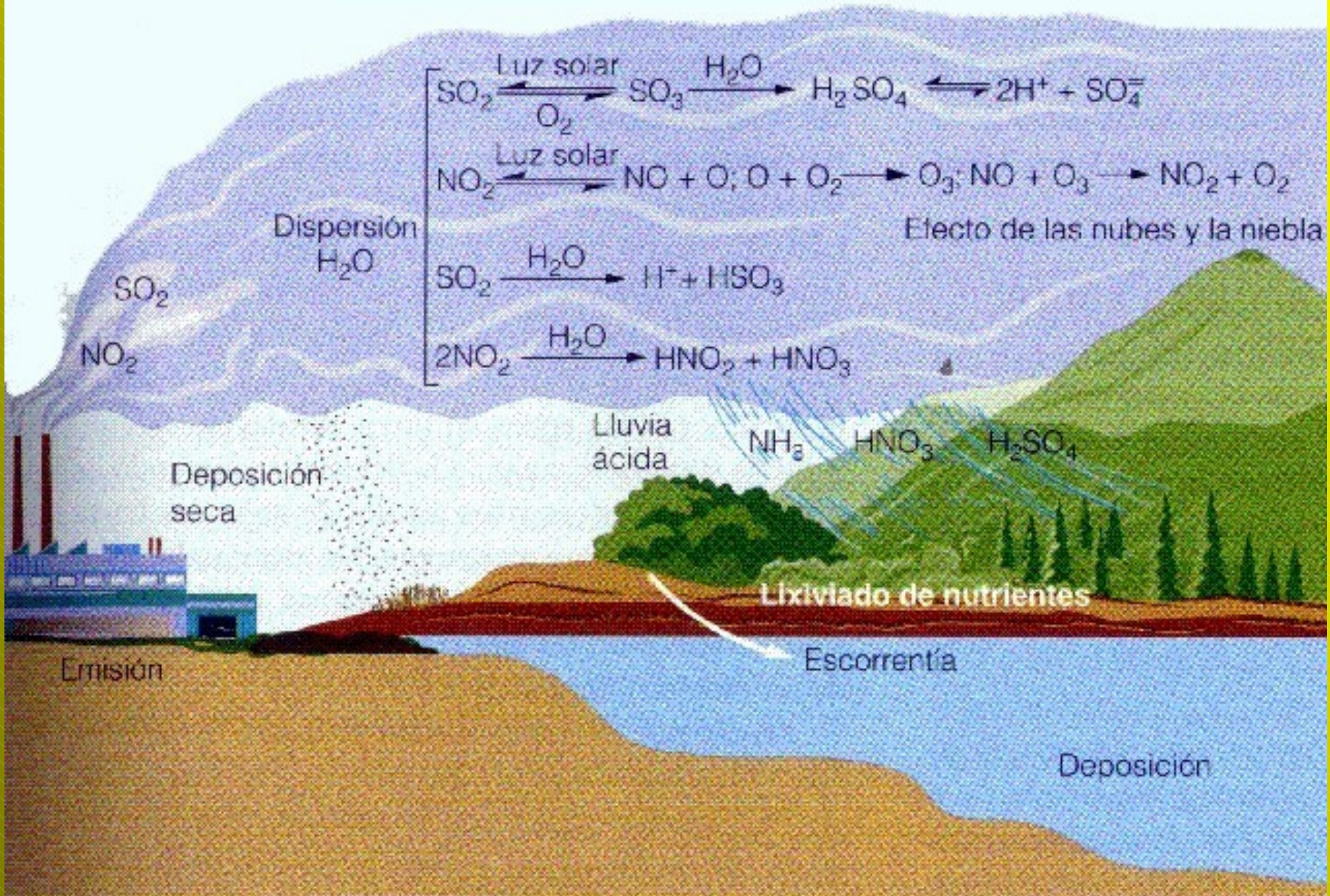




# TRANSFORMACIONES QUÍMICAS



Efecto de las nubes y la niebla

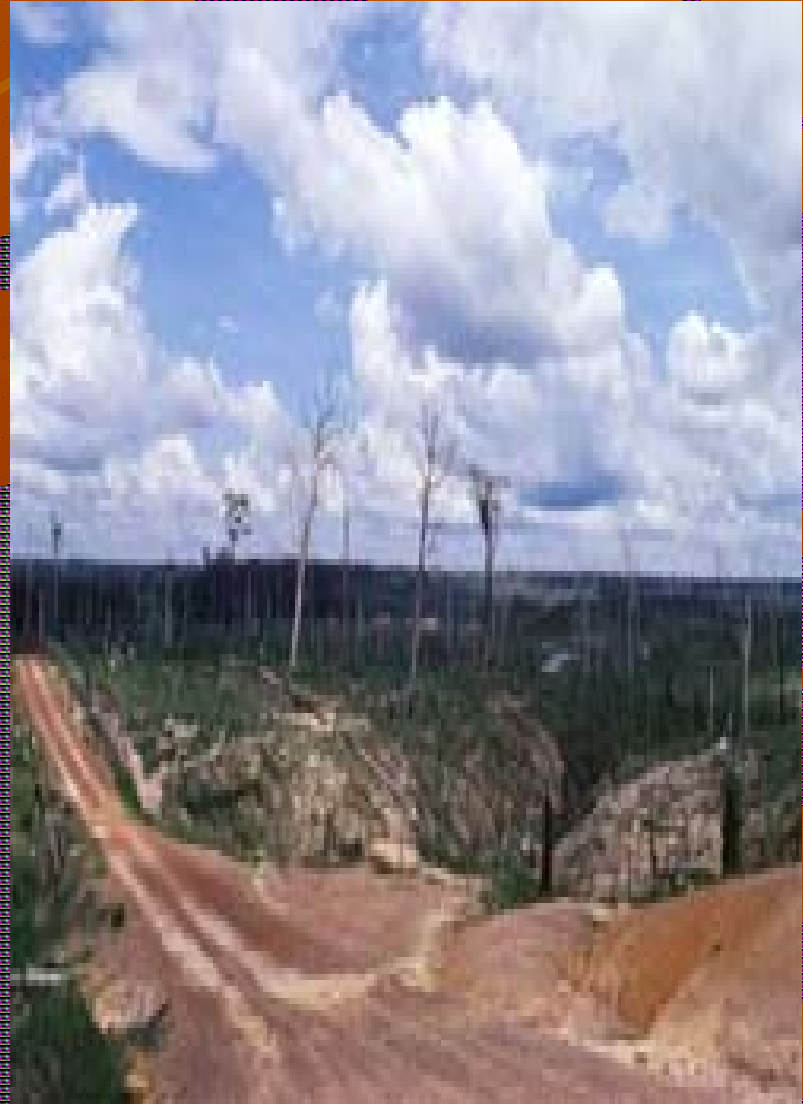


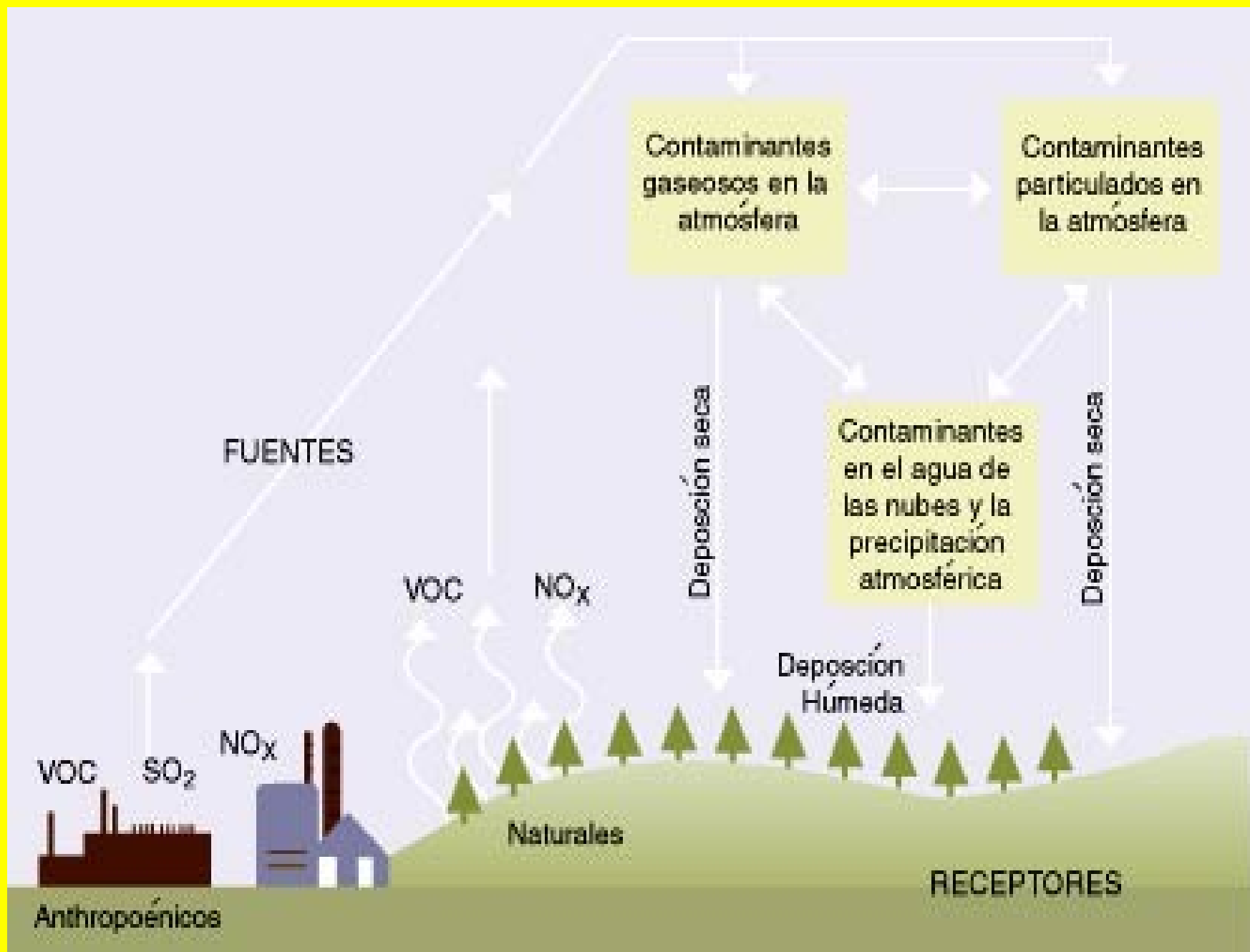


- ◆ El dióxido de nitrógeno se combina con el agua produciendo ácido nítrico y óxido nítrico o ácido nítrico y ácido nitroso, según la cantidad de bióxido de nitrógeno que reaccione con el agua:
- ◆  $3 \text{ NO}_2 (\text{G}) + \text{ H}_2\text{O}(\text{V}) \text{ -----} \rightarrow 2 \text{ HNO}_3(\text{L}) + \text{ NO}(\text{G}) .$
- ◆  $2 \text{ NO}_2 (\text{G}) + \text{ H}_2\text{O}(\text{V}) \text{ -----} \rightarrow \text{ HNO}_3(\text{L}) + \text{ HNO}_2 (\text{L}).$

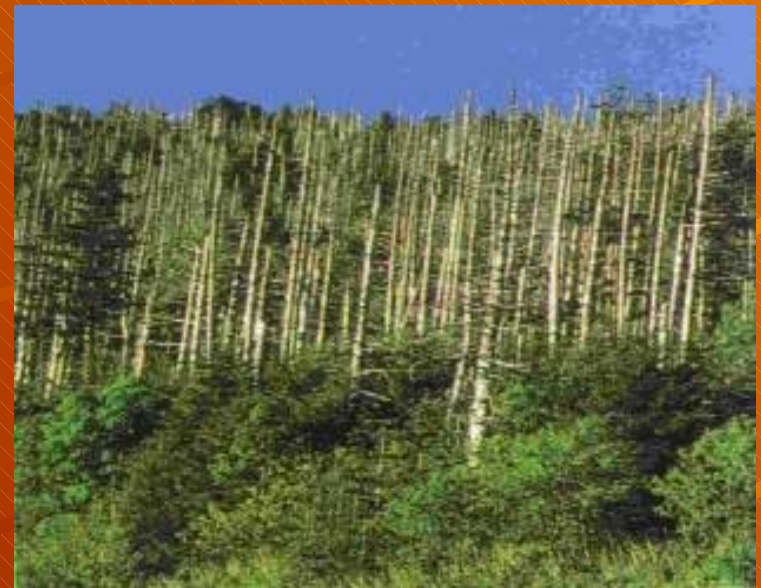


- **A través del ciclo hidrológico, el agua se mueve en plantas y animales, ríos, lagos y océanos, evaporándose a la atmósfera y formando nubes que viajan empujadas por el viento, de tal suerte que si transportan contaminantes, éstos pueden alcanzar casi cualquier lugar sobre la superficie terrestre.**





✦ **La lluvia, la nieve, la niebla y otras formas de precipitación arrastran estos contaminantes hacia las partes bajas de la atmósfera, depositándolos sobre las hojas de las plantas, los edificios, los monumentos y el suelo.**





- **A través del ciclo hidrológico, el agua se mueve en plantas y animales, ríos, lagos y océanos, evaporándose a la atmósfera y formando nubes que viajan empujadas por el viento, de tal suerte que si transportan contaminantes, éstos pueden alcanzar casi cualquier lugar sobre la superficie terrestre.**



# ¿Cómo medimos la lluvia ácida?

La lluvia ácida se mide utilizando una escala llamada "pH". Cuanto más bajo es el pH de una sustancia, mayor es su acidez.

El agua pura tiene un pH de 7,0. La lluvia normal es levemente ácida porque el dióxido de carbono se disuelve en la misma, de modo que tiene un pH de alrededor de 5,5.

*Cuando la lluvia tiene valores de pH menores a 5.6 se le llama lluvia ácida.*

■ Una disolución se puede clasificar como:

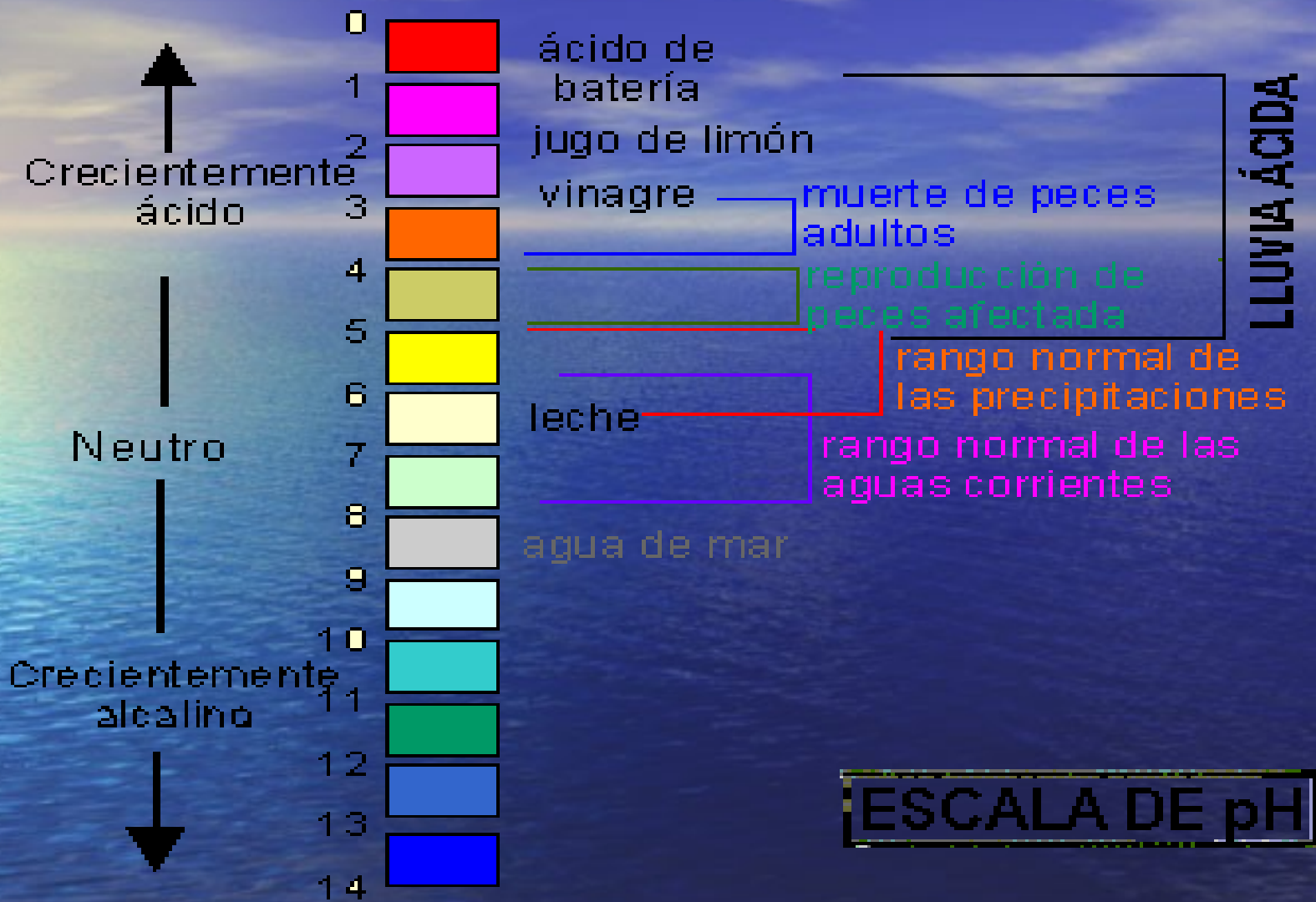
■ Ácida  $\text{pH} < 7$

■ Neutra  $\text{pH} = 7$

■ Alcalina  $\text{pH} > 7$







Cortesía de Environment Canada (<http://www.ns.ec.gc.ca/>)



# ¿Qué consecuencias tiene?

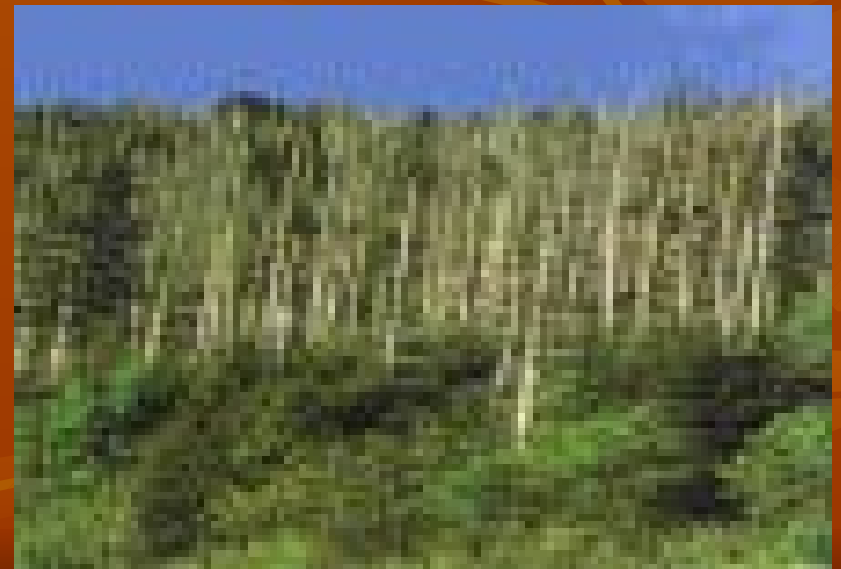


- **Los productos del hombre, monumentos y edificios, son más susceptibles a la acción de la lluvia ácida. Muchas ruinas han desaparecido o están en vías de hacerlo, a causa de este factor.**



- **La sensibilidad a la acidificación es mayor en aquellas tierras donde la degradación de los minerales se produce lentamente. Cuando el suelo se acidifica, es esencial que sus nutrientes se lixivien, lo cual reduce la fertilidad de la tierra. Además, el proceso de acidificación también libera metales que pueden dañar a los microorganismos del suelo responsables de la descomposición .**

- **En el suelo, la acidez penetra en la tierra y afecta las raíces de los árboles, al tiempo que sus hojas se ven afectadas también directamente por las gotas de lluvia que reciben. El proceso de envenenamiento de la flora termina con la muerte de las plantas y árboles.**



- *Los efectos de la lluvia y la precipitación ácida en lagos y corrientes de aguas implica la muerte de crustáceos, insectos acuáticos y moluscos y la desaparición del fitoplancton, lo que provoca con el tiempo la imposibilidad de supervivencia del resto de la fauna por falta de alimento y vuelve los lagos transparentes.*





- **Los organismos adultos pueden ser mucho más resistentes a la acidez, no obstante, cuando los huevos o los jóvenes son afectados por ella, o cuando el alimento natural que los sostiene es abatido por la acidez, los adultos se debilitan o la población merma y puede llegar a desaparecer.**



	pH 6.5	pH 6.0	pH 5.5	pH 6.0	pH 4.5	pH 4.0
TRUCHA						
LUBINA						
PERCA						
RANAS						
SALAMANDRAS						
ALMEJAS						
CANGREJO DE RÍO						
CARACOLES						
EFÍMERAS						

- La consecuencia de la lluvia ácida en el ser humano determina un incremento muy importante de las afecciones respiratorias (asma, bronquitis crónica, síndrome de Krupp, etcétera) y un aumento de los casos de cáncer.



# Otros efectos de los contaminantes distintos de la acidificación

- *Eutrofización. La deposición de nitrógeno procedente de las emisiones de óxidos de nitrógeno y amoníaco, conduce a un excesivo nivel de nutrientes en ambientes que normalmente son pobres, causando un declive de la biodiversidad. Así mismo, el exceso de nitrógeno también es un problema en los mares y océanos, donde el desarrollo anormal de la masa de algas provoca el empobrecimiento en oxígeno.*



# ¿Qué tipos de deposición ácida hay?

- Hay dos tipos:
    - La deposición húmeda** se refiere a la lluvia, la niebla y la nieve ácidas.
    - La deposición seca** se refiere a los gases y partículas ácidos.
- Aproximadamente la mitad de la acidez que hay en la atmósfera vuelve a la tierra en forma de deposición seca.

# *¿Qué consecuencias tiene?*



- *Los productos del hombre, monumentos y edificios, son más susceptibles a la acción de la lluvia ácida. Muchas ruinas han desaparecido o están en vías de hacerlo, a causa de este factor.*



- ***La sensibilidad a la acidificación es mayor en aquellas tierras donde la degradación de los minerales se produce lentamente. Cuando el suelo se acidifica, es esencial que sus nutrientes se lixivien, lo cual reduce la fertilidad de la tierra. Además, el proceso de acidificación también libera metales que pueden dañar a los microorganismos del suelo responsables de la descomposición***



# *¿Qué es la niebla ácida?*

- *Si bien la lluvia ácida es dañina para la salud de los humanos, los seres vivos y en general para el ambiente, la neblina ácida parece que la desplazará en importancia y preocupación por los efectos nocivos que tendrá en el ambiente.*





- ***Se sabe que la niebla puede contener elevadas concentraciones de sulfatos y nitratos muy ácidos, hasta 100 veces más el promedio de la lluvia.***

***El agua de la niebla es más ácida que el agua de la lluvia debido a que la niebla se forma cerca de la tierra, donde la concentración es mayor.***

- *Debido a que las gotitas de agua de la niebla contienen mucha menos agua que las gotas de lluvia, no diluyen la acidez tanto que la lluvia, de ahí que cuando se forma la niebla, sus pequeñas gotas sean altamente ácidas.*



# Tambien se produce lluvia ácida de forma natural.

- *Fenómenos naturales como erupciones volcánicas (emisiones de SO<sub>2</sub>), incendios forestales (CO<sub>2</sub>), actividad microbiana.*

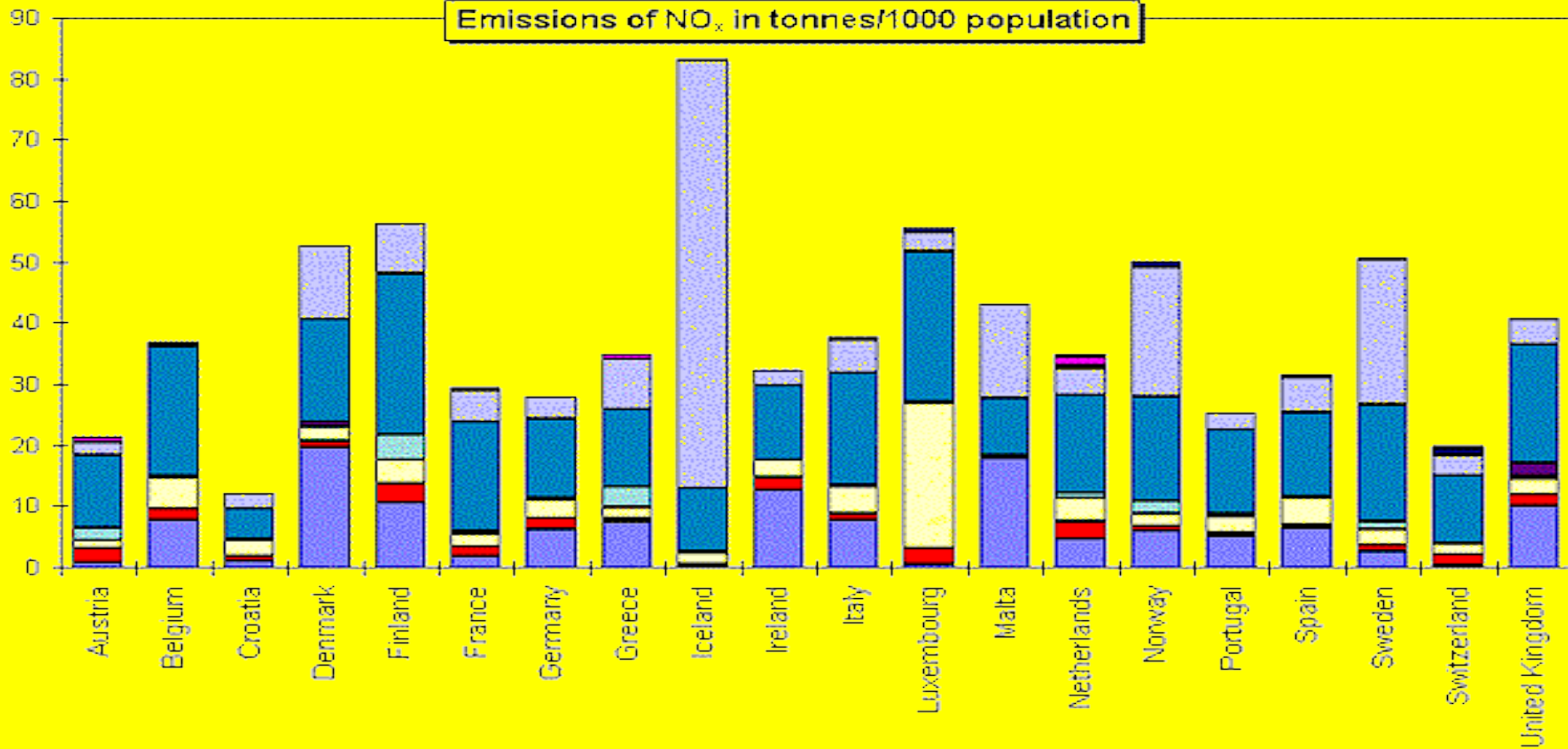


# ¿Qué podemos hacer?

- *Mejora en la calidad de los combustibles*
  - *Formulación de combustibles con aditivos*
  - *Reducción del contenido de azufre en gasolinas para el 2006 (300 ppm para Magna y 50 ppm para Premium)*
  - *Promover la inversión en investigación*
- *Reducción de emisiones*
  - *Instalar quemadores bajos en NO<sub>x</sub> (PEMEX)*
  - *Cambios en el patrón de uso de combustibles (CFE y LFC) de combustóleo a gas natural*
  - *Promover el cambio de tecnología de plantas termoeléctricas hacia ciclo combinado o en su caso instalar sistemas de control de emisiones a la atmósfera.*



Emissions of NO<sub>x</sub> in tonnes/1000 population

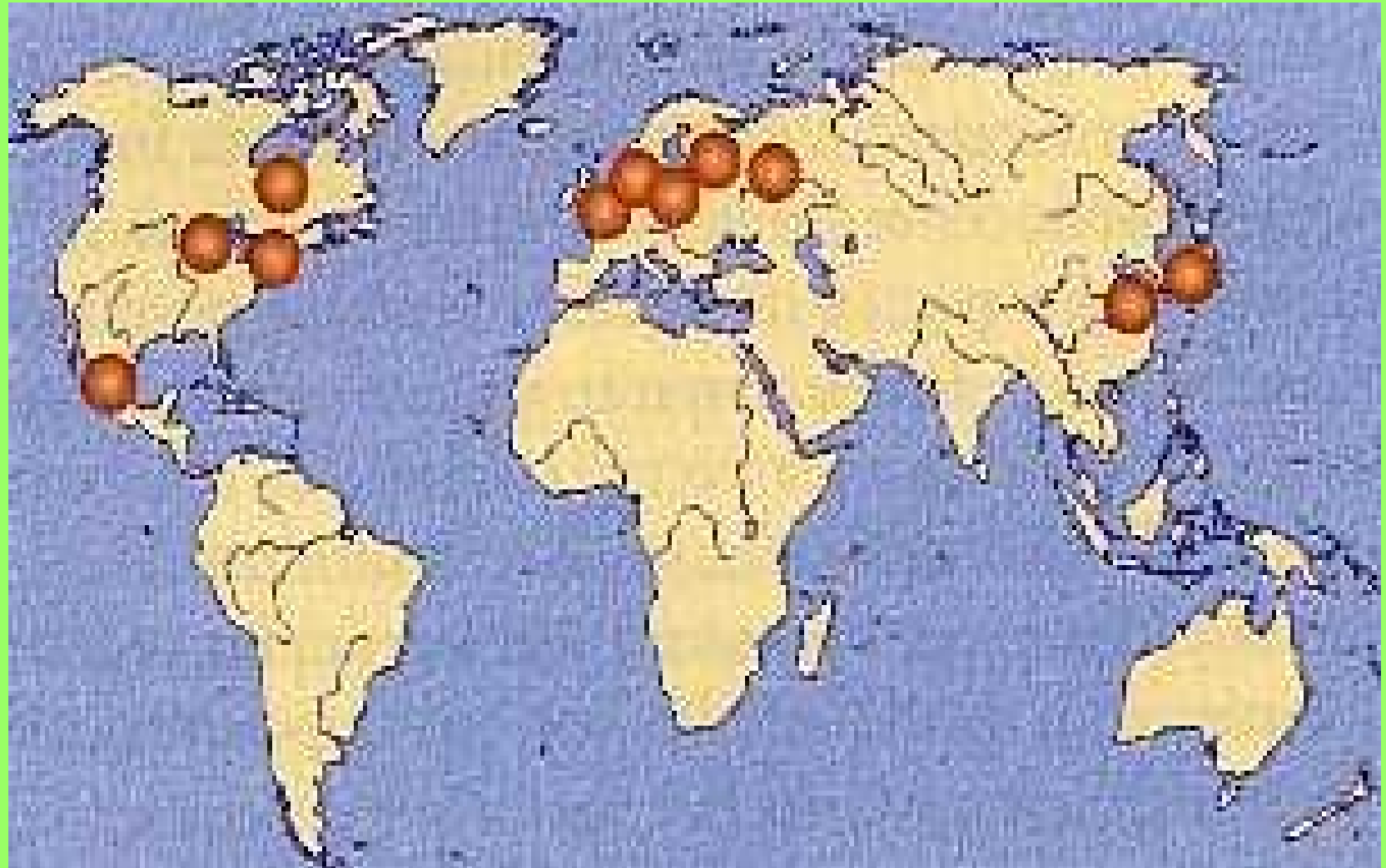


Source Categories

- 1 Combustion in energy and transformation industries
- 2 Non-industrial combustion plants
- 3 Combustion in manufacturing industry
- 4 Production processes
- 5 Extraction and distribution of fossil fuels/ geothermal energy
- 6 Solvent and other product use
- 7 Road transport
- 8 Other mobile sources and machinery
- 9 Waste treatment and disposal
- 10 Agriculture and forestry, land use and wood stock change
- 11 Nature

Tomado de CORINAIR 94  
 autora: sarah.espenhahn@ecat.co.uk

# La lluvia ácida en el mundo



# *La lluvia ácida en el 2010*

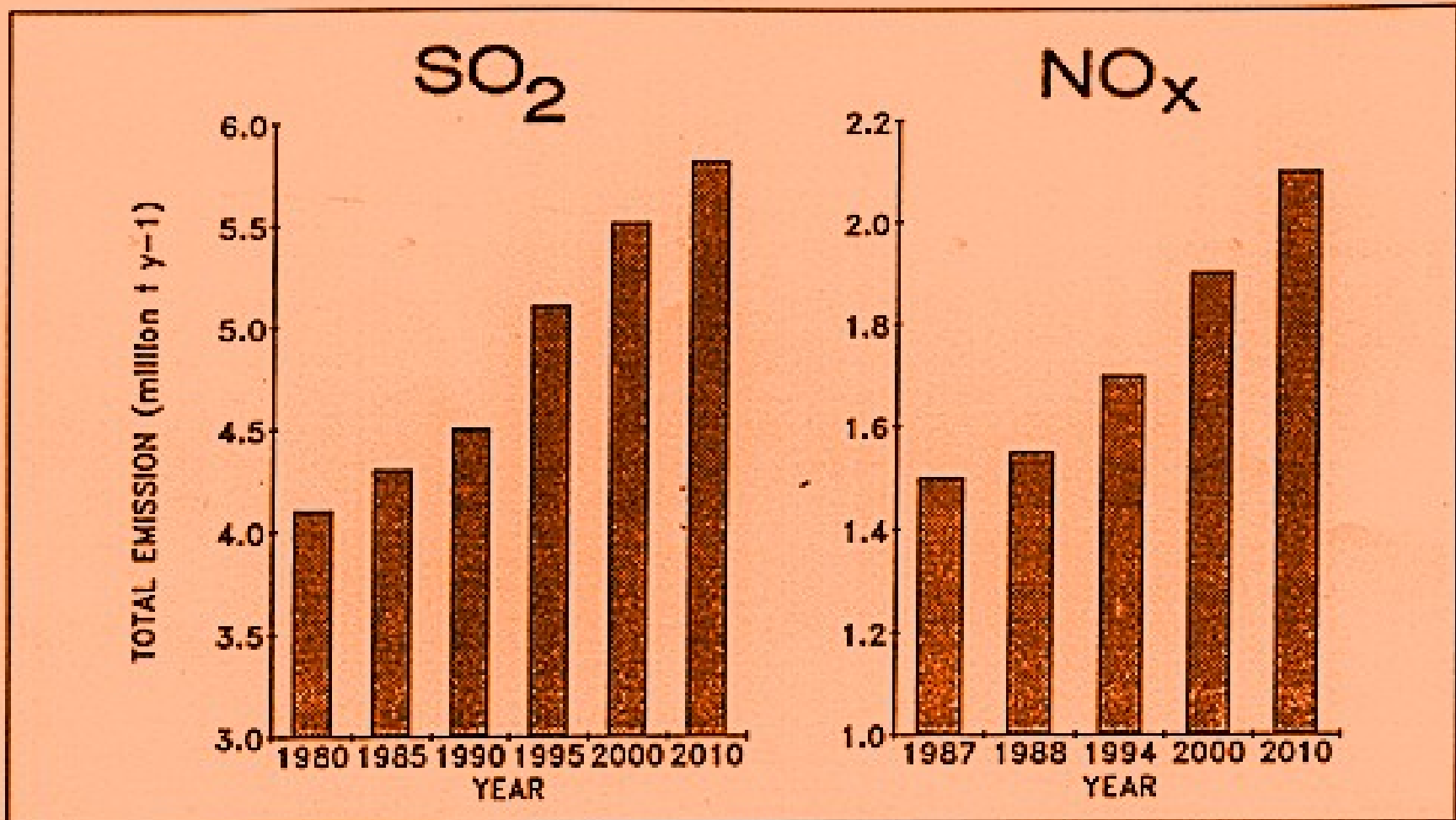


Figure 3. Total actual and predicted emission of SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> oxides in Poland, by the Ministry of Environmental and Natural Resources Protection (source: GUS, 1989).

FIN

*DEDICADO CON TODO CARIÑO A VALERIA*