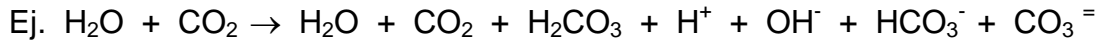




## **IMPUREZAS DISUELTAS**

Se encuentran en el agua como moléculas o iones individuales

Su tamaño es menor que 1 milimicrón =  $10^{-7}$  cm



Son importantes porque quedan “disponibles” para los seres vivos que las asimilan por osmosis a través de sus membranas celulares. Las impurezas no disueltas, normalmente no pueden ser absorbidas por los seres vivos.

No es fácil removerlas por simples procesos físicos a gran escala.

## **REMOCIÓN DE IMPUREZAS DISUELTAS**

### **MÉTODOS FÍSICOS**

- Destilación: Normalmente muy cara porque el calor de evaporación del agua es de 540 cal/gr
- Congelamiento y flotación: Los cristales de hielo son prácticamente agua pura en el momento en que se forman.
- Precipitación por calor. Algunas sales, como el bicarbonato de calcio, con el calor se cambian carbonato de calcio y precipitan, constituyendo lo que se denomina la dureza del agua.
- Evaporación. Es más bien un método que separa el agua de los residuos.

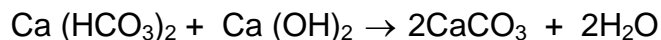
### **MÉTODOS QUÍMICOS**

#### **Precipitación**

Ejemplos:

Remoción de metales mediante precipitación a pH alto. En general, los metales son menos solubles a mayor pH y precipitan cuando éste sube.

Remoción de dureza (bicarbonato de calcio) mediante agregado de cal:



En la reacción anterior, el bicarbonato de calcio reacciona con el hidróxido de calcio (cal) para formar carbonato de calcio que, por ser menos soluble, precipita.

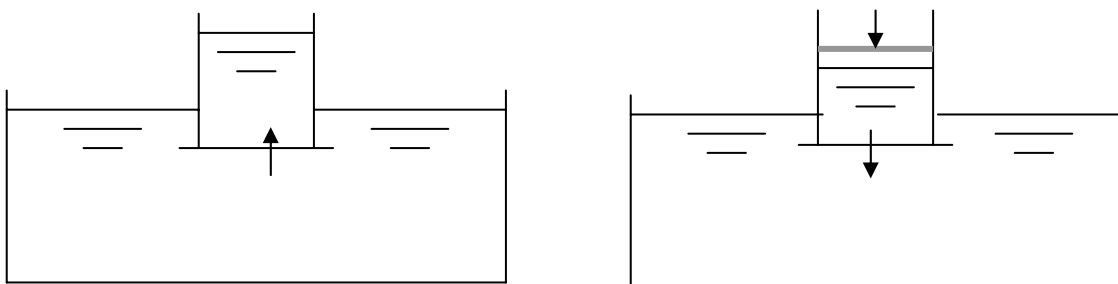
## MÉTODOS FÍSICO-QUÍMICOS

### a) Adsorción:

Es la propiedad que tienen algunas moléculas de adherirse a una superficie sólida. Para remover sustancias por adsorción se utiliza principalmente carbón finamente dividido (carbón activado), por tener una gran superficie específica. Puede estar en suspensión en el agua o bien, ésta puede pasar través de un filtro de carbón.

### b) Osmosis inversa:

**Principio de la osmosis:** En una membrana semipermeable, es decir, permeable a las moléculas de agua pero impermeable a las moléculas de sal, el agua pasará desde el lado con menor concentración de sales hacia el lado con mayor concentración, tratando de establecer un equilibrio.



**Presión osmótica:** En la primera figura, si en el recipiente superior, separado del inferior por una membrana semipermeable, hay una mayor concentración de sales, el agua pasará hacia arriba, produciendo un incremento de la cota y una diferencia de presión a ambos lados de la membrana. La diferencia de presión que produce un estado de equilibrio se denomina presión osmótica y es mayor cuanto mayor es la diferencia de concentración de sales.

**Reversión del proceso aplicando presiones mecánicas.** Si se aplica una presión mecánica mayor a la presión osmótica, como se muestra en la segunda figura, el proceso se revierte y se genera un agua libre de sales. En la práctica se usan presiones de entre 14 a 70 atmósferas. Estas altas presiones conllevan inconvenientes mecánicos, energéticos, etc.

**Membranas.** Las membranas que se utilizan son típicamente de acetato de celulosa, son delicadas y se pueden obstruir si el agua contiene materia suspendida y precipitable, por lo que es necesario removerla antes de hacerla pasar por ella.

**Costos.** El tratamiento por osmosis inversa tiene un costo cercano a 1 dólar/m<sup>3</sup> pero a veces es la mejor alternativa para desalinizar el agua. Se usa como fuente de agua potable en la Isla de Malta, Antofagasta (500 l/s) y Arica, entre otras ciudades.

**Capacidad de remoción.** La capacidad de remoción de sales es del orden de 99%

**Configuraciones.** Se utilizan dos tipo de configuraciones:

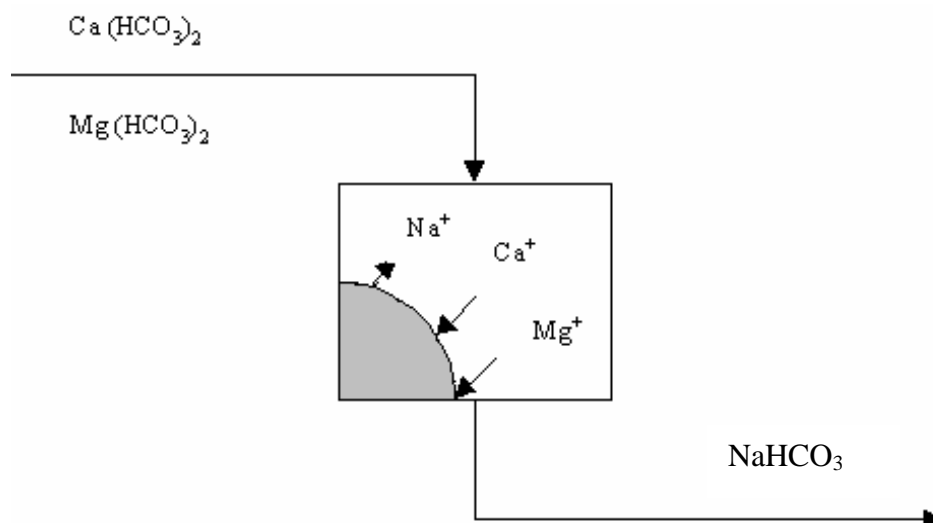
Espiral, lejos la más usada, y  
“hollow fiber”, consistente en fibras huecas en su interior.

### c) Intercambio Iónico

Es una propiedad natural de algunos compuestos de tener “preferencia” por algunos iones. Depende de concentración relativa en el agua y material

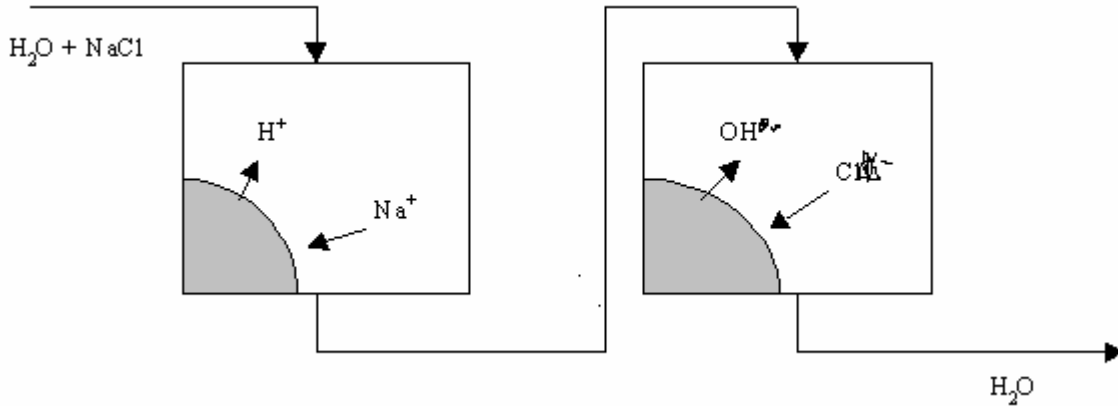
Los primeros fenómenos fueron observados en el suelo. Luego se han usado resinas sintéticas minerales (como aluminosilicatos y zeolitas). Hay resinas de intercambio aniónico (intercambia aniones, o iones negativos) y catiónico (intercambia cationes, o iones positivos).

Ejemplo: Remoción de dureza mediante resina de intercambio catiónico. La resina, en condiciones normales, “prefiere” los iones de Calcio y magnesio a los iones de sodio y los intercambia. Así, si ingresa bicarbonato de calcio, sale bicarbonato de sodio, que no precipita y, por lo tanto, no produce dureza. Eventualmente la resina se satura y es necesario regenerarla.



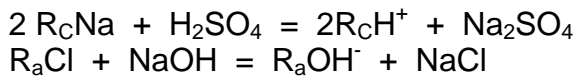
La regeneración se hace mediante una solución concentrada de NaCl que invierte el proceso. Al haber una gran concentración de iones de sodio la resina libera el calcio y el magnesio y los reemplaza por iones de sodio.

Ejemplo: remoción de NaCl mediante resinas de intercambio aniónico y catiónico, en serie, tal como se muestra en la figura siguiente.



La regeneración se hace mediante una solución de  $H_2SO_4$  para la resina de intercambio catiónico (sale sulfato de sodio) y de soda cáustica ( $NaOH$ ) para la aniónica (sale  $NaCl$ ).

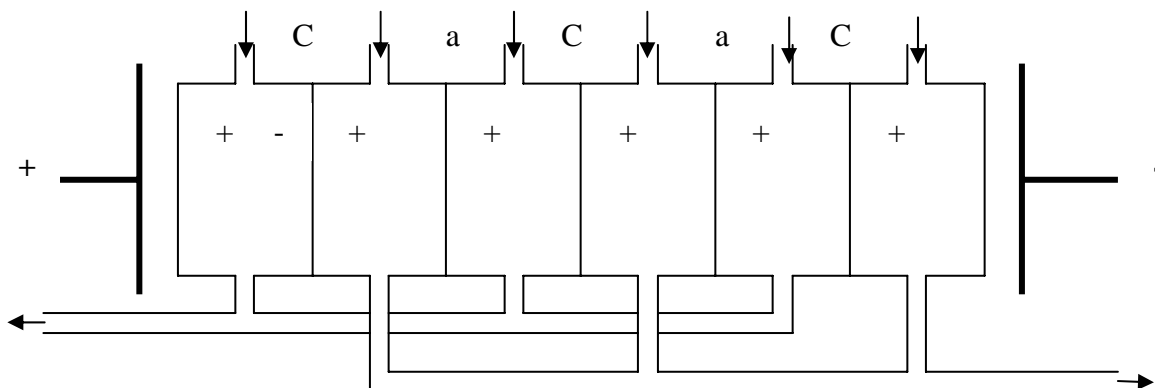
Reacciones esquemáticas ( $R_c$  representa la resina catiónica y  $R_a$  la resina aniónica):

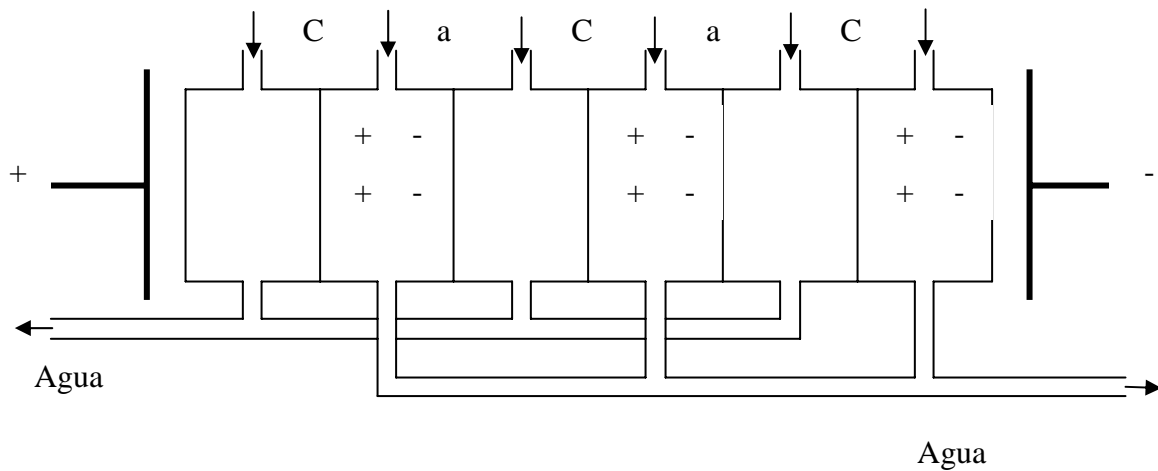


Bibliografía : Spiegler : Salt-Water Purificación  
Walter-Lorch : Handbook of Water Purificación

#### d) Electrodiálisis

Se utilizan alternadamente membranas permeables a los cationes (C) y membranas permeables a los aniones (a) y se movilizan los iones mediante un campo eléctrico. Al cabo de un tiempo los iones se concentran celda por medio.





Las membranas son de resinas de intercambio en forma de lámina (Lorch)

## MÉTODOS BIOLÓGICOS

lodos activados (y sus muchas variantes)  
filtros percoladores

## PARTÍCULAS COLOIDALES

En estricto rigor son suspendidas

Tienen un tamaño entre 1 milimicrón y 0,1 a 1 micrón

Su comportamiento es similar al de las impurezas disueltas debido a

a) gran relación superficie a volumen (o superficie/masa)

Si fueran partículas esféricas (peor condición posible) la relación superficie a volumen de sólido varía en forma inversa al tamaño:

$$\frac{S}{V_s} = \frac{4\pi R^2}{\frac{4\pi R^3}{3}} = \frac{3}{R} = \frac{6}{D}$$

b) gran superficie específica (Superficie/Volumen de agua)

$$\frac{S}{V_a} = \frac{S}{V_s} V_s \frac{1}{V_a} = \frac{6}{D} \frac{V_s}{V_a} \frac{\rho_s}{\rho_s} = \frac{6C}{D\rho_s}$$

Ejemplo :

C = 100 mg/l = 0,1 gr/litro

D = 0,1 micrones

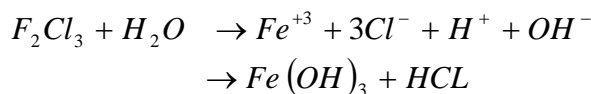
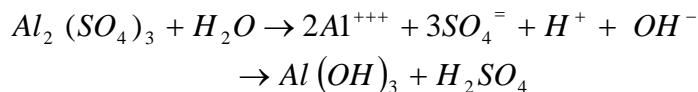
$$\rho = 2,1 \text{ gr/cm}$$

$$\frac{S}{Va} = \frac{6}{0,00001} \frac{10^{-4}}{2,1} = 28,57 \text{ cm}^2 / \text{cm}^3 = 2,86 \text{ m}^2 / \text{litro}$$

Estas propiedades dan origen a la **ESTABILIDAD** de los sistemas coloidales, la que se debe a:

- a) Adsorción de iones en su gran superficie relativa que les confieren propiedades de partícula cargada eléctricamente. Estas partículas se repelen entre sí y al tratar de estar lo más alejadas que sea posible, ocupan todo el volumen y no sedimentan.
- b) Por su pequeña masa adquieren considerablemente grandes velocidades de traslación (de 0,5 a 10.000 cm/seg según Camp), lo cual les confiere comportamiento similar al de las moléculas (por ejemplo en cuanto a la difusión).

La remoción de partículas coloidales sólo se puede realizar previa desestabilización mediante procesos físico-químicos de coagulación (con sulfato de aluminio o cloruro férrico), seguido de floculación.



## **PARTÍCULAS SUSPENDIDAS**

Pueden ser líquidas (emulsión) o gaseosas (burbujas).

Su tamaño mayor que 0,1 o 1 micrones

Producen turbiedad (no hay relación directa turbiedad-concentración de partículas)

Pueden ser removidas mediante métodos físicos

## **VIDA ACUÁTICA**

La vida acuática generalmente no se considera impurezas, aunque en esencia lo son, por ser diferentes del agua. Una forma de clasificarla, un poco obsoleta, pero útil, es la siguiente:

## **Reino Vegetal**

Productores primarios

“Fijan” el carbono

Se denominan organismos autotróficos porque no requieren alimentarse de otros seres vivos.

## **Reino Animal**

Se denominan consumidores o heterotróficos porque requieren alimentarse de otros seres vivos.

## **Reino Protistas**

Autótrofos o heterótrofos microscópicos

Algunos son facultativos (pueden comportarse de una u otra manera)

Organización interna simple. Ejemplos:

Protozoos

Hongos

Levaduras

Bacterias

Virus

Ejemplos específicos:      Salmonella Typhosa  
   Virus de la hepatitis  
   Vibrio Cholerae (Cólera)