

En una molécula como ésta, van determinados o «grabados» los caracteres hereditarios de un ser vivo (modelo del ADN).

---

# 17. Iniciación a la Bioquímica.

---

## 1. INTRODUCCION

Como ya hemos dicho en lecciones anteriores, clásicamente la química orgánica sólo se ocupaba del estudio de las sustancias relacionadas con los seres vivos, en la creencia de que ellos, de acuerdo con su *fuera vital* serían los únicos laboratorios capaces de sintetizar tales sustancias. Este principio, fue desapareciendo a medida que los químicos fueron conociendo las leyes del cambio químico y consiguieron sintetizar, en el laboratorio, sustancias que sólo eran patrimonio de los seres vivos.

La Bioquímica es la parte de la química que estudia los procesos que tienen lugar en los seres vivos no a nivel de sistemas, órganos, tejidos o células, sino a nivel molecular, precisando para ello la ayuda inestimable que los demás campos de la química pueden suministrarle.

Dicha rama de la ciencia cada vez puede desligarse menos de la Medicina, por la importancia que para la misma tienen todos los procesos que dan lugar a la vida; tanto es así que la inmensa mayoría de premios Nobel de Medicina de los últimos años son, en realidad, científicos que trabajan en el campo de la Bioquímica.

La Bioquímica estudia, pues, la composición y estructura de las moléculas que constituyen los seres vivientes, así como la forma de transmisión de

la información genética, gracias a la cual los padres pueden engendrar seres parecidos a ellos, pero suficientemente diferentes como para representar un nuevo individuo.

Las principales sustancias de interés bioquímico son las siguientes:

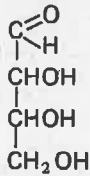
- a) Hidratos de carbono o glúcidos.
- b) Lípidos.
- c) Proteínas.
- d) Acidos nucleicos.

pero, para su estudio, es indispensable conocer previamente las sustancias más simples (monómeros), a partir de las cuales se forman; entre ellas cabe destacar los monosacáridos, ácidos grasos, glicerina, aminoácidos y las bases púricas y pirimídicas.

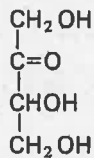
#### LOS MONOMEROS BIOQUIMICOS MAS IMPORTANTES. LOS MONOSACARIDOS

Los monosacáridos son las unidades químicas más sencillas del grupo llamado *hidratos de carbono*, que se utilizan como alimentos generadores de energía en todo el reino animal.

La mayoría de estas sustancias son polialcoholes que contienen un grupo aldehído o cetona por lo cual hablaremos de aldosas o cetosas



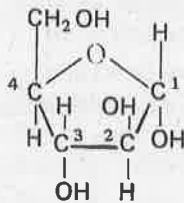
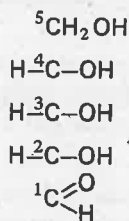
Tetrosa (Aldosa)  
Butanotriol-al



Tetrosa (Cetosa)  
Butanotriol-2-ona

Los más importantes se encuentran en el grupo de las pentosas (ribosa, arabinosa, xilosa, etc.) y de las hexosas (glucosa, fructosa, galactosa, etc.).

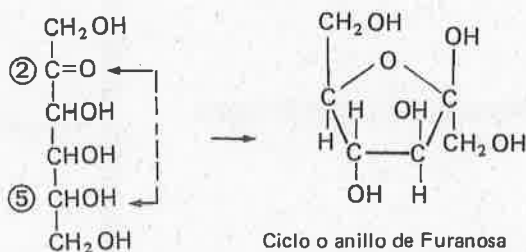
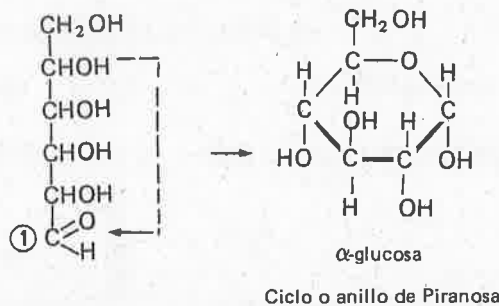
Aunque dichos monosacáridos se acostumbran a representar como moléculas lineales, que es una formulación correcta en ciertas condiciones, cuando se combinan para formar disacáridos y polisacáridos, todos ellos existen en una forma cíclica resultante de la formación de un puente de oxígeno entre un grupo alcohol (-OH) y el grupo aldehído o cetona. Así, por ejemplo en la ribosa:



Ciclo o anillo de Furanosa

se produce un anillo de 5 eslabones o furanosa.

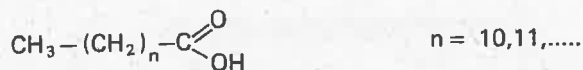
En el caso de la glucosa y fructosa ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) la ciclación se produce de la siguiente forma:



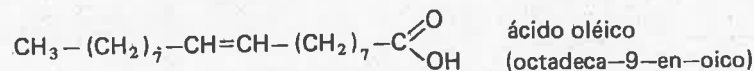
Toda esta serie de productos y algunos de sus derivados son sustancias básicas del metabolismo animal e incluso vegetal y, por lo general, de gran estabilidad y sin carga.

### 3 LOS ACIDOS GRASOS Y LA GLICERINA

Los ácidos grasos son ácidos carboxílicos cuya cadena contiene un elevado número de carbonos, más de doce por lo general:

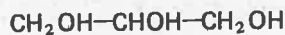


Los más importantes son los de número par de carbonos como:



Algunas de dichas sustancias contienen más de un doble enlace y todos ellos juegan un papel importante en la formación de los componentes celulares.

La glicerina es un trialcohol (propanotriol):



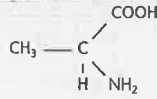
y acostumbra a ser el alcohol más importante de los que se encuentran formando parte de las grasas, pero también pueden existir alcoholes grasos de cadena larga, fundamentalmente en las ceras.

Existen también lípidos en cuya constitución intervienen bases orgánicas y ácido fosfórico, (fosfolípidos), siendo de suma importancia los esteroides.

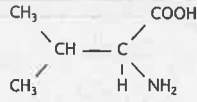
Els vint aminoàcids de les proteïnes

Aminoàcids hidrofòbics

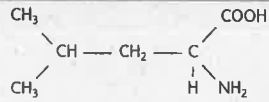
Alanina Ala A



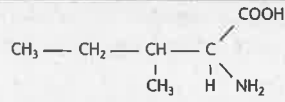
Valina Val V



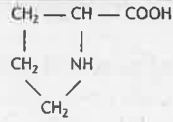
Leucina Leu L



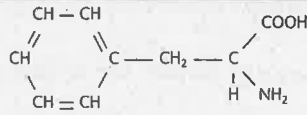
Isoleucina Ile I



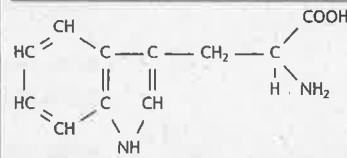
Prolina Pro P



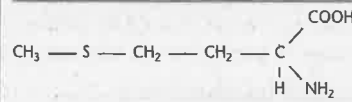
Fenilalanina Phe F



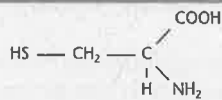
Triptòfan Trp W



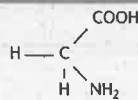
Metionina Met M



Cisteïna Cys C

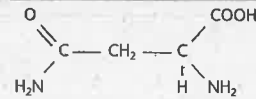


Glicina (glicocola) Gly G

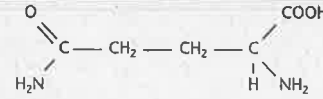


Aminoàcids hidrofílics

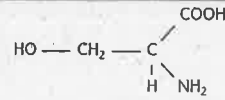
Asparàgina Asp N



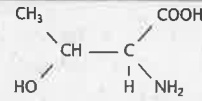
Glutamina Gln Q



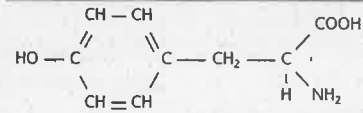
Serina Ser S



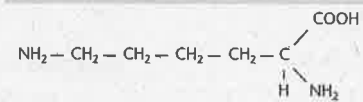
Treonina Thr T



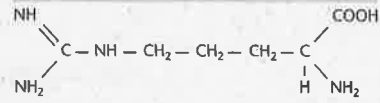
Tiroïna Tyr Y



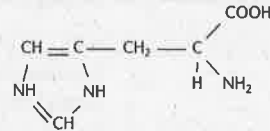
Lisina Lys K



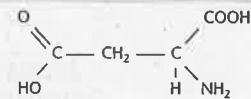
Arginina Arg R



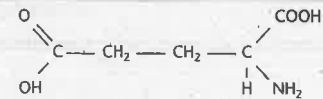
Histidina His H



Àcid aspartic Asp D



Àcid glutàmic Glu E



Aminoàcids neutres

Aminoàcids bàsics

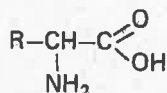
Aminoàcids àcids

#### 4 LOS AMINOACIDOS

Los aminoácidos son funciones orgánicas mixtas que contienen el grupo amina ( $-\text{NH}_2$ ) y el grupo carboxilo

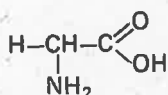


es decir, corresponden a la fórmula general:

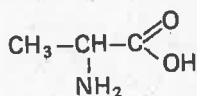


siendo  $\text{R} = (\text{H}, -\text{CH}_3, -\text{CH}_2-\text{CH}_3)$ .

#### Ejemplos



aminoetanoico (glicina)

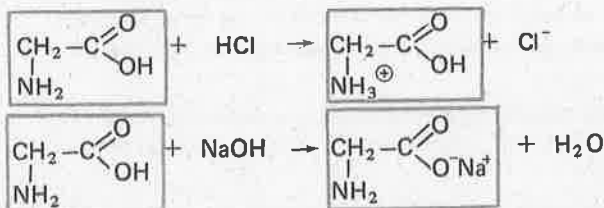


2-amino-propanoico (alanina)

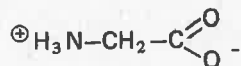
Todos los aminoácidos naturales, que son 25, contienen el grupo amina en el carbono 2 ( $\alpha$ -aminoácidos). Dichas sustancias poseen carácter ácido y básico simultáneamente, debido al grupo



y al grupo ( $-\text{NH}_2$ ) y por ello, podrán reaccionar con ácidos y con bases, es decir, poseen carácter anfótero:



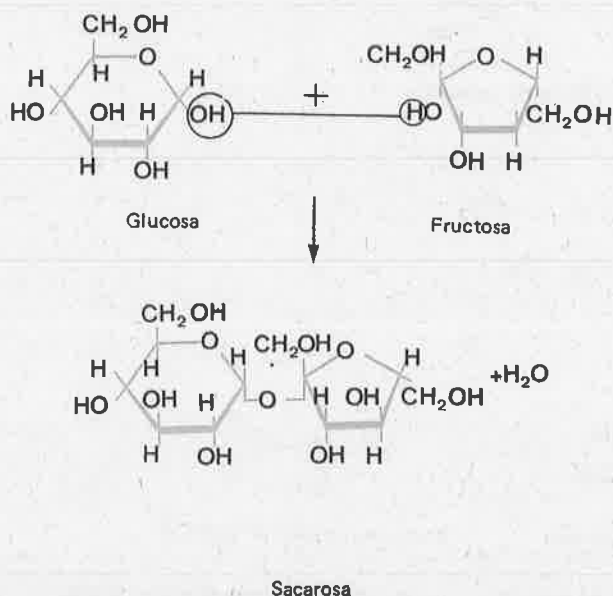
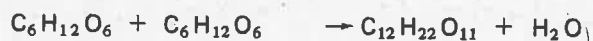
e incluso podrán reaccionar intramolecularmente (dentro de la molécula) dando iones dipolares:



los aminoácidos naturales a excepción de la glicocola (aminoacético) son ópticamente activos (isomería óptica).

#### 5 MACROMOLECULAS BIOQUIMICAS. POLISACARIDOS

Los monosacáridos pueden unirse entre sí para formar moléculas más complejas. En el caso más sencillo, dos moléculas de monosacárido pueden unirse y formar una molécula de *disacárido*, y así, de la unión de glucosa y fructosa resulta la *sacarosa* (disacárido).



Dicho azúcar se asemeja en muchos aspectos a la glucosa dado que es dulce, soluble en agua y al calentarlo se carboniza



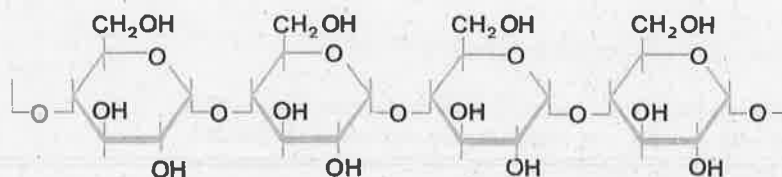
pero se diferencian en el carácter reductor de la glucosa que no posee la sacarosa, hecho que se pondrá de manifiesto con la reacción de Fehling (ver aldehídos y cetonas).

La sacarosa puede hidrolizarse (descomponerse por acción del agua), es decir, en presencia de un ácido ( $H^+$ ) reacciona con el agua para dar nuevamente glucosa y fructosa.

El almidón y la celulosa son polisacáridos que resultan de la unión de muchas moléculas de glucosa. Dicha reacción podría representarse como:

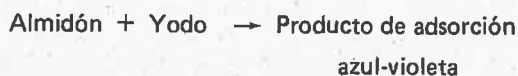


o bien estructuralmente:



El almidón es una mezcla de polímeros de la glucosa, algunos de los cuales son solubles en agua. La porción soluble consiste en cadenas cortas (masa molecular aproximadamente 4000) y la parte poco soluble está formada por cadenas más largas con muchas ramificaciones.

El almidón se forma en el proceso de fotosíntesis vegetal y constituye el alimento básico de la planta y, posteriormente, del hombre. Se reconoce su presencia por la reacción que da con el yodo.

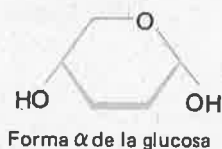


La celulosa constituye una parte importante de los vegetales leñosos, se encuentra en los tabiques celulares y en el material estructural de ramas y troncos. El algodón y el lino son celulosa casi pura. En este caso el polímero formado por unidades de glucosa alcanza masas moleculares del orden de 600 000.

La celulosa es un material básico en numerosas industrias tales como las del papel, seda artificial, acetato de celulosa, explosivos, lacas, celuloide, etc.

La diferencia existente entre la celulosa y el almidón, soluble en agua, constituye un excelente ejemplo de la influencia de la estructura sobre las propiedades.

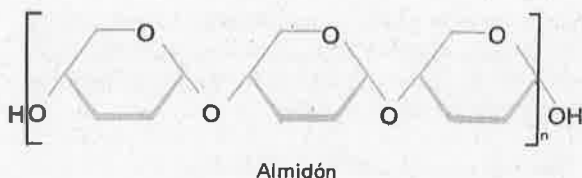
Ambos contienen el mismo monómero, ya que, en ambos casos, se obtiene glucosa por hidrólisis. Pero, el anillo de la glucosa difiere ligeramente en la distribución de los grupos OH, de manera que resultan dos polímeros diferentes. Representemos el anillo de la glucosa por:



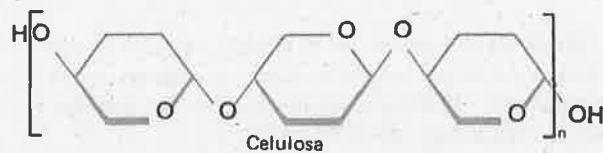
Existe otro isómero que es igual salvo la ubicación del grupo OH de la derecha. Se representa por



Si se construye una cadena con la forma alfa, teniendo en cuenta que el ángulo de los enlaces del oxígeno es de  $105^\circ$ , se obtiene el polímero llamado *almidón*



Si se forma la cadena con la forma beta se obtiene el polímero llamado *celulosa*:



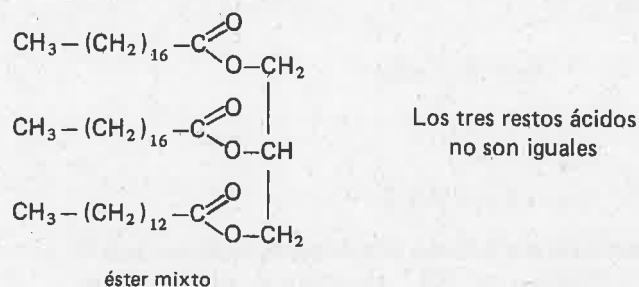
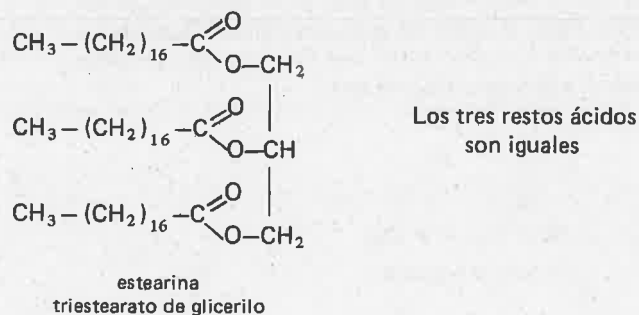
La diferente forma de estas dos moléculas que resulta de la ubicación del enlace que forma el éter, determina la gran diferencia entre sus propiedades.

## 6 LAS GRASAS

Las grasas, como los aceites animales y vegetales, son ésteres y concretamente ésteres de los ácidos grasos con glicerina (propanotriol). En las grasas naturales se encuentran ácidos de 12 a 20 átomos de carbono, aunque lo más frecuente es que tengan de 16 a 18 átomos.

Por lo general, las grasas comunes (mantecas y sebos) y aceites son ésteres mixtos, es decir, los grupos  $\text{-OH}$  de la glicerina pueden estar esterificados por ácidos diferentes, y cada muestra de grasa suele contener un número variable de ésteres; en consecuencia, los puntos de fusión y ebullición de dichos productos no están bien definidos (no son sustancias puras).

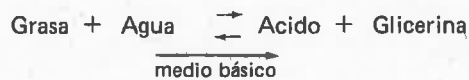
Veamos las estructuras de algunas posibles grasas.



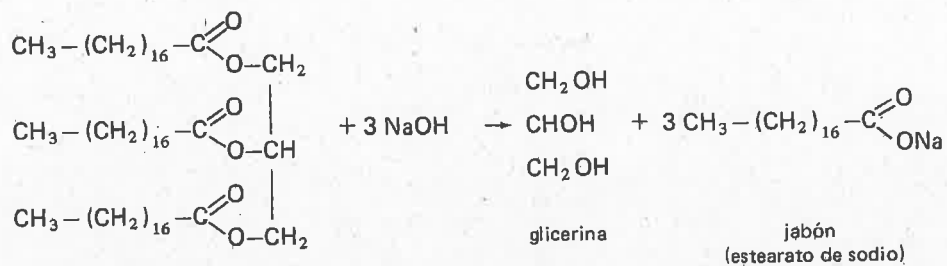
La reacción más importante que pueden experimentar las grasas es la inversa a su proceso de obtención, es decir, se trata de una hidrólisis realizada normalmente en medio básico, que conduce a la formación de jabones, por lo que se la denomina reacción de saponificación.



Si la reacción se realiza en medio básico, el equilibrio de hidrólisis se desplaza hacia el segundo miembro:



Así, por ejemplo, si saponificamos la estearina tendríamos:



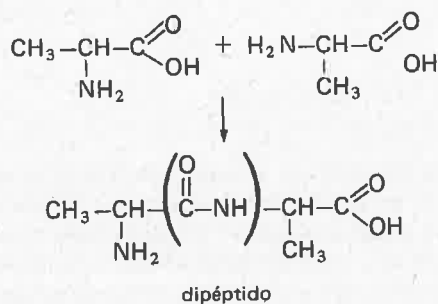
Los jabones son pues sales sódicas o potásicas de los ácidos grasos.

Las grasas llegan a constituir hasta el 50% de la dieta humana y son una buena fuente de energía, ya que al quemarse en el organismo suministran doble cantidad de energía que los hidratos de carbono o proteínas, siempre que se trate de iguales cantidades de dichos productos.

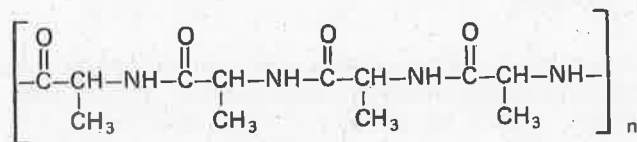
## 7 LAS PROTEINAS

Son macromoléculas naturales formadas por la múltiple unión de aminoácidos mediante enlaces peptídicos. Son los componentes principales del citoplasma celular y los responsables de los procesos de catálisis enzimáticos en los organismos.

Veamos en primer lugar cómo se forma un dipéptido por unión de dos aminoácidos.



En las proteínas el proceso se repite muchas veces hasta alcanzar pesos moleculares elevadísimos



En cada proteína existe una determinada secuencia de aminoácidos, que constituye su estructura primaria (Fig. 17.1):

Fig. 17.1 Estructura primaria de una proteína.

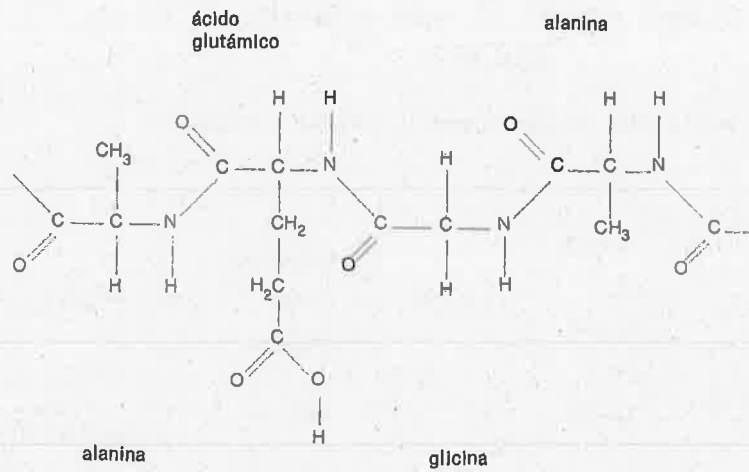
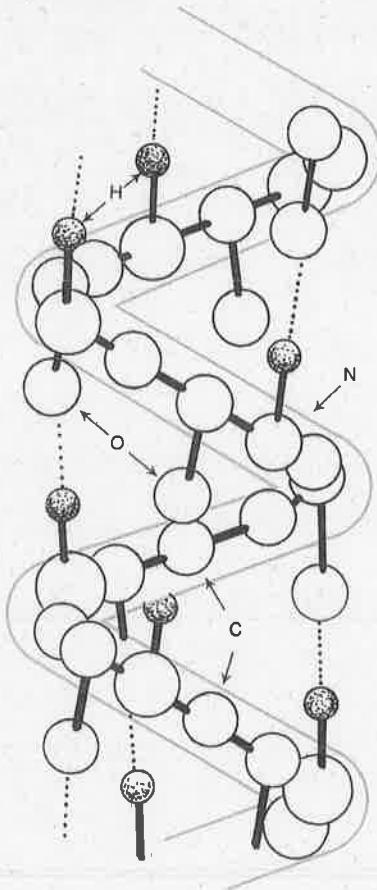


Fig. 17.2 Estructura secundaria de una proteína.



pero la particular composición de dichos productos determina que las moléculas adopten en el espacio una determinada configuración. Mediante estudios con rayos X se ha podido comprobar que la proteína adopta en el espacio una estructura en forma de espiral (Fig. 17.2) a la que se denomina *estructura secundaria* de la proteína. Cuando esta estructura secundaria se destruye por algún motivo (calentamiento, electrolitos, etc.), la proteína se desnaturaliza y coagula. Así, cuando al cocinar un huevo se destruye la estructura secundaria de las proteínas que contiene, decimos que el huevo se ha convertido en huevo duro.

La masa molecular de las proteínas es, en general, muy elevada; así, para la hemoglobina de la sangre es de 67 000 y para la proteína de la clara de huevo de 34 000. Este valor tan elevado de la masa molecular, nos indica que dichas sustancias son macromoléculas, dando lugar a disoluciones coloidales al ponerlas en fase dispersa (disolución).

## 8 CLASIFICACION DE LAS PROTEINAS

En general, para el reconocimiento y estudio de sus propiedades, las proteínas deben separarse de los otros componentes de los fluidos biológicos en que se hallan disueltas y una forma general de clasificación se basa en sus diferencias de solubilidad en agua y disoluciones salinas; pero, dado que esta forma ofrece bastantes dificultades consideremos, para mayor sencillez, dos grandes grupos de proteínas a saber:

- a) Proteínas simples.
- b) Proteínas conjugadas.

La diferencia esencial entre dichos grupos se basa en que, mientras las primeras por hidrólisis conducen únicamente a aminoácidos, las conjugadas, aparte de aminoácidos, originan los grupos prostéticos que contienen. El grupo prostético es un grupo de naturaleza no-proteica presente en dichas proteínas.

Los principales tipos de proteínas simples y conjugadas son los siguientes:

**Proteínas simples**

*Albúminas.* Forman la mayor parte del citoplasma celular como la ovoalbúmina.

*Globulinas.* Como el fibrinógeno de la sangre.

*Prolaminas.* Son de origen vegetal como la glutenina del trigo.

*Escleroproteínas.* Son de estructura fibrosa como el colágeno de huesos y cartílagos.

*Histonas.* Como la globina de la hemoglobina.

*Protaminas.* Como la clupeína de la sardina.

**Proteínas conjugadas**

*Nucleoproteínas.* El grupo prostético es un ácido nucleico. Ejemplo: los virus.

*Glucoproteínas.* El grupo prostético es un polisacárido como en el ovomucoide.

*Cromoproteínas.* Cuyo grupo prostético es coloreado como en la hemoglobina.

*Fosfoproteínas.* Con grupo prostético de ácido fosfórico.

*Lipoproteínas.* Contienen fosfolípidos como grupo prostético, como la lecitovitelina de la yema de huevo.

9 LAS PROTEÍNAS Y LA VIDA

Las proteínas constituyen, como ya hemos dicho, los principales componentes del citoplasma celular y así, mientras los vegetales son capaces de sintetizar aminoácidos, para formar sus propias proteínas, a partir de nitrógeno amoniacal o nitratos, los seres superiores (animales), al no poder sintetizarlos, deben ingerir aminoácidos en su dieta y ello lo consiguen consumiendo proteínas.

La digestión de las proteínas en el estómago de los mamíferos consiste en su hidrólisis catalizada por el enzima pepsina para dar proteínas de cadena inferior (peptonas) y al llegar al intestino se completa la hidrólisis mediante los enzimas tripsina, quimotripsina y peptidasas hasta convertirse en aminoácidos, los cuales son absorbidos en la mucosa intestinal y pasan a la sangre.

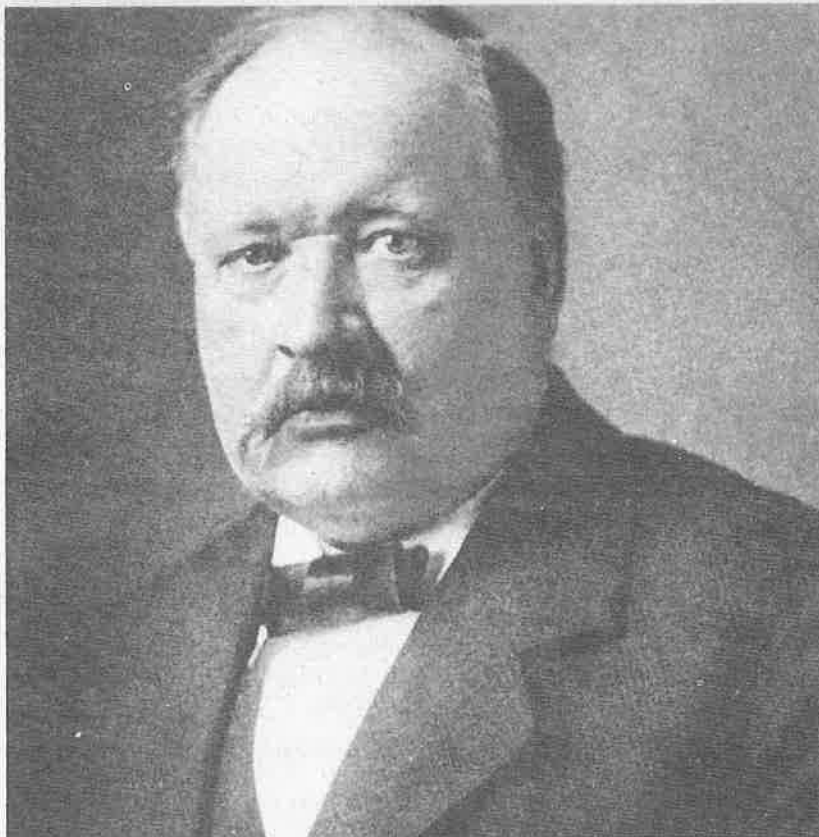
En las células tiene lugar la síntesis de las proteínas a partir de los aminoácidos, reacción catalizada por las catepsinas.

Los procesos de degradación y síntesis de las proteínas tienen lugar de modo continuo en el organismo. Debe hacerse notar que existe la posibilidad de transformación de unos aminoácidos en otros para cubrir las necesidades del ser vivo. Hay algunos aminoácidos que no pueden ser sintetizados en el organismo y, por ello, son indispensables en la dieta.

Al ser sustancias de sostén, las proteínas son necesarias para conservar el peso, crecer y mantener el estado de salud. El queso, las carnes y pescados, huevos y leche son los alimentos más ricos en proteínas.

## EJERCICIOS DE RECAPITULACION

- 1 Los hidratos de carbono constituyen uno de los principios inmediatos más importantes. ¿Qué diferencia existe entre monosacárido y polisacárido?
- 2 ¿Qué productos se obtendrían en la hidrólisis del disacárido  $C_{10}H_{18}O_9$ ?
- 3 ¿En qué consiste la hidrólisis de un polisacárido?
- 4 ¿Cuál es la misión de los hidratos de carbono en una dieta alimenticia?
- 5 ¿Qué diferencias estructurales existen entre almidón y celulosa?
- 6 De la siguiente serie de propiedades tacha las que no posea la sacarosa (azúcar ordinario): sabor dulce, insoluble en agua, reductora, cristalina, no posee actividad óptica.
- 7 ¿Qué ocurre al agregar unas gotas de tintura de yodo a una disolución de almidón? ¿Qué aplicaciones pueden derivarse de ello?
- 8 Si tratamos almidón con disolución diluida de ácido clorhídrico, ¿qué ocurre? ¿Ocurrirá lo mismo al tratarlo con el enzima amilasa?
- 9 ¿Cómo se podría reconocer la presencia de glucosa en la orina?
- 10 Formula: ácido  $\alpha$ -aminoacético, ácido  $\beta$ -aminobutanoico y ácido  $\alpha$ -aminopropanoico.
- 11 El carácter de los aminoácidos, ¿es ácido o básico?
- 12 ¿Qué es un dipéptido? Explica el proceso de su formación.
- 13 ¿Qué es la desnaturalización de las proteínas?
- 14 ¿Qué ocurre al tratar ciertas proteínas con ácido nítrico?
- 15 ¿Qué puede ocurrir al tratar una proteína con disolución de ácido clorhídrico o con proteasa?
- 16 ¿Qué es una grasa? ¿Qué nombre recibe una grasa líquida?
- 17 ¿Qué es un jabón?
- 18 Escribe un proceso de saponificación de una grasa indicando los productos que intervienen.
- 19 ¿Cuál es la misión de las proteínas y grasas en una dieta alimentaria?



*El físico sueco Arrhenius, con su teoría de la disociación electrolítica, logró aclarar la naturaleza de las especies presentes en las disoluciones conductoras.*

---

## 6. Disoluciones.

---

### 1 INTRODUCCION

Las disoluciones son sistemas homogéneos de composición uniforme y su importancia reside en los siguientes hechos:

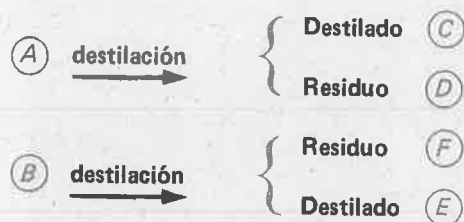
- a) Los procesos de reacción entre sustancias disueltas transcurren de forma más homogénea.
- b) Utilizando especies disueltas y tomando un volumen fijo de disolución, más fácil de medir que la masa, se consigue una cantidad determinada de sustancia disuelta.
- c) La preparación de disoluciones permite la determinación de masas moleculares de sustancias disueltas.
- d) El estudio energético del proceso de disolución permite llegar a un conocimiento del tipo de fuerzas existentes entre soluto y disolvente.

### 2 CONCEPTO DE DISOLUCION

#### ¿QUE ES UNA DISOLUCION?

Toma dos vasos de precipitados llenos de agua destilada y en uno de ellos agrega unas cucharadas de sal. ¿Qué diferencias existirán entre los dos vasos?

El vaso con agua *A* diremos que contiene una *sustancia pura*, mientras que el segundo *B* contiene una *disolución*. No obstante, el aspecto externo de ambos sistemas es el mismo, no observándose diferencia alguna; de manera que si tomamos porciones del vaso con agua, todas ellas poseen las mismas propiedades y análogamente ocurre en el vaso que contiene el agua salada, por lo cual diremos que son sistemas *homogéneos* a la subdivisión, pero ¿cuál es la diferencia? Si sometiéramos ambos sistemas a un cambio de estado, ¿qué ocurriría? Supongamos que los llevamos a un proceso de destilación



Si analizamos *A*, *C* y *D*, los tres sistemas poseen la misma composición (se trata de agua pura), mientras que si analizamos *B*, *E* y *F* cada uno posee diferentes propiedades ¿cuál sería la naturaleza de *B*, *E* y *F*?

Diremos que mientras una *sustancia pura A* es homogénea al cambio de estado, la *disolución* es *heterogénea* al ser sometida a él.

*Disolución es un sistema material homogéneo a la subdivisión y heterogéneo al cambio de estado físico.*

#### SOLUTO Y DISOLVENTE

Si pudiéramos analizar microscópicamente uno y otro sistema *A* y *B*, veríamos que la diferencia se basa en la presencia de moléculas o partículas iguales (*sustancia pura*) o diferentes (*disolución*) y, en este aspecto podríamos asimilar la *disolución* a los sistemas que más comúnmente conocemos con el nombre de *mezclas*, que desde un punto de vista macroscópico son *heterogéneos* a la subdivisión.

Podríamos, también, definirla como un sistema homogéneo de composición y propiedades variables, en el que una *sustancia* llamada *soluta* se distribuye, o dispersa, homogéneamente en el seno de otra llamada *disolvente*; así, en el ejemplo citado, el agua es el *disolvente* y la sal, el *soluta*.

Por lo general, se entiende por *disolvente* el componente en mayor proporción.

### 3 CLASES DE DISOLUCIONES

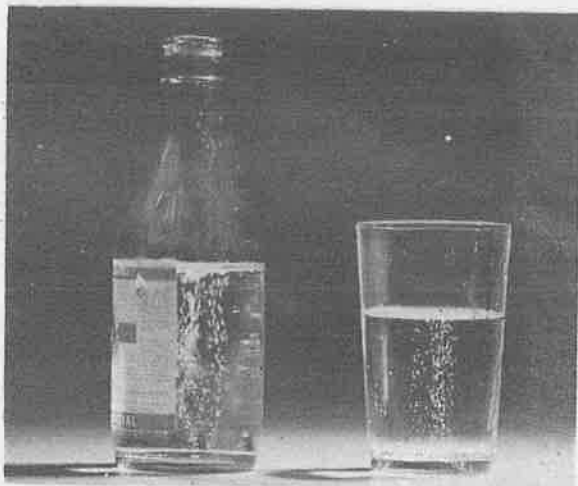


Fig. 6.1 El agua carbónica es una disolución de dióxido de carbono en agua.



Fig. 6.2 Las aleaciones metálicas son disoluciones sólido-sólido.

## CLASIFICACION POR EL ESTADO FISICO DE LOS COMPONENTES

Según el estado físico del soluto y del disolvente las disoluciones pueden clasificarse en nueve grandes categorías, a saber:

DISOLVENTE	SOLUTO	EJEMPLO
líquido	sólido	sal disuelta en agua
líquido	líquido	alcohol en agua
líquido	gas	agua carbónica (Fig. 6.1)
sólido	sólido	aleaciones (Fig. 6.2)
sólido	líquido	sales hidratadas
sólido	gas	hidrógeno en paladio
gas	sólido	polvo en el aire
gas	líquido	partículas líquidas dispersas en el aire (spray)
gas	gas	aire

Vistos los ejemplos anteriores, rellena con tus propios ejemplos la siguiente tabla:

DISOLVENTE \ SOLUTO	SOLUTO		
	gas	líquido	sólido
gas			
líquido			
sólido			

## DISOLUCIONES CONDUCTORAS Y NO CONDUCTORAS

Si la clasificación de estos sistemas atendiera al tipo de especies disueltas, podríamos establecer dos grandes categorías, a saber:

- Disoluciones conductoras*, que corresponderán a todas aquellas cuyas especies disueltas sean iones, lo cual permitirá el cierre de un circuito y el paso de la corriente.
- Disoluciones no-conductoras* cuyas especies disueltas sean moléculas.

A las disoluciones conductoras nos referiremos posteriormente.

## 4 CONCENTRACION DE LAS DISOLUCIONES

Al preparar una disolución, debe conocerse, generalmente, la cantidad de soluto disuelta en una determinada cantidad de disolvente o de disolución.

*La concentración de una disolución es la cantidad de soluto disuelta por unidad de masa o volumen de disolvente o de disolución.*

Si nos referimos *cuantitativamente* a la concentración, podremos hablar de disoluciones *diluidas* (poco soluto disuelto) o *concentradas* (mucho soluto disuelto), pero, por lo general, esta información no es suficiente para la

mayoría de aplicaciones de estos sistemas; por este motivo se adoptan unas unidades de concentración, siendo las más importantes:

a) *Porcentaje en peso*. Representa el número de gramos de soluto presentes en 100 gramos de disolución:

#### Ejemplo

Una disolución contiene 20 gramos de glucosa en 100 gramos de agua. ¿Cuál es el porcentaje en peso?

En dicha solución tendremos:

Soluta	Disolvente	Disolución
20 gramos	100 gramos	120 gramos

por lo que  $\frac{20 \text{ gramos soluto}}{120 \text{ gramos disolución}}$  será el tanto por uno en peso, o sea:

$$\text{Porcentaje en peso} = \frac{20}{120} \cdot 100 = \frac{2000}{120} = 16,6\%$$

b) *Gramos por dm<sup>3</sup>*. Corresponde al número de gramos de soluto presentes en un dm<sup>3</sup> de disolución.

c) *Molaridad*. Es el número de moles de soluto contenidos en un dm<sup>3</sup> de disolución; se abrevia por la letra M.

#### Ejemplo

En un dm<sup>3</sup> de disolución hay 18 gramos de glucosa. ¿Cuál es su molaridad?

Fórmula de la glucosa C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>

Masa molecular = 180

1 mol de glucosa = 180 gramos

$$\frac{18 \text{ gramos glucosa}}{1 \text{ dm}^3 \text{ disolución}} \cdot \frac{1 \text{ mol glucosa}}{180 \text{ gramos glucosa}} = 0,1 \text{ M}$$

d) *Molalidad*. Es el número de moles de soluto contenidos en un kilogramo de disolvente. Se representa por m.

#### Ejemplo

Así, si una disolución de glucosa contiene 18 gramos de glucosa en 500 gramos de agua, su molalidad será:

C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> = 180      1 mol = 180 gramos

Disolvente = agua

$$\frac{18 \text{ gramos glucosa}}{500 \text{ gramos agua}} \cdot \frac{1 \text{ mol glucosa}}{180 \text{ gramos glucosa}}$$

$$\frac{1000 \text{ gramos agua}}{1 \text{ kg agua}} = 0,2 \text{ mol/kg} = 0,2 \text{ m}$$

e) *Fracción molar*. Corresponde al número de moles de un componente en relación a los totales. Se representa por X.

## Ejemplo

Para la disolución anterior:

$$\text{moles de glucosa} = 18/180 = 0,1 \text{ mol}$$

$$\text{moles de agua} = 500/18$$

$$X_{\text{glucosa}} = 0,1/(0,1 + 500/18) = 0,0035$$

f) *Normalidad*. Corresponde al número de equivalentes-gramo de soluto por  $\text{dm}^3$  de disolución; se representa por N.

## 5 EL PROCESO DE DISOLUCION

### DISOLUCION SATURADA. SOLUBILIDAD

Toma un vaso con agua y agrega un gran cristal de sulfato de cobre (II); empezarás a observar que la zona que circunda el cristal se rodea de una aureola azul, que te indica que el cristal empieza a disolverse, y existirá una cierta velocidad de disolución.

Cuando la intensidad del color azul aumente, habrá un mayor número de partículas disueltas y aumentará la posibilidad de que algunas de ellas vuelvan a quedar retenidas en fase sólida y se inicia un proceso de cristalización o retorno, cuya velocidad empieza a aumentar.

En este tipo de sistemas, se llega a una situación de igualdad de velocidades, conocida con el nombre de *situación de equilibrio*, a partir de la cual *la composición no varía* debido a que la misma cantidad que se disuelve vuelve a cristalizar (Fig. 6.3.). En estas condiciones, diremos que la disolución está *saturada*, pues contiene la máxima concentración posible de soluto.

Fig. 6.3 El sólido se disuelve hasta que se alcanza el equilibrio sólido-disolución (saturación).

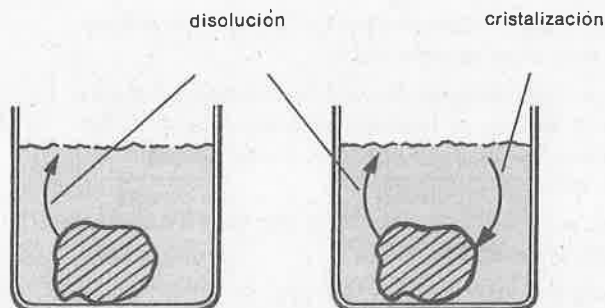
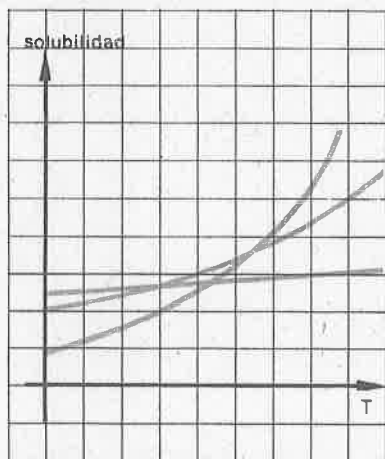


Fig. 6.4 La solubilidad de los sólidos, por lo general, crece al aumentar la temperatura.



Se llama **solubilidad** a la concentración de una disolución saturada; su valor depende tanto de la naturaleza del soluto y disolvente como de la temperatura.

A menudo, el proceso de disolución de solutos sólidos (especialmente sales) en agua va acompañada de absorción de calor, es decir, es un proceso del tipo:



por lo que, al calentar se favorece la disolución del soluto, es decir, aumenta la solubilidad.

La variación de la solubilidad de un soluto en función de la temperatura, se expresa en las curvas de solubilidad (Fig. 6.4). Su conocimiento es importante para el estudio de los procesos de purificación de sustancias por recristalización.

## DISOLUCIONES. GAS-LIQUIDO

Cuando se trata de disoluciones de un gas en un líquido, la solubilidad disminuye al aumentar la temperatura; así, por ejemplo, sabrás que el agua carbónica tiene un sabor menos picante cuando se deja a temperatura ambiente y, por el contrario, al sacarla de la nevera su sabor picante es mucho más intenso. El aumento de temperatura no favorece la solubilidad del gas en el líquido, en cambio, el aumento de presión del gas sobre la superficie libre del líquido favorece el proceso de disolución (Fig. 6.5).

*Ley de Henry. La solubilidad de un gas en un líquido es directamente proporcional a la presión del gas:*

$$S = kp$$

En la fabricación de bebidas carbónicas, tales como el sifón, se aumenta la cantidad de  $\text{CO}_2$  disuelto sometiéndolo a una presión adecuada y, por el contrario, cuando interesa eliminar el gas disuelto en un líquido, se recurre a un proceso de calentamiento; así, si observas el proceso de calentamiento de una masa de agua, observarás que de la misma salen unas burbujas, mucho antes de iniciarse el proceso de ebullición, ¿a qué son debidas?

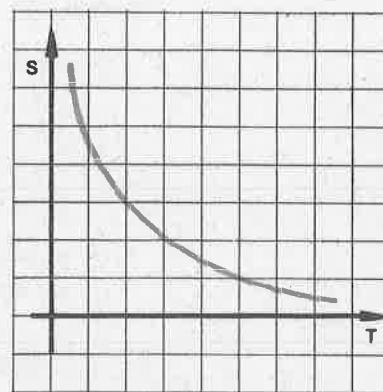


Fig. 6.5 La solubilidad de un gas disminuye al aumentar la temperatura.

## 6 DISOLUCIONES CONDUCTORAS

### CONDUCTIVIDAD DE LAS DISOLUCIONES

Al hablar de las clases de disoluciones, hemos indicado que, según el tipo de especies disueltas, se pueden establecer dos grandes categorías de disoluciones, a saber:

- Disoluciones no-conductoras.
- Disoluciones conductoras.

A las disoluciones conductoras las denominaremos *disoluciones electro-líticas*, y a las sustancias en ellas disueltas *electrólitos*.

El estudio de la conductividad de estas disoluciones condujo a Faraday (siglo XIX) al descubrimiento de que, en tales disoluciones, y como consecuencia del paso de la corriente eléctrica, se producía un cambio químico, es decir, se obtenían nuevas sustancias químicas.

*Electrólisis es el cambio químico producido por la corriente eléctrica al pasar por una disolución electrolítica.*

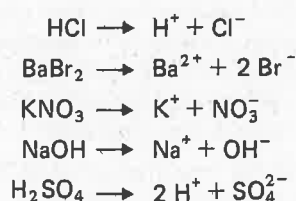
El estudio de estos procesos se realizará en el capítulo 10.

### TEORIA DE ARRHENIUS

El estudio del proceso de electrólisis sugiere la pregunta: ¿Por qué las disoluciones electrolíticas son conductoras de la corriente? La respuesta a dicha pregunta fue dada por Svante Arrhenius (1887) en su *teoría de la ionización*, cuyos puntos fundamentales son los siguientes:

- Al disolver en agua las sustancias llamadas electrólitos, éstas se fragmentan en partículas menores llamadas **iones**.
- Los iones son átomos o grupos de átomos con carga eléctrica.
- Los iones positivos se llaman *cationes* y los negativos *aniones*. Dado que toda disolución es eléctricamente neutra, la carga total aportada por los cationes debe coincidir con la aportada por los aniones.

Estos tres primeros postulados quedan reflejados en las ecuaciones de ionización:



d) Los iones se comportan independientemente unos de otros y constituyen especies químicas con propiedades específicas.

Así, todas las sales de sodio ( $\text{Na}^+$ ) comunican a la llama una coloración amarilla, es decir, que el ion sodio manifiesta dicha propiedad con independencia del anión que pueda acompañarle (nitrato  $\text{NO}_3^-$ , cloruro  $\text{Cl}^-$ , clorato  $\text{ClO}_3^-$  . . .).

e) El proceso de ionización no es total, es decir, parte del electrolito se ioniza y parte no se ioniza. Hablaremos del grado de ionización ( $\alpha$ ) al referirnos al tanto por uno de moléculas ionizadas.

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{\text{moléculas ionizadas}}{\text{moléculas totales disueltas}} = \\ &= \frac{\text{moles ionizados}}{\text{moles totales disueltos}} \end{aligned}$$

Así, si al disolver 5 mol de ácido sulfhídrico en agua se ioniza 1 solo mol,

$$\alpha = \frac{1}{5} = 0,2$$

f) Según el valor de  $\alpha$ , los electrolitos se clasifican en fuertes o débiles.

*Electrolito débil:*  $\alpha \approx 0$  (pocos iones en disolución)

*Electrolito fuerte:*  $\alpha \rightarrow 1$  (muchos iones en disolución)

Así pues, la presencia de especies con cargas eléctricas en disolución, como postula la teoría de Arrhenius, justifica la conductividad de las disoluciones electrolíticas, dado que el movimiento de iones en el interior de la disolución permite cerrar el circuito (Fig. 6.6).

No obstante, la teoría de Arrhenius a la luz de los conocimientos actuales, ofrece serias limitaciones, de las cuales, quizá la más importante estriba en el hecho ya comentado al hablar del enlace químico, de que las sustancias con enlace iónico, como las sales, ya poseen iones en sus cristales y, por consiguiente, no puede hablarse de proceso de ionización al disolverlos en agua, ni tampoco tiene sentido hablar, en estos casos, de grado de ionización.

Como resumen final, diremos que formarán disoluciones conductoras todas aquellas sustancias que, siendo solubles:

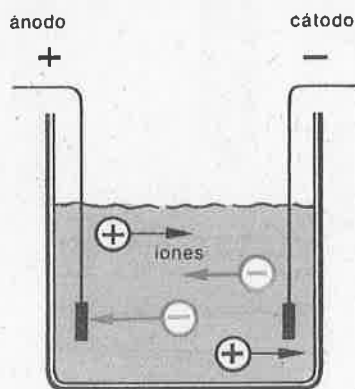
- contengan iones en sus cristales ( $\text{Na}^+\text{Cl}^-$ )
- se ionicen al disolverse en agua (HCl)

y por otra parte, también conducirán, pero en estado de fusión, las sustancias con enlace iónico.

## 7 DISOLUCIONES COLOIDALES. DIALISIS

En el año 1861 el químico inglés Thomas Graham, estudió la difusión de sustancias en disolución a través de membranas de pergamino y observó

Fig. 6.6 Los iones sodio y cloro se dirigen al cátodo y ánodo respectivamente.



que, en las disoluciones de sustancias cristalinas tales como el azúcar, cloruro de sodio y otras sales, éstas pasaban a través de la membrana, mientras que otras como la cola, ácido silícico, hidróxido de hierro (III) no pasaban a través de la membrana. De acuerdo con este comportamiento clasificó a las sustancias en dos grandes categorías: *cristaloides* y *coloides*.

En la actualidad, muchos coloides han sido preparados en forma cristalina y otras sustancias típicamente cristalinas han podido disolverse en forma coloidal; debido a ello dicha clasificación clásica ha sido abandonada.

Las disoluciones coloidales se distinguen de las llamadas verdaderas, por el tamaño de las partículas disueltas, ya que en las disoluciones verdaderas su diámetro es inferior a  $0,001 \mu$ , mientras que en los coloides está entre  $0,1$  y  $0,001 \mu$  ( $1 \mu = 10^{-3} \text{ mm}$ ). A las partículas coloidales dispersas en el disolvente se las llama *micelas*.

A fin de separar las partículas disueltas en las disoluciones verdaderas, de las micelas, se utiliza el proceso llamado **diálisis**, consistente en colocar la disolución en un cilindro cuyo fondo está formado por una membrana de pergamino y sumergir el cilindro en otro recipiente con agua. Los cristaloides (disolución verdadera) pasan a través de la membrana y los coloides no (Fig. 6.7). Son muy importantes los procesos de diálisis en el tratamiento de afecciones renales.

Cuando la migración de los cristaloides se facilita con la corriente eléctrica el proceso se denomina *electrodiálisis*.

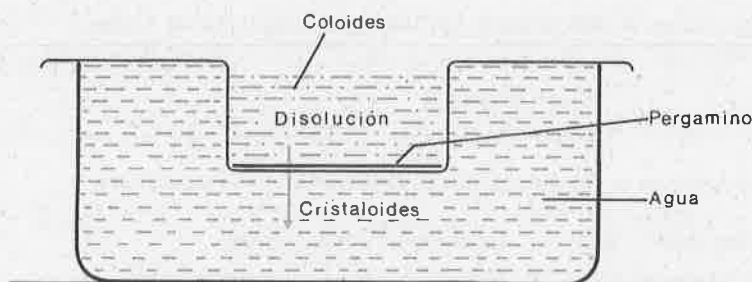


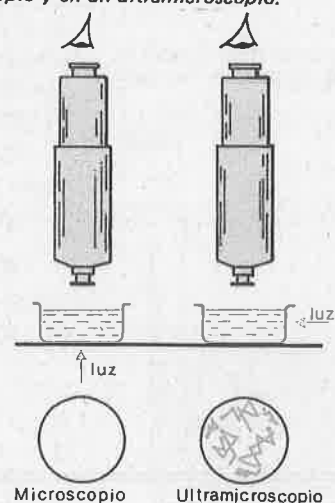
Fig. 6.7 Célula de diálisis.

## 8 PROPIEDADES DE LAS DISOLUCIONES COLOIDALES

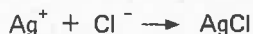
Las principales propiedades de las disoluciones coloidales son las siguientes:

- Las partículas coloidales, si bien por su tamaño atraviesan los poros de un papel de filtro normal, quedan retenidas por los ultrafiltros (menor tamaño de poro).
- Gracias al efecto Tyndall, por el cual las micelas coloidales, al refractar la luz, se convierten en focos emisores de luz, las partículas coloidales son visibles en un ultramicroscopio (Fig. 6.8), donde se puede observar el incesante *movimiento browniano* de las micelas, movimiento irregular y rápido en desordenados zig-zag.
- Las micelas coloidales llevan carga eléctrica, y esta carga, al impedir que las micelas se agrupen, estabiliza el coloide. Cuando un coloide pierde la carga por *adición de electrólito* o por *aumento de temperatura*, el coloide *coagula* o *flocula*, es decir, las partículas se agrupan y sedimentan. La carga eléctrica del coloide se debe fundamentalmente a la adsorción de iones presentes en la disolución.

Fig. 6.8 Iluminación en un microscopio y en un ultramicroscopio.



Así, al preparar cloruro de plata coloidal mediante la reacción:



si el ion  $\text{Cl}^-$  está en exceso, se forma un coloide negativo, pero si el que está en exceso es el ion  $\text{Ag}^+$ , el coloide formado será positivo.

Si se mezclan en proporciones adecuadas dos coloides de signo contrario, coagulan ambos.

## 9 CLASES DE COLOIDES. OBTENCION

Los coloides se pueden dividir en dos grandes categorías: *emulsoides* o coloides liófilos y *suspensoides* o coloides liófobos. Los primeros son coloides *reversibles*, es decir, que pasan difícilmente de dispersos (*sol*) a coagulados (*gel*), pero una vez gelificados pueden volver a pasar a sol con facilidad añadiendo disolvente; a este proceso se llama *peptización*. En los coloides liófobos o suspensoides, una vez formado el gel, no puede regenerarse el sol, por ello, se llaman coloides *irreversibles*.

Forman coloides liófilos: la cola, la gelatina, el ácido silícico etc., mientras que los metales, el cloruro de plata, el hidróxido de hierro (III) etc. forman coloides liófobos.

La diferencia entre estas dos clases de coloides se explica por la gran afinidad por el disolvente o medio dispersante en los liófilos y la pequeña afinidad en los liófobos.

Para la obtención de coloides existen dos procedimientos generales que son: *la dispersión*, en el cual se parte de partículas mayores y la *condensación* o *aglomeración* en el que, partiendo de partículas menores, se obtienen partículas de tamaño coloidal.

### EJERCICIOS DE RECAPITULACION

- Supongamos la siguiente tabla de solubilidades de un producto en agua:

Solubilidad g/dm <sup>3</sup>	34	68	102	153		
Temperatura	20°C	35°C	40°C	60°C	80°C	90°C

  - ¿Sabrías predecir la solubilidad a 35 °C y 80 °C ?
  - Dibuja la curva de solubilidad.
- Calcula la cantidad de cloruro de bario necesario para preparar 1 dm<sup>3</sup> de disolución 2 M (Ba = 137; Cl = 35,5).
- Calcula la molaridad y la molalidad de una disolución de ácido sulfúrico que contiene 49 g de ácido en 2000 g de agua, si el volumen que ocupan los 2049 g es de 2,1 dm<sup>3</sup> (S = 32).
- Calcula la molaridad de una disolución que contiene 11,2 g/dm<sup>3</sup> de KOH (K = 39).
- Si una disolución de ácido fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) es del 90% de riqueza en peso y su densidad es 1,746 g/cm<sup>3</sup>, ¿cuál será su molaridad? (P = 31).
- ¿Cuál es la molalidad de una solución que contiene 20 g de sacarosa (C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>) en 125 g de agua? ¿Sabrías calcular las fracciones molares? (C = 12).
- Calcula la normalidad de una disolución que contiene 24,5 g de ácido sulfúrico en 500 cm<sup>3</sup> de disolución (S = 32).
- Calcula la molaridad, molalidad y normalidad de una disolución de KOH al 30% en peso, cuya densidad es 1,20 g/cm<sup>3</sup> (K = 39).

