



Universidad
de Navarra

LOS ESTADOS DEL H₂O EN LOS SÓLIDOS

MONOGRAFÍA PARA ALUMNOS DE 2º DE LA LICENCIATURA EN QUÍMICA

© 2000 DR. JOSÉ MARÍA FERNÁNDEZ ÁLVAREZ

LOS ESTADOS DEL AGUA EN LOS SÓLIDOS

1. AGUA NO ESENCIAL: Agua retenida por fuerzas físicas

1.1 AGUA DE HIGROSCOPICIDAD

Las sustancias finamente divididas adsorben agua de la atmósfera y la mantienen sobre su superficie. El equilibrio se alcanza, normalmente, en 5-10 minutos. Usualmente, esta agua adsorbida se denomina **agua higroscópica**, y su cantidad aumenta cuando aumenta el área superficial y la humedad del aire. Por regla general, esta cantidad es extremadamente pequeña después de la calcinación del precipitado, por lo menos si éste no está químicamente combinado con el agua. Si el precipitado no se calcina, la cantidad de agua higroscópica puede ser relativamente grande, ya que estará tanto en las superficies internas como en las externas.

Por ejemplo, se encuentra que el $(\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O})$, formado en condiciones analíticas es muy higroscópico después de ser secado a 100-150°C y puede tomar hasta 1% de agua.

Si se pasa este precipitado después de secarlo, sin protegerlo del aire, su peso aumenta rápidamente. Debe entenderse que el agua absorbida no siempre se elimina cuantitativamente por calentamiento a 100-130°C. Los procesos de adsorción y desorción de agua son reversibles.

1.2 AGUA OCLUIDA

Es agua en estado líquido que quedó aprisionada al formarse los cristales.

Los precipitados y los sólidos en general contienen agua ocluida en el interior del material. El agua ocluida no se elimina por calentamiento a 100°C, si no que son necesarias temperaturas superiores que faciliten la rotura de los cristales.

La mayoría de los cristales separados de un medio acuoso contienen agua ocluida. En la mayoría de los cristales macroscópicos pueden verse, con ayuda del microscopio, cavidades llenas de líquido madre. Pero aún si estas cavidades no son visibles al microscopio, el agua está presente, en general, en cavidades submicroscópicas o adsorbida en las superficies internas aisladas.

Por calentamiento a altas temperaturas estos cristales que contienen cavidades revientan (**decrepitación**).



Además, el agua puede estar distribuida homogéneamente, a través de todo el sólido. Estos casos ocurren, por ejemplo, con los vidrios naturales, que pueden contener cantidades apreciables de agua.

Resumiendo: el *agua ocluida* puede estar presente en cavidades que contienen líquido madre, adsorbida en las superficies internas o en solución sólida.

1.3 AGUA DE IMBIBICIÓN

Muchas sustancias de carácter coloidal tienen un enorme desarrollo de su superficie interna y pueden adsorber cantidades muy grandes de agua. En dichos casos el equilibrio se alcanza muy lentamente; en lugar de adsorción, hablamos de un proceso de **absorción**. El agua tomada por el material se llama, a veces, **agua de imbibición**.

El agua de imbibición puede absorberse de diferentes maneras:

1. El agua es absorbida sin cambiar la red cristalina original.
 - a) La red cristalina original puede contener espacios vacantes fácilmente accesibles al agua y otros vapores. El agua se puede condensar en esos espacios. Ejemplo: las zeolitas (silicatos de estructura cristalina bastante abierta con capacidad de intercambiar cationes, como los usados para rebajar la dureza del H₂O). Na₂(Al₂Si₃O₁₀)·2H₂O (Natrolita).
 - b) Ciertos coloides orgánicos líofilos adsorben agua en sus superficies. El proceso es acompañado por hinchamiento (almidón, agar).
2. El agua adsorbida modifica la red cristalina del material.
 - a) El agua penetra en la red dando origen a un aumento continuo de las distancias entre los planos de la misma y, por lo tanto, a un hinchamiento.
 - b) Se forma un hidrato definido.



2. AGUA ESENCIAL: Forma parte integral de la molécula y de la estructura cristalina, y existe en cantidades estequiométricas.

2.1 AGUA DE CRISTALIZACIÓN

Diversos precipitados cristalizan como hidratos estables al aire entre ciertos límites de humedad. Por ejemplo, $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ y $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, que pueden ser pesados como tales.

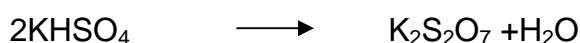
Por regla general, el agua de cristalización de las sales puede determinarse por análisis directo; o sea, determinando el peso antes y después de calentar.

Si la sal se descompone por calentamiento, a menudo es posible encontrar un intervalo de temperatura dentro de la cual se elimina completamente el agua de cristalización sin descomposición de la sal. Si el agua no puede ser eliminada sin descomposición del sólido, debe buscarse un método directo de determinación.

2.2 AGUA DE CONSTITUCIÓN

El agua no está presente como tal, sino en forma de OH^- o H^+ químicamente unidos al compuesto. Por calentamiento tiene lugar la descomposición con formación de agua, la que puede llamarse **agua de constitución**.

Ejemplo:



En estos casos el hidrógeno se elimina como agua.

Por calentamiento de hidróxidos de Ca y Mg también se eliminan los hidroxilos como H_2O :

