



# Química de la contaminación atmosférica

**Equipo docente:**  
**M. Carmen Gómez Navazo**  
**Eduardo de la Torre Pascual**

# QUÍMICA DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

## Autotest de evaluación-Soluciones

### TEMA 5

#### 1) Falso

En general, la concentración de un gas disuelto en la fase líquida se puede determinar considerando el equilibrio entre sus dos formas:



Si el agua se encuentra en equilibrio con el gas, la solubilidad del mismo se puede calcular aplicando la **ley de Henry**: "A temperatura constante, la cantidad de gas disuelta en un líquido es directamente proporcional a la presión que ejerce ese gas sobre el líquido"

$$C_g = k_h \cdot p_g$$

Donde:

$C_g$ : concentración (solubilidad) del soluto gas en el agua (M)

$p_g$ : presión parcial del gas (atm)

$k_h$ : constante de Henry ( $M \cdot atm^{-1}$ )

La forma usual de la constante de equilibrio para tales procesos es **la constante de la ley de Henry,  $K_h$** , que se refiere únicamente al equilibrio de disolución gas-líquido, a la **solubilidad física del gas**, no a los posibles procesos de disociación posterior que pueden darse en medio acuoso.

**Cuando se dan procesos de disociación posteriores**, dentro de las gotas de agua de las nubes, la solubilidad real del gas puede ser muy diferente ya que el equilibrio de disolución tiende a desplazarse a la derecha y **la cantidad total de especie en disolución es mayor** que la que predice la ley de Henry, que sólo expresa la solubilidad si no existiera ionización.

#### 2) Verdadero

Aunque una parte del  $SO_2$  se oxida en reacciones homogéneas en fase gaseosa en la troposfera mediante el radical  $\cdot OH$ , la **reacción predominante es la oxidación del  $SO_2$  a azufre S(VI) en reacciones heterogéneas en fase acuosa**.

El agente oxidante más importante en las gotas atmosféricas **no es el  $O_2$** , sino el  $O_3$  y el peróxido de hidrógeno,  $H_2O_2$ , a pesar de que están presentes a muy bajas concentraciones.

La velocidad de oxidación en fase acuosa es rápida, una vez que tanto el  $SO_2$  como sus oxidantes se disuelven en pequeñas gotas de agua en suspensión que están presentes en las nubes, la niebla, etc

### 3) Falso

Las **partículas gruesas se suelen formar principalmente por procesos mecánicos y su composición depende del origen.**

Sin embargo, las **partículas secundarias finas** se forman en la atmósfera como resultado de procesos físico-químicos a partir de la presencia de precursores gaseosos, mayoritariamente el  $\text{SO}_2$ , los  $\text{NO}_x$ , los COVs y el  $\text{NH}_3$ .

Los procesos de transformación gas-partícula y la consiguiente **composición y distribución de tamaño** de los aerosoles secundarios, están regulados por **diferentes mecanismos cinéticos y de equilibrio químico.**

En general, los vapores ácidos de nítrico y sulfúrico se convierten en su mayor parte en aerosoles de nitratos y sulfatos siendo, conjuntamente con los iones amonio, los principales componentes de las partículas finas. También se forman partículas finas secundarias orgánicas (**Secondary Organic Aerosol –SOA-**) derivadas de la oxidación fotoquímica de los COVs.

### 4) Falso

Las nanopartículas (entre 3 y 50 nm) se generan en la atmósfera a partir de sus **precursores gaseosos**, principalmente:  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NH}_3$  y COV. Su media en la atmósfera es del orden de horas ya que coagulan rápidamente con otras partículas, incrementando así su tamaño. Los núcleos de Aitken (entre 10-100 nm) se pueden formar por **coagulación** de las partículas de la moda de nucleación o por **condensación** de gases calientes y también coagulan rápidamente, aumentando así su tamaño.

Sin embargo, la transferencia de partículas entre diferentes modas se encuentra con un límite en torno a  $1 \mu\text{m}$ . Los procesos mecánicos que generan las partículas primarias no pueden normalmente producir partículas de diámetro  $<1 \mu\text{m}$ . Por otra parte, **el crecimiento de las partículas de diámetro  $<1 \mu\text{m}$  no puede dar lugar a partículas de diámetro  $>1 \mu\text{m}$ .** Así, se denominan partículas finas a las de diámetro  $<1 \mu\text{m}$  y partículas gruesas a las de diámetro  $>1 \mu\text{m}$ .

### 5) Falso

Las partículas finas son generalmente ácidas, debido a la presencia de ácidos no neutralizados, aunque la existencia de los aerosoles de nítrico y sulfúrico solo es posible cuando las concentraciones de amonio atmosférico son muy bajas o no existen.

Habitualmente, los principales ácidos atmosféricos  $\text{HNO}_3$  y  $\text{H}_2\text{SO}_4$  **participan en reacciones ácido-base con el amoníaco, la base más abundante en la troposfera y se transforman en las sales solubles sulfato de amonio y nitrato de amonio.**

Aunque las sales de sulfato y de nitrato se forman inicialmente a partir de los ácidos en las partículas acuosas, la evaporación del agua puede originar la producción de partículas sólidas: aerosoles de nitrato y sulfato.

## 6) Verdadero

Dentro de las partículas ultrafinas se encuentran los núcleos de Aitken, con tamaños de partícula entre 10 y 100 nm. Se pueden formar por **coagulación** de las partículas de la moda de nucleación o por **condensación** de gases calientes. También se pueden producir en procesos de combustión incompleta (combustión alta-temperatura). En zonas urbanas es característico el **soot de vehículos diesel**. Los núcleos de Aitken son responsables de que el vapor de agua comience a condensar sobre alguna de estas partículas ultrafinas presentes en el aire, **núcleos de condensación de nube** (CCN: *Cloud Condensation Nuclei*), sobre los cuales el agua condensa, formando pequeñas gotitas que dan lugar a las nubes.

## 7) Falso

Los sulfatos atmosféricos son principalmente de origen secundario, es decir, no se emiten directamente a la atmósfera sino que se generan en ella como resultado de la oxidación de precursores gaseosos naturales y antropogénicos, por lo que su tamaño será muy pequeño, generalmente **se encuentran en la fracción fina del aerosol, con diámetros  $<1 \mu\text{m}$** .

En presencia de  $\text{NH}_3$  el  $\text{H}_2\text{SO}_4$  **se neutraliza a diferentes formas de sulfato amónico**, cuya composición química depende del  $\text{NH}_3$  gaseoso. Las formas neutralizadas de sulfato amónico pueden existir como **partículas sólidas o líquidas**.

## 8) Falso

El término deposición seca se refiere a la transferencia a la superficie terrestre de gases y partículas en periodos en los que no se produce precipitación. Este proceso es importante, sobretodo, en las proximidades de los focos de emisión.

La velocidad de deposición de gases depende principalmente de las reacciones físico-químicas en la superficie receptora, sin embargo, **la velocidad de deposición de partículas depende principalmente del tamaño de las mismas**. Si la partícula tiene una velocidad de sedimentación apreciable, ésta contribuye a la velocidad de deposición.

Por ello, la ecuación de velocidad de deposición seca para partículas debe modificarse puesto que **el término de resistencia de la superficie receptora a la interacción química, no existe**, ya que una vez que la partícula alcanza la superficie, se deposita.

## 9) Falso

El depósito húmedo incluye la incorporación de contaminantes en las gotas que forman las nubes y oxidación de algunos gases en el periodo de formación de la nube, así como la captación de gases y partículas por las gotas de lluvia en su caída hacia la superficie terrestre. Estos procesos físico-químicos se denominan:

**Rainout:** mecanismos que conducen a la incorporación de contaminantes en las gotas que forman las nubes.

**Washout:** mecanismos que conducen a la incorporación de gases y partículas en las gotas de lluvia en su camino descendente desde la base de las nubes hasta la superficie terrestre.

## 10) Falso

La lluvia ácida únicamente se refiere a la **precipitación atmosférica**, que incluye la niebla ácida y la nieve ácida, **con un grado de acidez mayor que  $\text{pH} = 5,6$** , que es el  $\text{pH}$  de la lluvia natural.

La deposición ácida, sin embargo, se refiere a la deposición en la superficie de ácidos acuosos, sales ácidas y gases ácidos. Por un lado, tiene en cuenta la deposición seca de gases como  $\text{SO}_2$  y  $\text{NO}_2$ , que se produce cuando se depositan sobre superficies sólidas y líquidas a nivel del suelo, al pasar por encima de dichas superficies el aire que los contiene. Esta deposición seca es importante y excede en muchos lugares áridos y de clima seco a su deposición húmeda como ácidos.

El  $\text{HNO}_3$  es extraordinariamente soluble en agua, por lo que es eliminado de la atmósfera muy rápidamente tanto en procesos de deposición seca como húmeda. La presencia de nitrato en la precipitación es el resultado de la captación de aerosoles o del gas ácido nítrico.

El  $\text{H}_2\text{SO}_4$  es muy poco volátil y su deposición transcurre principalmente a través de aerosoles.