



Biología

SERIE **OBSERVA**

El libro Biología, para segundo curso de Bachillerato, es una obra colectiva concebida, diseñada y creada en el Departamento de Ediciones Educativas de Santillana Educación, S. L. y Zúbia Editorial, S. L., dirigido por **Teresa Grence Ruiz** y **Joseba Santxo Uriarte**.

En su elaboración ha participado el siguiente equipo:

Antonio Jimeno

Luis Ugedo

Manuel Ballesteros

SECCIÓN PERFIL PROFESIONAL

José María Prada

EDICIÓN

Ana Piqueres Fernández

Daniel Masciarelli García

Julia Manso Prieto

Raquel Andrés González

EDICIÓN EJECUTIVA

Ainhoa Basterretxea

Begoña Barroso Nombela

DIRECCIÓN DEL PROYECTO

Antonio Brandi Fernández

Joseba Santxo Uriarte

Las actividades de este libro no deben ser realizadas en ningún caso en el propio libro. Las tablas, esquemas y otros recursos que se incluyen son modelos para que el alumno los traslade a su cuaderno.

1. Los bioelementos, el agua y las sales minerales

6

1. Los átomos y las moléculas se unen mediante enlaces químicos
2. Los seres vivos están constituidos por bioelementos
3. Los principios inmediatos o biomoléculas constituyen la materia viva
4. El agua es fundamental para las reacciones que permiten la vida
5. Las sales minerales se pueden encontrar precipitadas o disueltas

SABER HACER. Averiguar la existencia de sales minerales en los esqueletos

6. Las disoluciones verdaderas están formadas por cristaloides

SABER HACER. Conocer la acidez o basicidad de un medio

7. Los medios internos de muchos organismos son dispersiones coloidales
8. Ciertas técnicas permiten separar los distintos tipos de biomoléculas

SABER HACER. Realizar una diálisis

CIENCIA EN TU VIDA. ¿Qué aplicaciones tiene el uso de marcadores radioactivos?

2. Los glúcidos

26

1. Los glúcidos contienen grupos aldehído o grupos cetona
2. Los monosacáridos son los glúcidos más simples
3. Los enlaces O-glucosídico y N-glucosídico unen monosacáridos
4. Los disacáridos están formados por la unión de dos monosacáridos
5. Los polisacáridos se forman por unión de diez o más monosacáridos
6. Los glúcidos pueden asociarse a otros tipos de moléculas
7. Los glúcidos realizan funciones energéticas y estructurales

SABER HACER. Reconocer glúcidos en el laboratorio

CIENCIA EN TU VIDA. ¿Cómo se relaciona la calidad de los alimentos con los polisacáridos?

3. Los lípidos

44

1. Los lípidos son moléculas insolubles en agua
2. Los ácidos grasos pueden ser saturados o insaturados
3. Los lípidos simples u hololípidos son ésteres de ácidos grasos y alcohol

SABER HACER. Saponificar un aceite

4. Los lípidos son ésteres de un alcohol, ácidos grasos y otras moléculas

SABER HACER. Reconocer la capacidad emulsionante de los jabones

5. Los lípidos insaponificables son los que carecen de ácidos grasos
6. Los lípidos desempeñan diversas funciones

CIENCIA EN TU VIDA. ¿Cómo podemos controlar el nivel de colesterol en nuestro cuerpo?

Competencias básicas

A lo largo del libro, encontraréis junto a muchos ejercicios los iconos de las competencias básicas del proyecto **HEZIBERRI**. Cada uno de esos iconos nos indica la competencia básica que se trabaja en cada caso.

Competencias básicas disciplinares

-  Competencia en comunicación lingüística y literaria
-  Competencia matemática
-  Competencia científica
-  Competencia tecnológica
-  Competencia social y cívica
-  Competencia artística
-  Competencia motriz

Competencias básicas transversales

-  Competencia para la comunicación verbal, no verbal y digital
-  Competencia para aprender y para pensar
-  Competencia para convivir
-  Competencia para la iniciativa y el espíritu emprendedor
-  Competencia para aprender a ser uno mismo

4. Las proteínas

60

1. Las proteínas están constituidas por aminoácidos
2. Los aminoácidos se ionizan como bases y como ácidos
3. Los aminoácidos se unen mediante un enlace peptídico
4. Las proteínas pueden presentar hasta cuatro niveles estructurales

SABER HACER. Identificar aminoácidos con cadenas cíclicas

5. Los radicales de los aminoácidos determinan propiedades de las proteínas
6. Las proteínas desempeñan diversas funciones
7. Las proteínas se clasifican en holoproteínas y heteroproteínas

SABER HACER. Determinar la presencia de proteínas mediante la prueba de Biuret

CIENCIA EN TU VIDA. ¿De dónde viene el interferón?

5. Los ácidos nucleicos

78

1. Los ácidos nucleicos están formados por la unión de muchos nucleótidos
2. El ácido desoxirribonucleico o ADN presenta muchos tipos y formas
3. El ADN tiene diferentes niveles estructurales
4. La fibra de ADN se empaqueta para reducir su tamaño
5. Existen muchos tipos de ácidos ribonucleicos o ARN según su función

SABER HACER. Extraer ADN de plátano

CIENCIA EN TU VIDA. ¿Qué aplicaciones tiene la secuenciación del ADN?

6. La célula, unidad estructural y funcional

96

1. El descubrimiento de la célula dio paso al desarrollo de la teoría celular
2. Las células presentan distintos tamaños y formas
3. Parte de la estructura de las células es común a todas ellas
4. La microscopía constituye una técnica fundamental para el estudio de las células

SABER HACER. Elaborar preparaciones microscópicas

CIENCIA EN TU VIDA. ¿Qué avances ha experimentado la microscopía en las últimas décadas?

7. La membrana plasmática, el citosol y los orgánulos no membranosos 118

1. La estructura y propiedades de la membrana determinan sus funciones
2. Las estructuras extracelulares proporcionan protección a las células

SABER HACER. Observar la epidermis de la cebolla

3. El citoplasma está formado por una parte acuosa, una red de filamentos y una serie de orgánulos
4. El centrosoma es responsable de los movimientos y del citoesqueleto de la célula
5. Los cilios y los flagelos se ocupan de la motilidad de la célula
6. Los ribosomas son las estructuras encargadas de la síntesis proteica

CIENCIA EN TU VIDA. ¿Qué utilidad tiene conocer el funcionamiento de la membrana plasmática?

8. Los orgánulos celulares delimitados por membranas 142

1. El retículo endoplasmático es un sistema de membranas con múltiples funciones
2. El aparato de Golgi interviene en procesos que van desde la síntesis hasta el transporte de sustancias
3. Los lisosomas almacenan enzimas digestivas e intervienen en la digestión intracelular
4. Las vacuolas son vesículas de origen membranoso que almacenan y transportan sustancias
5. Los peroxisomas y glioxisomas son orgánulos que intervienen en procesos oxidativos
6. Las mitocondrias son orgánulos polimorfos transductores de energía
7. Los cloroplastos son orgánulos de las células vegetales que sintetizan materia orgánica

SABER HACER. Observar plastos y vacuolas

8. El núcleo es el principal orgánulo eucariota relacionado con la expresión génica y la replicación del ADN

CIENCIA EN TU VIDA. ¿Cómo interviene la ciencia en la esperanza de vida del ser humano?

9. El metabolismo, las enzimas y las vitaminas 166

1. El metabolismo celular comprende las reacciones químicas que permiten la vida
2. El ATP es una molécula que almacena y cede energía
3. El control del metabolismo lo ejercen las enzimas y las hormonas
4. Las enzimas son los catalizadores de las reacciones metabólicas

SABER HACER. Reconocer la presencia de la enzima catalasa

5. Las vitaminas tienen un papel fundamental en el metabolismo

SABER HACER. Reconocer la presencia de la vitamina C

CIENCIA EN TU VIDA. ¿Se pueden fabricar enzimas?

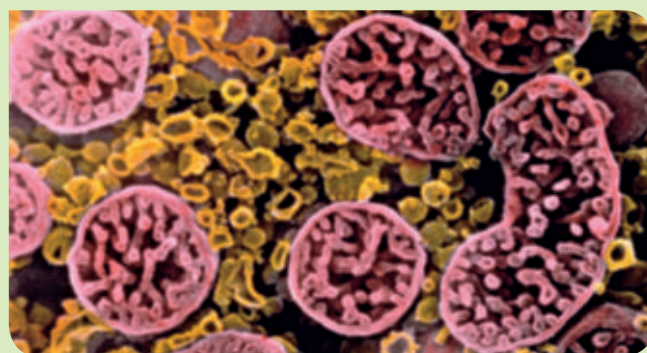
10. El catabolismo 188

1. En el catabolismo celular se libera energía gracias a reacciones de transferencia de electrones
2. El catabolismo de los glúcidos puede ocurrir por respiración o por fermentación
3. En la glucólisis la célula obtiene energía a partir de la glucosa
4. En la respiración se produce ATP mediante las ATP sintasas de la membrana
5. El catabolismo de los lípidos libera energía gracias a la β -oxidación de los ácidos grasos
6. El catabolismo de las proteínas requiere separar y eliminar los grupos aminos
7. El catabolismo de los ácidos nucleicos comienza con la acción de las nucleasas
8. El catabolismo por fermentación permite obtener energía en ausencia de oxígeno

SABER HACER. Cuantificar la producción de CO_2 en la fermentación alcohólica

9. La respiración y la fermentación tienen similitudes y diferencias

CIENCIA EN TU VIDA. ¿Cómo se puede diagnosticar una miopatía mitocondrial?



11. El anabolismo 212

1. El anabolismo es la vía constructiva del metabolismo
 2. La fotosíntesis transforma la energía de la luz en energía química
- SABER HACER. Conocer los pigmentos fotosintéticos
3. En la quimiosíntesis se utiliza energía química de la oxidación de sustancias inorgánicas
 4. En el anabolismo heterótrofo se forman moléculas orgánicas complejas a partir de moléculas orgánicas sencillas

5. En el anabolismo heterótrofo de los glúcidos se sintetiza glucosa y sus polímeros
6. En el anabolismo heterótrofo de los lípidos se sintetizan ácidos grasos y triglicéridos
7. En la síntesis de los aminoácidos no esenciales se parte del ácido α -cetoglutarico
8. La síntesis de los nucleótidos sigue dos vías, una para las bases púricas y otra para las pirimidínicas

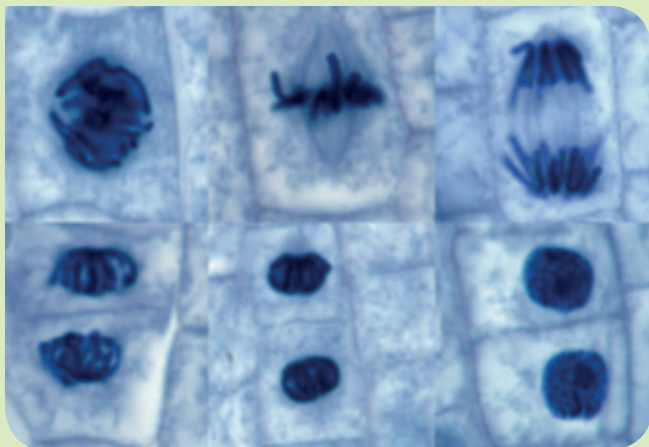
CIENCIA EN TU VIDA. ¿Cómo influyen las hormonas en el metabolismo celular?

12. La reproducción y relación de la célula 238

1. Las células viven un tiempo variable que acaba en su reproducción o su muerte
2. El ritmo de reproducción depende del tipo de célula y de diversos factores
3. El ciclo celular comprende desde el nacimiento de la célula hasta su división
4. Los seres vivos se reproducen de forma sexual o asexual
5. La meiosis reduce a la mitad el número de cromosomas
6. Las especies presentan ciclos haplontes, diplohaplontes o diplontes
7. La reproducción sexual es más ventajosa que la asexual
8. En la función de relación de los organismos pluricelulares interviene un sistema de señalización

SABER HACER. Observar respuestas de protozoos ciliados

CIENCIA EN TU VIDA. ¿Qué aporta a la medicina el conocimiento de la división celular?



13. La genética mendeliana 262

1. Los experimentos de Mendel dieron lugar a las leyes de la herencia

SABER HACER. Resolver problemas de genética mendeliana utilizando las reglas de probabilidad

2. Algunos tipos de herencia no siguen el modelo de la herencia dominante completa

SABER HACER. Resolver problemas de herencia sin dominancia completa

3. La teoría cromosómica de la herencia afirma que los genes están en los cromosomas
4. Los genes ligados no se heredan juntos si se produce una recombinación

SABER HACER. Elaborar un mapa cromosómico

5. El sexo de los individuos depende de los cromosomas en muchas especies
6. Existen caracteres cuya herencia está ligada a los cromosomas sexuales

SABER HACER. Resolver problemas de herencia ligada al sexo. Analizar árboles genealógicos o pedigríes

CIENCIA EN TU VIDA. ¿Hay causas genéticas en la obesidad?

14. El ADN, portador del mensaje genético 286

1. Varios experimentos confirmaron el ADN como portador de la información genética
2. La duplicación o replicación del ADN es semiconservativa
3. Diferentes experimentos demostraron cómo es la síntesis del ADN
4. El mecanismo de duplicación del ADN es similar en procariotas y eucariotas
5. Los genes controlan las enzimas que regulan la producción de sustancias

SABER HACER. Resolver problemas de rutas metabólicas

6. El ADN se transcribe en ARNm para la expresión del mensaje genético
7. El código genético es la correlación entre las secuencias de ARNm y las proteínas
8. El ARNm se traduce en una secuencia de aminoácidos
9. En las células existen sistemas de regulación de la expresión génica

CIENCIA EN TU VIDA. ¿Qué función desempeña la topoisomerasa en la división celular?

15. Las mutaciones y la ingeniería genética 308

1. Existen muchos tipos de mutaciones que pueden ser naturales o inducidas
2. Las mutaciones génicas pueden afectar a la síntesis de proteínas
3. Las mutaciones cromosómicas provocan cambios en las secuencias génicas
4. Las mutaciones genómicas alteran el número de cromosomas de las células
5. Los agentes mutagénicos pueden ser tanto físicos como químicos
6. Las mutaciones pueden ser la causa de la aparición de determinados tipos de cáncer
7. Las diferentes técnicas de ingeniería genética tienen múltiples aplicaciones
8. La clonación y las células madre han abierto un amplio campo de investigación
9. La biotecnología puede conllevar riesgos y generar debates

CIENCIA EN TU VIDA. ¿En qué consiste el Proyecto del Genoma Humano?



16. La evolución y la genética de poblaciones 336

1. La evolución es la transformación de unas especies en otras a lo largo del tiempo
2. Darwin y Wallace presentaron la teoría de la evolución por selección natural
3. Se han encontrado pruebas de la evolución en múltiples áreas de la ciencia
4. La teoría de la evolución actual sintetiza datos de varios campos de investigación
5. La genética de poblaciones explica de forma matemática el cambio evolutivo

SABER HACER. Resolver problemas sencillos de genética de poblaciones

6. En las poblaciones naturales existen factores que favorecen la evolución

SABER HACER. Calcular la variación de las frecuencias en diferentes casos

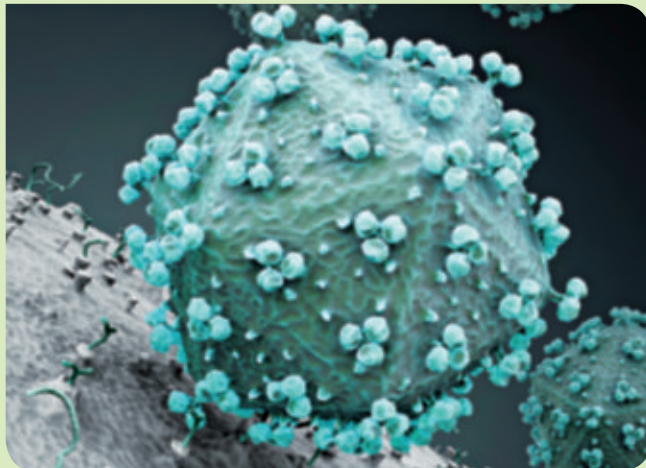
7. Para que la especiación tenga lugar se necesita el aislamiento reproductivo
 8. Todas las especies actuales tienen un antecesor común
- CIENCIA EN TU VIDA. ¿Cómo se estudian las tortugas de las islas Galápagos?

17. Los microorganismos 358

1. Los microorganismos están presentes en todos los dominios
2. Los virus son agentes infecciosos acelulares
3. Las bacterias se asocian formando agrupaciones
4. Las bacterias presentan diversos tipos de nutrición y mecanismos de relación
5. La reproducción en las bacterias incluye mecanismos parasexuales
6. Las bacterias se clasifican según diversos criterios
7. Las arqueobacterias colonizan ambientes de condiciones extremas
8. Los microbios eucariotas pertenecen al reino Protocistas y al reino Hongos

SABER HACER. Cultivar y observar microorganismos de aguas dulces

9. Los microorganismos intervienen en los ciclos de la materia
- CIENCIA EN TU VIDA. ¿Qué es la aerobiología?



18. Microorganismos, enfermedades y biotecnología 384

1. Algunos microorganismos producen enfermedades
 2. Los viroides y priones son los agentes infecciosos más simples
 3. Las enfermedades infecciosas se transmiten por diferentes vías
 4. Es posible aislar y cultivar los microorganismos
- SABER HACER. Comprobar la actividad antimicrobiana de los antibióticos
5. Los microorganismos se emplean para obtener alimentos
 6. La biotecnología microbiana aporta múltiples beneficios
- CIENCIA EN TU VIDA. ¿Qué enfermedades víricas pueden transmitir los mosquitos?

19. El proceso inmunitario 408

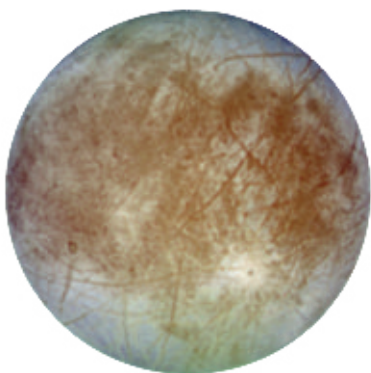
1. La inmunidad innata se basa en mecanismos de defensa inespecíficos
 2. La inmunidad adquirida genera una respuesta específica frente al patógeno
 3. El sistema inmunitario desencadena dos tipos de respuesta: humoral y celular
 4. Los antígenos pueden presentar zonas de unión para diferentes anticuerpos
 5. Los anticuerpos o inmunoglobulinas son específicos para cada antígeno
 6. Existen diferentes tipos de reacciones antígeno-anticuerpo
- SABER HACER. Calcular la concentración de antígenos en suero
7. El sistema inmunitario recuerda las respuestas frente a los patógenos
 8. Otros mecanismos ayudan al sistema inmunitario en la defensa del organismo
- CIENCIA EN TU VIDA. ¿Qué factores externos influyen en el sistema inmunitario?

20. Anomalías del sistema inmunitario 428

1. La autoinmunidad responde frente a moléculas del propio organismo
 2. Las enfermedades de autoinmunidad se deben a fallos en el sistema inmunitario
 3. Existen dos tipos de reacciones de hipersensibilidad
 4. La inmunodeficiencia puede ser congénita o adquirida
 5. El virus del sida debilita la acción del sistema inmunitario
 6. Las células cancerosas escapan del control del sistema inmunitario
 7. El rechazo del trasplante se debe a la respuesta inmunitaria del receptor
- SABER HACER. Analizar el tratamiento de trasplantes
8. La inmunoterapia suple deficiencias del sistema inmunitario y evita rechazos
 9. Los sueros y las vacunas dotan de inmunidad adquirida a las personas
- CIENCIA EN TU VIDA. ¿Cómo se propagó la enfermedad del sida por el mundo?

1

Los bioelementos, el agua y las sales minerales



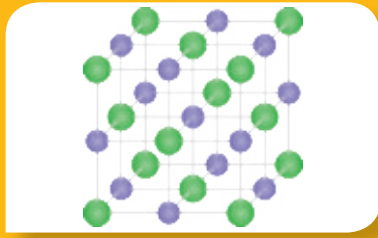
La presencia de vida es, sin duda, la principal característica de nuestro planeta. Para que en un planeta haya vida es necesario que su temperatura permita que haya agua líquida, dado que es el medio en el cual se realizan todas las reacciones químicas que son necesarias para la nutrición.

La temperatura de un planeta depende de la distancia a su estrella. Ha de tener también un tamaño que le permita retener los compuestos gaseosos, es decir, tener una atmósfera que, gracias al efecto invernadero, evite los cambios bruscos de temperatura.

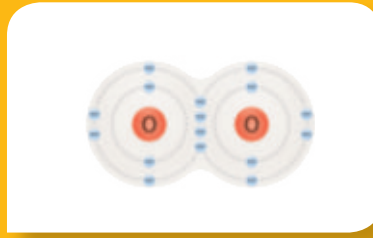
Además, esta atmósfera debe tener una composición adecuada para que la temperatura no sea excesiva.

Actualmente no conocemos ningún otro lugar en el universo donde haya vida. Los científicos tienen esperanzas de que, si se encuentra algún otro cuerpo celeste, planeta o satélite que posea agua líquida, sea posible hallar vida, al menos de tipo bacteriano.

El satélite Europa, de Júpiter, es el cuerpo celeste con más posibilidad de tener agua líquida bajo su capa superficial de hielo.



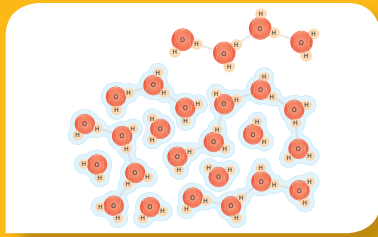
1 Los átomos y las moléculas se unen mediante enlaces químicos



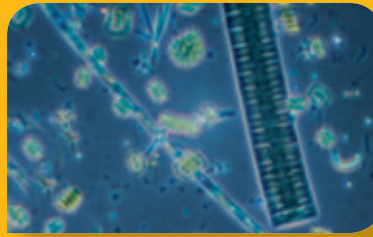
2 Los seres vivos están constituidos por bioelementos



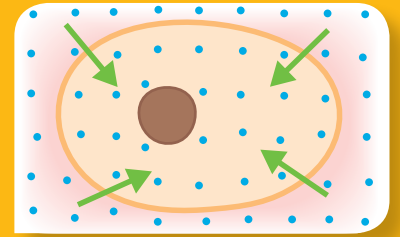
3 Los principios inmediatos o biomoléculas constituyen la materia viva



4 El agua es fundamental para las reacciones que permiten la vida



5 Las sales minerales se pueden encontrar precipitadas o disueltas



6 Las disoluciones verdaderas están formadas por coloides



7 Los medios internos de muchos organismos son dispersiones coloidales

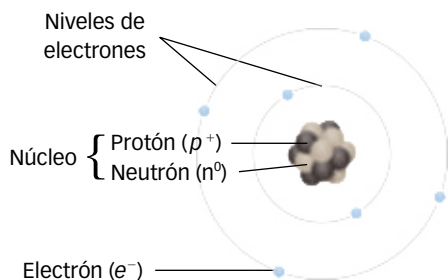


8 Ciertas técnicas permiten separar los distintos tipos de biomoléculas

PARA COMENZAR

- ¿Por qué es tan importante la presencia de agua para que pueda haber vida?
- ¿Qué características debe tener un planeta o un satélite para tener agua líquida?
- ¿Crees que podría haber vida en nuestro planeta si no hubiera oxígeno y todas las aguas estuvieran saturadas de materia orgánica?
- ¿Qué otras moléculas conoces, aparte del agua, que sean imprescindibles para la vida?
- Cita los niveles de organización de la materia que conozcas y pon un ejemplo de cada uno de ellos.
¿Cuál es la partícula más pequeña de la que se componen los elementos?
¿Qué nivel presenta mayor complejidad?

1 Los átomos y las moléculas se unen mediante enlaces químicos



Carbono $\cdot\dot{\text{C}}\cdot$ 6 e, 6 p, 6 n

Número atómico: 6

Masa atómica: 12

Estructura del átomo de carbono.

En el símbolo químico del átomo se ha indicado con puntos el número de electrones de su última órbita, es decir, los electrones que pueden intervenir para establecer enlaces químicos con otros átomos.

***Ion:** átomo o molécula con carga eléctrica. Cuando un átomo aislado gana electrones, adquiere carga global negativa, y si los pierde, adquiere carga global positiva. Los átomos cargados negativamente se denominan **aniones**, y los cargados positivamente, **cationes**.

Los conceptos fundamentales para entender la composición de la materia son:

- **Elemento químico o sustancia simple.** Es una sustancia que no se puede descomponer en otras mediante reacciones químicas y que está constituida por un solo tipo de átomo. Por ejemplo, el hidrógeno (H), el oxígeno (O), el carbono (C), el hierro (Fe), etc. De los 118 elementos químicos que se conocen, algunos solo se han obtenido artificialmente y durante un tiempo corto.
- **Átomo.** Es la parte más pequeña de un elemento químico. Los átomos están constituidos por un núcleo formado por **protones** y **neutrones**, y una corteza formada por **electrones**. El número de protones y electrones es el mismo para cada átomo. Por ejemplo, el átomo de carbono tiene seis protones en su núcleo y seis electrones en la corteza.
- **Molécula.** Es la unión de dos o más átomos. Si los átomos son del mismo tipo, se forman **moléculas homogéneas**, como los gases oxígeno (O₂), nitrógeno (N₂), hidrógeno (H₂), etc.; si son átomos de diferente tipo, se forman **moléculas heterogéneas**, como el agua (H₂O) o el metano (CH₄).
- **Sustancia compuesta.** Es la formada por dos o más elementos químicos que se pueden separar mediante reacciones químicas. Su parte más pequeña es una molécula heterogénea, es decir, formada por átomos de diferente tipo. Algunos ejemplos son los óxidos de hierro (FeO, Fe₂O₃), el óxido de aluminio (Al₂O₃) o hidróxidos como el hidróxido de calcio (Ca(OH)₂).

La unión entre átomos, moléculas o iones* se denomina **enlace químico**. En la materia viva, los principales tipos de enlaces son: el enlace iónico, el enlace covalente, el enlace de hidrógeno y las fuerzas de Van der Waals.

1.1. Enlace iónico

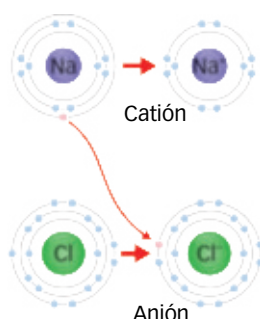
Es la unión entre átomos en la que uno de ellos capta electrones del otro. Se generan así aniones y cationes que quedan unidos por una atracción eléctrica, formando una red cristalina.

Los átomos tienden a completar con ocho electrones su último orbital. Para lograrlo, unos átomos tienden a captar electrones, son los elementos químicos **electronegativos** o **no metálicos**, mientras que otros átomos tienden a perder los electrones de su última capa. Estos últimos son los elementos químicos **electropositivos** o **metálicos**. El enlace iónico se da entre átomos muy electronegativos y átomos muy electropositivos.

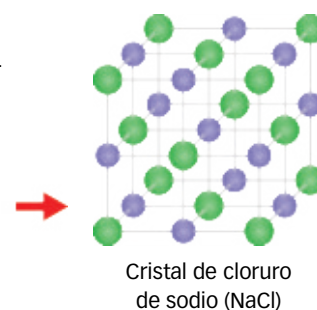
El enlace iónico del NaCl

El átomo de sodio cede el único electrón que tiene en su último orbital y se transforma en un **cación de sodio**.

El átomo de cloro, que tiene siete electrones en su último orbital, acepta dicho electrón y se transforma en un **anión de cloro**.



Los cationes y aniones se unen entre sí formando una estructura cristalina cúbica.



1.2. Enlace covalente

Es el enlace que se da entre átomos que comparten electrones. Cada par de electrones compartidos (electrones que giran alrededor de los dos núcleos atómicos) forman un enlace covalente. El enlace covalente se da entre átomos de electronegatividad elevada y es un enlace muy fuerte.

- Si los átomos unidos tienen una electronegatividad similar, dan lugar a **moléculas apolares**, sin carga eléctrica. Por ejemplo, los compuestos formados por átomos iguales, H_2 , O_2 , N_2 , Cl_2 , etc., y los constituidos por carbono e hidrógeno (hidrocarburos), como por ejemplo el metano (CH_4) y el benceno (C_6H_6).
- Si unos átomos atraen más hacia sí los electrones, se forman **moléculas polares**, con un polo positivo y otro negativo, es decir, moléculas **dipolares**. Por ejemplo, el agua (H_2O), el amoníaco (NH_3) o el sulfuro de hidrógeno (H_2S).

1.3. Enlace de hidrógeno

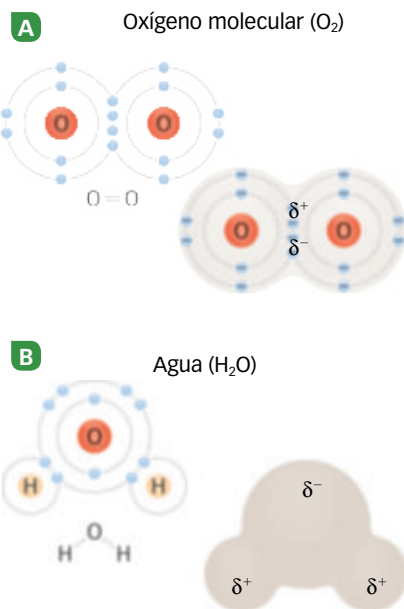
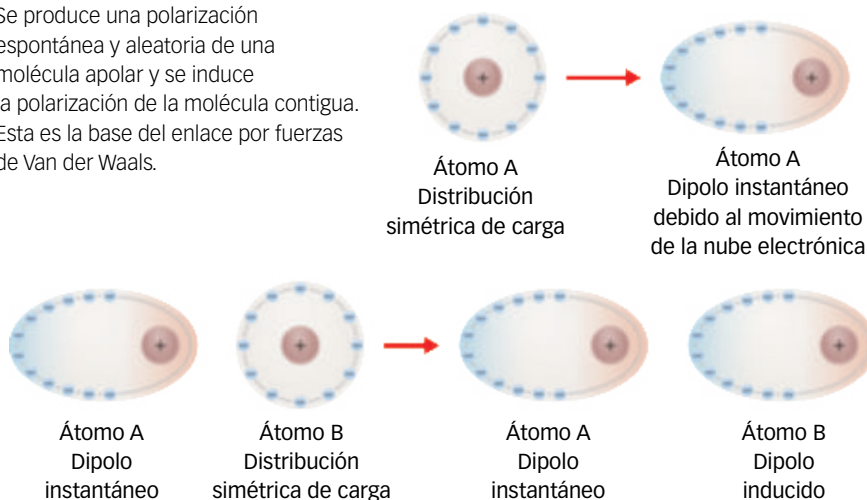
Se trata de un enlace específico de los átomos de hidrógeno. También recibe el nombre de puente de hidrógeno. Es un enlace muy débil, de tipo electrostático, que se establece cuando hay átomos de hidrógeno unidos a elementos muy electronegativos, como el oxígeno (O), el nitrógeno (N) y el flúor (F). Se debe a que el electrón del hidrógeno está fuertemente atraído por el núcleo del elemento electronegativo al cual está unido. Debido a ello, el núcleo del átomo de hidrógeno, es decir, el protón, muestra un carácter muy positivo y atrae hacia sí los electrones de los átomos próximos. El enlace de hidrógeno puede ser **intermolecular**, como sucede entre las moléculas de agua, o **intramolecular**, como sucede, por ejemplo, entre los grupos $-NH-$ y $-CO-$ de una misma molécula de proteína.

1.4. Enlace por fuerzas de Van der Waals

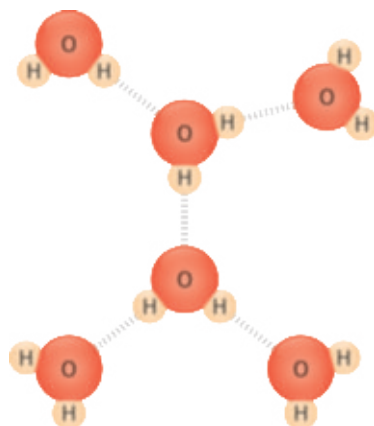
Se da entre moléculas apolares o entre grupos apolares de una misma molécula, debido a las atracciones electrostáticas que se originan a causa de que la distribución electrónica por azar se vuelve asimétrica durante algunos momentos. Así surgen los **dipolos instantáneos** que generan estas atracciones. Cuanto mayor es una molécula, más fuerza logra este enlace, puesto que hay más puntos de atracción posibles y las capas electrónicas se deforman más fácilmente. Este tipo de fuerzas también surgen entre moléculas polares y aumentan la atracción.

Polarización espontánea de una molécula apolar

Se produce una polarización espontánea y aleatoria de una molécula apolar y se induce la polarización de la molécula contigua. Esta es la base del enlace por fuerzas de Van der Waals.



- A. Molécula covalente apolar.
B. Molécula covalente polar.



Enlace de hidrógeno (puente de hidrógeno) de tipo intermolecular entre moléculas de agua.

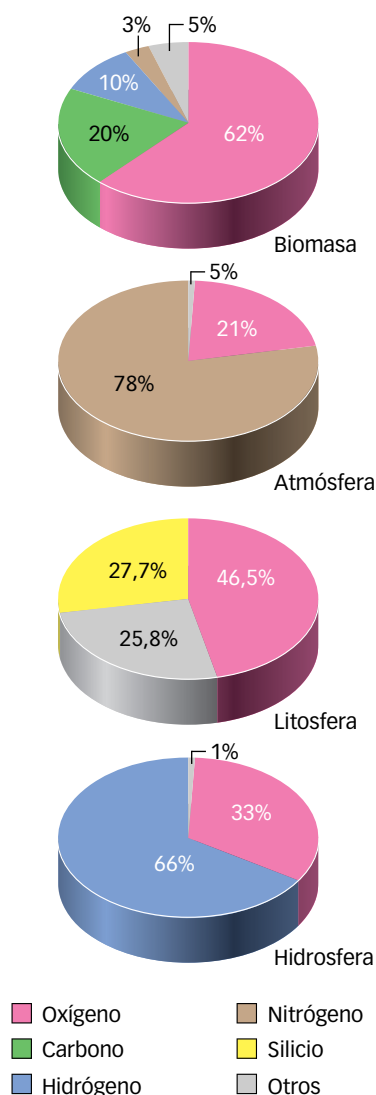
ACTIVIDADES

1. ¿Cuál será el átomo más electronegativo de entre dos átomos cuyos números atómicos son 12 y 17?
2. ¿Qué átomo será más electronegativo, el oxígeno o el azufre?
3. ¿Por qué no es posible la presencia de hidrógeno en la atmósfera terrestre actual?

2 Los seres vivos están constituidos por bioelementos



El cinc, abundante en los cacahuets y otros frutos secos, es un oligoelemento presente en el cerebro, en los órganos sexuales y en el páncreas.



ACTIVIDADES

4. ¿Por qué hay bioelementos que son indispensables pese a que tan solo presentan trazas de ellos?

Los **bioelementos** o **elementos biogénicos** (de *bios*, que significa 'vida' y *genos*, que significa 'generador') son los elementos químicos que constituyen la materia viva. Se pueden clasificar en dos grupos:

- **Bioelementos primarios.** Son indispensables para la formación de las biomoléculas orgánicas (glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos) que constituyen todos los seres vivos y se las conoce como **principios inmediatos** de la vida. Estos bioelementos constituyen el 96,2 % del total de la materia viva y son el oxígeno (O), el carbono (C), el hidrógeno (H), el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el azufre (S).
- **Bioelementos secundarios.** No son básicos para constituir las biomoléculas orgánicas. Se distinguen dos tipos:
 - **Secundarios indispensables.** Son imprescindibles para la vida de la célula y se encuentran en todos los seres vivos. Ejemplos de ellos son: calcio (Ca), sodio (Na), potasio (K), magnesio (Mg), cloro (Cl), hierro (Fe) y yodo (I).
 - **Secundarios variables.** No se encuentran en todos los organismos. Son, por ejemplo: bromo (Br), cinc (Zn) y titanio (Ti).

Los bioelementos que se encuentran en proporciones inferiores al 0,1 % en peso reciben el nombre de **oligoelementos**. Por el contrario, los que constituyen más del 99 % del peso de la materia viva reciben el nombre de **bioelementos plásticos** y son los siguientes: C, H, O, N, P, S, Na, K, Ca, Mg y Cl.

No existe una relación directa entre abundancia e indispensabilidad. Por ejemplo, algunos oligoelementos son indispensables por su función catalizadora, ya que actúan como aceleradores de reacciones químicas fundamentales para la vida.

2.1. Características de los bioelementos primarios

Si se compara la composición atómica de la biomasa con la composición de la atmósfera, de la litosfera y de la hidrosfera, que son las tres capas que ocupan los seres vivos, se pueden deducir las siguientes conclusiones:

- Los altos porcentajes de hidrógeno y oxígeno en la biomasa son debidos al hecho de que la materia viva está constituida por agua en un porcentaje que varía del 65 % (en los organismos terrestres) al 90 % (en los organismos acuáticos). A su vez, esto es así porque todas las reacciones químicas que se dan en los seres vivos se desarrollan en el medio acuoso. No es, pues, posible la vida sin agua y, por tanto, la vida se debió originar en el medio acuático.
- Los porcentajes en biomasa de los otros bioelementos primarios (C, N, P y S) son muy diferentes de los que hay en la atmósfera, la litosfera y la hidrosfera; por tanto, la materia viva no se formó a partir de los elementos más abundantes, sino a partir de aquellos que, gracias a sus características químicas, son capaces de constituir la (C, H, O, N, P y S).
- Todos los bioelementos presentan una masa atómica relativamente pequeña y tienen en su último orbital la mitad o más de los electrones necesarios para completarlo. Ello favorece que, al combinarse estos átomos entre sí, se establezcan **enlaces covalentes estables**, ya que cuanto más pequeño es un átomo de estas características, más grande es la tendencia del núcleo positivo a completar su último orbital con los electrones que forman los enlaces y, por lo tanto, más estables son estos enlaces.

2.2. Propiedades y funciones de los bioelementos

Los bioelementos, tanto primarios como secundarios, presentan una serie de propiedades específicas de cada grupo.

	Grupo del carbono y el hidrógeno	Grupo del oxígeno, nitrógeno, azufre y fósforo
Bioelementos primarios	- Son los dos únicos elementos indispensables para constituir la materia orgánica. El átomo de carbono tiene cuatro electrones en su periferia y puede formar enlaces covalentes apolares estables con otros átomos de carbono y, también, con átomos de hidrógeno. Esto le permite constituir largas cadenas hidrocarbonadas muy estables (macromoléculas). Entre el carbono y el hidrógeno se forma un enlace covalente lo suficientemente fuerte para ser estable, pero no tanto como para impedir su ruptura. Las moléculas que están formadas únicamente por carbono e hidrógeno, como son algunos lípidos, son covalentes apolares, es decir, son insolubles en agua. - Las cadenas hidrocarbonadas pueden presentar enlaces simples ($-\text{CH}_2 - \text{CH}_2 -$), dobles ($-\text{CH} = \text{CH} -$) o triples ($-\text{C} \equiv \text{C} -$) y se pueden replegar de muchas formas diferentes para formar estructuras tridimensionales. Todo ello posibilita la formación de muchos tipos diferentes de moléculas con la estructura tridimensional necesaria para llevar a cabo su función correctamente. - Esta diversidad molecular, más la que aporta la presencia de los demás bioelementos primarios, permite que el ser vivo pueda reconocer la diversidad de moléculas externas y que las aproveche como fuente de energía y como fuente de materia para constituir estructuras supramoleculares, como son la membrana plasmática y los demás orgánulos celulares. - Las largas cadenas hidrocarbonadas permiten que una sola molécula, como el ADN, pueda contener toda la información sobre cómo es y cómo funciona un organismo. Si esta molécula se replica, se puede transmitir esta información a los descendientes, acción imprescindible para la continuidad de la vida.	- Son elementos electronegativos que cuando establecen enlaces covalentes con el hidrógeno o entre sí, dan lugar a moléculas dipolares. Si a una cadena hidrocarbonada, del tipo $-\text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 -$, que es apolar, se le añaden suficientes grupos polares, como por ejemplo $=\text{O}$, $-\text{OH}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{SH}$, $-\text{H}_2\text{PO}_4$, etc., puede llegar a tener una cierta polaridad y, por tanto, presentar solubilidad en el agua. Este cambio de polaridad hace posibles los procesos bioquímicos que se dan en el medio acuoso y que son imprescindibles para la vida. - El oxígeno es el bioelemento primario más electronegativo, de forma que, al enlazarse con el hidrógeno, genera polos eléctricos. Los radicales alcohol o hidroxilo ($-\text{OH}$), aldehído ($-\text{CHO}$) y ácido o carboxilo ($-\text{COOH}$) que son polares, cuando sustituyen algunos hidrógenos de una cadena hidrocarbonada, pueden dar lugar a moléculas como la glucosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), que son solubles en líquidos polares como el agua. - El nitrógeno se encuentra formando los grupos amino ($-\text{NH}_2$) de los aminoácidos y de las bases nitrogenadas de los ácidos nucleicos. - El azufre se encuentra formando el radical sulfhidrilo ($-\text{SH}$) en muchas proteínas. Estos radicales forman los enlaces que mantienen la estructura de las proteínas. - El fósforo se encuentra constituyendo los grupos fosfato ($-\text{PO}_4$)³⁻. Cuando se rompe el enlace entre dos grupos fosfato se libera una gran cantidad de energía. Por ello estos enlaces se utilizan para almacenar la llamada energía química.
Bioelementos secundarios	- El Na, el K y el Cl se encuentran disueltos formando los iones Na^+, K^+ y Cl^-, que son los más abundantes en los medios internos y en el interior de las células. Son, por ello, los máximos responsables del mantenimiento del grado de salinidad y del equilibrio de cargas eléctricas a un lado y otro de la membrana plasmática. - El calcio, en forma de carbonato (CaCO_3), constituye los caparazones de los moluscos y los esqueletos de otros muchos organismos y, como ion (Ca^{2+}), actúa en muchas reacciones, entre ellas, en los mecanismos de la contracción muscular. - El ion magnesio (Mg^{2+}) es un componente de muchas enzimas y del pigmento clorofila.	- El ion hierro forma parte de la hemoglobina de la sangre. - El cobre se requiere para formar la hemocianina, pigmento respiratorio de muchos invertebrados acuáticos. - El cobalto es uno de los átomos constituyentes de la vitamina B_{12}. - El litio actúa incrementando la secreción de los neurotransmisores, por lo que favorece la estabilidad del estado de ánimo. - El yodo es necesario para formar la hormona tiroxina, responsable de regular el ritmo del metabolismo energético. - El flúor se acumula en los huesos en forma de fluoruro dándoles mayor resistencia.

ACTIVIDADES

- ¿Por qué el carbono y el hidrógeno han permitido constituir la materia viva?
- ¿Por qué el oxígeno, el nitrógeno, el azufre y el fósforo han permitido que se pueda obtener energía a partir de la materia orgánica?
- ¿Qué bioelemento secundario es imprescindible en la contracción muscular?

3 Los principios inmediatos o biomoléculas constituyen la materia viva

Si se efectúa un análisis físico de la materia viva, de forma que se pueda separar cada una de las sustancias que la componen sin que estas se alteren, se llega a los denominados **principios inmediatos** o **biomoléculas**. Los métodos utilizados para llevar a término este análisis son la evaporación, la filtración, la destilación, la diálisis, la cristalización, la electroforesis y la centrifugación.

Los principios inmediatos pueden ser de dos tipos:

- **Simples.** Cuando las moléculas están formadas por átomos del mismo tipo.
- **Compuestos.** Cuando hay átomos de diferentes elementos.

Estos a su vez pueden ser **inorgánicos** y **orgánicos**, es decir, constituidos por polímeros de carbono e hidrógeno.

ACTIVIDADES

8. ¿Significa lo mismo *materia viva* que *materia orgánica*?
9. Busca información sobre los métodos de separación citados y explica brevemente cada uno de ellos.



Ejemplos de biomoléculas

Simples	Ejemplos de biomoléculas	
	Oxígeno molecular (O_2). Nitrógeno molecular (N_2).	
Compuestas	Inorgánicas	Agua (H_2O). Dióxido de carbono (CO_2). Sales minerales ($NaCl$, $CaCO_3$, etc.).
	Orgánicas	Glúcidos: constituidos por C, H y O. Lípidos: constituidos principalmente por C, H y O. Proteínas: constituidos por C, H, O, N y S. Ácidos nucleicos: constituidos por C, H, O, N y P.

SABER MÁS

El experimento de Miller y Urey

Harold Urey (1893-1981) sostenía que la atmósfera primitiva, hace unos 4000 millones de años, presentaba unas características reductoras debido a su elevado contenido en hidrógeno. El químico **Stanley Miller** (1930-2007) propuso realizar un experimento en el que recrear esas condiciones para ver si se obtenían moléculas orgánicas.

En un recipiente se calentó agua (H_2O) con hidrógeno (H_2), metano (CH_4) y amoníaco (NH_3). Estos compuestos inorgánicos se sometieron a descargas eléctricas que simulaban los relámpagos y tormentas que tuvieron lugar hace millones de años. Los productos obtenidos se condensaron y se acumularon en un recipiente.

Al cabo de 24 horas parte del carbono presente en el metano había pasado a formar parte de moléculas orgánicas, entre ellas, los aminoácidos constituyentes de las proteínas.

- ¿Cuál fue la conclusión que obtuvieron con este experimento?
- Busca información y dibuja un esquema explicativo de dicho experimento.



4 El agua es fundamental para las reacciones que permiten la vida

El agua es la sustancia química más abundante en la materia viva. En los humanos adultos representa el 63 % de su peso; en el embrión humano, el 94 %, y en las algas, el 95 %. Entre los límites inferiores se encuentran los huesos, con el 22 %, algunas semillas, con el 20 %, y la dentina de los dientes, con tan solo el 10 %. Hay una relación directa entre el contenido en agua y la actividad fisiológica de un organismo: los porcentajes más bajos se dan en seres con vida latente, como son las semillas, las esporas, los virus, etc.

El agua se puede encontrar en la materia viva de tres formas:

- **Agua circulante.** Por ejemplo, en la sangre, en la savia, etc.
- **Agua intersticial.** Es el agua que se encuentra entre las células, con frecuencia fuertemente adherida a la sustancia intercelular, la denominada «agua de imbibición», como sucede en el tejido conjuntivo.
- **Agua intracelular.** Se encuentra en el citosol y en el interior de los orgánulos celulares.

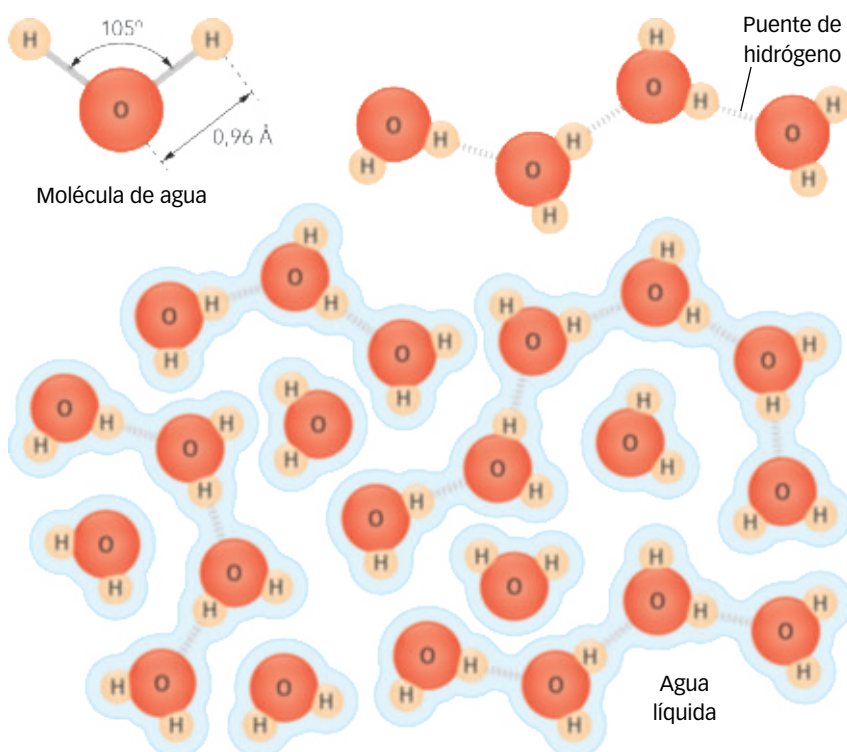
En los seres humanos, el agua circulante representa el 8 % de su peso; el agua intersticial, el 15 %; y el agua intracelular, el 40 %.

Los organismos pueden conseguir el agua directamente del exterior o a partir de otras biomoléculas mediante diferentes reacciones bioquímicas; es lo que se denomina **agua metabólica**. Por ejemplo, a partir de la oxidación de la glucosa se forma agua mediante la siguiente reacción química:



10. ¿Por qué a temperatura ambiente el agua es un líquido, si el SO_2 , que tiene una masa molecular mayor, es un gas?

Comportamiento líquido del agua



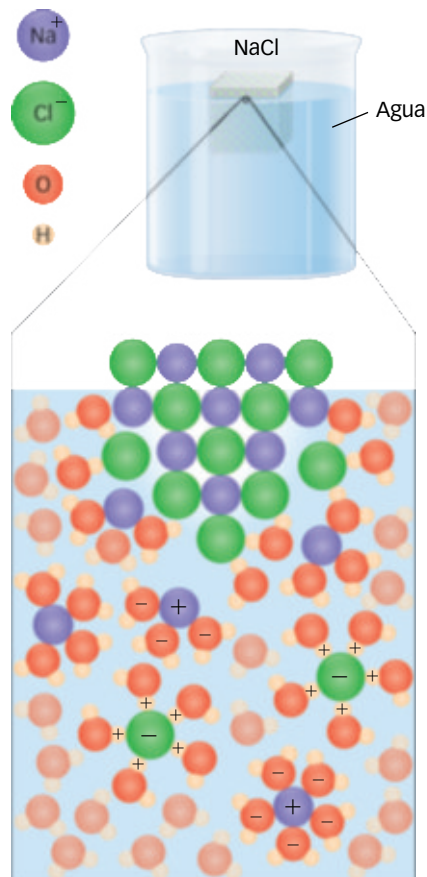
El agua, a temperatura ambiente, es líquida, al contrario de lo que cabría esperar si se considera que otras moléculas de parecida masa molecular, como el N_2 , el O_2 , el CO_2 , el SO_2 , etc., son gases. Este comportamiento físico es debido a que en la molécula de agua los dos electrones de los dos hidrógenos están desplazados hacia el átomo de oxígeno. Como consecuencia de esto, en la molécula aparece un polo negativo situado en el átomo de oxígeno, debido a la densidad electrónica más alta, y dos polos positivos, situados en los dos núcleos de hidrógeno, debido a la densidad electrónica más baja. Por ello las moléculas de agua son **dipolos**.

Entre estos dipolos se establecen fuerzas de atracción denominadas **enlaces de hidrógeno**, que originan polímeros de tres, cuatro y hasta poco más de nueve moléculas. Con esto se logran altas masas moleculares y el H_2O se comporta como un líquido. Estas agrupaciones duran fracciones de segundo y confieren al agua todas sus propiedades de fluido. En realidad, estos pequeños polímeros de agua coexisten con moléculas aisladas que llenan los vacíos.



Zapateros (*Gerris lacustris*) sostenidos gracias a la tensión superficial del agua.

***Calor específico:** calor necesario para aumentar la temperatura de una unidad de masa de una sustancia en un grado centígrado. El calor específico dependerá de la temperatura inicial de dicha sustancia.



Acción disolvente del agua sobre los compuestos iónicos y solvatación de estos.

4.1. Propiedades del agua

El agua presenta las siguientes propiedades físico-químicas:

- **Elevada fuerza de cohesión entre las moléculas.** Se da gracias a los enlaces de hidrógeno. Esto explica que el agua sea un líquido casi incompresible, idóneo para dar volumen a las células, provocar la turgencia de las plantas y constituir el esqueleto hidrostático de los anélidos, pólipos, medusas, etc.

También explica que la savia bruta ascienda por los tubos capilares de las plantas. En realidad, este fenómeno de **capilaridad** depende tanto de la **cohesión** de las moléculas de agua entre sí como de la **adhesión** de las moléculas de agua a las paredes de los conductos.

- **Elevada tensión superficial.** Su superficie opone una gran resistencia a romperse gracias a la elevada fuerza de cohesión entre sus moléculas. Este fenómeno posibilita que muchos organismos vivan asociados a esta película superficial.

- **Elevado calor específico*.** La temperatura de un cuerpo es el grado de agitación de sus moléculas. Como las moléculas de agua forman polímeros, para que estén sueltas y agitadas hace falta romper muchos enlaces de hidrógeno. Por tanto, para aumentar la temperatura del agua se ha de calentar mucho más que para conseguir la misma temperatura en otras sustancias.

Gracias a ello el agua es un buen estabilizador térmico del organismo frente a los cambios bruscos de la temperatura ambiente.

- **Elevado calor de vaporización.** Para pasar de estado líquido a gaseoso hace falta romper todos los puentes de hidrógeno, lo que precisa mucha energía. Esto hace que el agua que se evapora, sea una buena sustancia refrigerante del organismo. Es lo que sucede cuando se evapora el sudor.

- **Densidad más alta en estado líquido que en estado sólido.** Esto explica que el hielo flote sobre el agua líquida y que forme una capa superficial termoisolante que posibilita la vida bajo el hielo en ríos, mares y lagos. Si el hielo fuera más denso que el agua se acumularía en el fondo y, al cabo de un tiempo, se helaría toda el agua.

- **Elevado poder disolvente.** El hecho de tener moléculas dipolares hace que el agua sea un gran disolvente de los compuestos iónicos, como las sales minerales, y de compuestos covalentes polares, como la glucosa.

El proceso de disolución es debido a que las moléculas de agua se disponen alrededor de los grupos polares del soluto. En el caso de los compuestos iónicos sólidos, consiguen separar los aniones de los cationes, que quedan rodeados por muchas moléculas de agua. Este fenómeno se denomina **solvatación** o **hidratación iónica**.

- **Bajo grado de ionización.** De cada 10 000 000 de moléculas de agua, solo una se encuentra ionizada ($\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$). Esto explica por qué la concentración de iones hidrógeno (H^+) y de iones hidroxilo (OH^-) es solo de 10^{-7} moles por litro.

Debido a los bajos niveles de H^+ y de OH^- , si se añade al agua un ácido (se añaden H^+) o una base (se añaden OH^-), aunque sea en muy poca cantidad, estos niveles varían bruscamente.

ACTIVIDADES

11. ¿Por qué el agua tiene una elevada tensión superficial, un elevado calor específico, un elevado calor de vaporización, más densidad en estado líquido que en estado sólido, un elevado poder disolvente y un bajo grado de ionización?

4.2. Funciones del agua en los seres vivos

Debido a las características particulares del agua, esta ejerce las siguientes funciones en los organismos:

- **Función disolvente y de transporte.** Su capacidad de disolución le permite ser el medio de transporte de las sustancias y el medio donde se dan casi todas las reacciones biológicas, como es el caso de la digestión de los alimentos y de la distribución de los nutrientes resultantes.
- **Función bioquímica.** El agua interviene en numerosas reacciones químicas, por ejemplo en la hidrólisis (ruptura de enlaces con la intervención del agua) que se da durante la digestión de los alimentos y en la fotosíntesis, como fuente de hidrógeno.
- **Función estructural.** El volumen y la forma de las células que carecen de una pared de secreción rígida se mantienen gracias a la presión que ejerce el agua interna. Cuando las células pierden agua, pierden la «turgencia» natural, se arrugan e incluso se pueden romper.
- **Función de amortiguador mecánico.** Por ejemplo, los vertebrados tienen en las articulaciones móviles bolsas de líquido sinovial para evitar el rozamiento entre los huesos.
- **Función termorreguladora.** Debida a su elevado calor específico y a su elevado calor de vaporización. Los animales, cuando sudan, expulsan agua, la cual, al evaporarse, toma calor del cuerpo y, como consecuencia, este se enfría.



Las plantas también utilizan el agua como mecanismo de refrigeración. Plantas como el tomillo, adaptada a ambientes calurosos, provocan un descenso de la temperatura de su entorno mediante la evaporación de agua por transpiración.

A DEBATE



El agua y la diversidad biológica

El agua es el recurso natural más valioso para todos los seres vivos. Es un recurso único porque, aunque es renovable, no se puede reemplazar. Por ello es importante que hagamos un buen uso de ella.

La diversidad biológica es la variedad de animales, plantas y otros organismos, junto con los diferentes ecosistemas en los que habitan.

Todos los procesos medioambientales están regulados por el ciclo hidrológico y, a su vez, la vegetación y el suelo regulan el movimiento del agua. De esta forma, ambos factores están interrelacionados; si se interrumpe uno de ellos, se ven interrumpidos ambos de forma natural. Es importante conocer cómo afecta el medio ambiente y, por tanto, la diversidad biológica al ciclo del agua, para tomar las medidas necesarias con las que lograr una mejor gestión de este recurso único y vital. Algunos ejemplos son:

- Los bosques alteran sus índices de transpiración y evaporación afectando directamente al ciclo del agua. También intervienen en la forma en la que el agua fluye y se almacena.
- Los suelos forestales mantienen la calidad del agua. La erosión del suelo debida a la deforestación perjudica directamente la calidad del agua obtenida.



Las plantas, el suelo y los animales no solo mantienen el ciclo del agua, sino que desempeñan un papel importante en su purificación. Por ejemplo, las plantas de los humedales consumen fósforo y nitrógeno e, incluso, pueden llegar a eliminar sustancias tóxicas del agua, impidiendo que estas lleguen al agua potable.

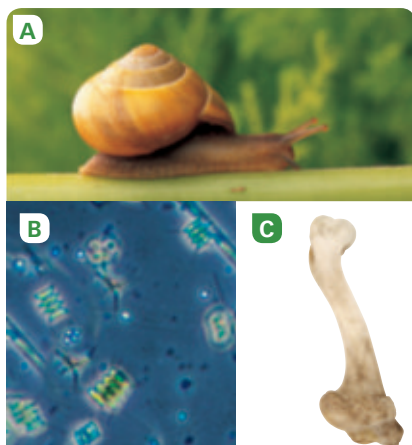
Los seres humanos modificamos drásticamente el ciclo hidrológico y el ecosistema: trasladamos el agua para diversos usos, la utilizamos en exceso y degradamos el medio ambiente.

- **Debatid sobre la necesidad de conciliar la importancia del agua para las personas y el equilibrio del medio ambiente.**

ACTIVIDADES

12. Haz un cuadro con las propiedades del agua y las principales funciones que realiza en los seres vivos.

5 Las sales minerales se pueden encontrar precipitadas o disueltas



Las sustancias minerales precipitadas forman estructuras sólidas en los seres vivos. **A.** Caparazón de gasterópodos. **B.** Esqueleto silíceo de diatomeas. **C.** Huesos de vertebrados.

***pH:** coeficiente que indica el grado de acidez o basicidad de una solución acuosa.

Las sales minerales se pueden encontrar en los seres vivos de dos formas:

- **Sales minerales precipitadas.** Constituyen estructuras sólidas, insolubles, con función esquelética. Por ejemplo, el carbonato cálcico (CaCO_3) de los caparazones de los moluscos; el fosfato cálcico ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) y el carbonato cálcico que, depositados sobre el colágeno, constituyen los huesos; el sílice (SiO_2) de los exoesqueletos de las diatomeas y de las gramíneas, etc.
- **Sales minerales disueltas.** Cuando se disuelven dan lugar a cationes y aniones. Los más importantes son:
 - Cationes: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} .
 - Aniones: Cl^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , CO_3^{2-} , HCO_3^- y NO_3^- .

Estos iones son utilizados por las células para mantener constante el grado de salinidad y también para mantener constante el grado de acidez (pH^*). Los líquidos biológicos, pese a que están constituidos básicamente por agua, mantienen constante su grado de acidez pese a la adición de ácidos o bases. Esto es debido a que estos líquidos contienen sales minerales que se pueden ionizar en mayor o menor grado y dar lugar a iones H^+ o OH^- , que contrarrestan el efecto de las bases o los ácidos añadidos. Este fenómeno se denomina **efecto tampón**, y estas disoluciones se denominan **disoluciones tampón o amortiguadoras**.

Por otro lado, cada ion ejerce funciones específicas y, a veces, antagónicas; por ejemplo, el ion K^+ aumenta la turgencia de la célula, mientras que el ion Ca^{2+} la disminuye. Por ello el Ca^{2+} y el K^+ se denominan **iones antagónicos**.

El medio interno de los organismos presenta unas concentraciones iónicas constantes. Una variación en ellas provoca alteraciones de la permeabilidad, la excitabilidad y la contractibilidad de las células. Son conocidas la solución nutritiva de *Arnon* para plantas y las soluciones fisiológicas de *Ringer* y de *Tyrode* para animales, en las cuales se puede mantener un órgano en funcionamiento.

→ SABER HACER



Averiguar la existencia de sales minerales en los esqueletos

El objetivo es averiguar si la rigidez de una estructura esquelética se debe o no a las sales minerales.

Material. Cuatro vasos, un hueso de muslo de pollo, una concha de almeja, un caparazón de cangrejo, el exoesqueleto de un insecto y una disolución de ácido clorhídrico al 10% en volumen.

Protocolo. Se pone un hueso largo de pollo (constituido por la proteína colágeno y sales minerales), una concha de almeja (CaCO_3), un caparazón de cangrejo (quitina y CaCO_3) y un exoesqueleto de un insecto (quitina) en una disolución de ácido clorhídrico al 10% en volumen. Se dejan pasar unos días y se observan los resultados.

Resultados. El hueso de pollo ahora es flexible y elástico, pero no ha perdido su forma. La cáscara de almeja se ha disuelto totalmente al igual que el caparazón de cangrejo. Por último, el exoesqueleto de insecto no ha sufrido ninguna modificación ni disolución tras introducirlo en ácido clorhídrico.



Conchas de almejas.



Caparazón de cangrejo.

ACTIVIDADES

13. Explica los resultados obtenidos en cada caso.
14. ¿A qué se debe la flexibilidad de los huesos de los seres que acaban de nacer?
15. ¿A qué se debe la fragilidad de los huesos de los organismos viejos?

6 Las disoluciones verdaderas están formadas por cristaloides

Los fluidos que hay en los seres vivos contienen muchos tipos de **moléculas dispersas** o **solutos** y un solo tipo de **fase dispersante**, el agua.

Los solutos pueden ser de baja masa molecular o **cristaloides**, como por ejemplo el cloruro sódico (58,5) y la glucosa (180,2), o pueden ser de elevada masa molecular, de unos cuantos millares, como los **coloides**.

Las dispersiones de solutos de masa molecular baja se denominan **disoluciones verdaderas**. Estas disoluciones son las que más interés tienen en biología, con propiedades como la difusión, la ósmosis y la estabilidad del grado de acidez o pH.

6.1. Difusión

Es la repartición homogénea de las partículas de un fluido (gas o líquido) en el seno de otro fluido al ponerlos en contacto. Este proceso es debido al movimiento constante en que se encuentran las partículas de los líquidos y los gases. Un ejemplo de difusión es la entrada del oxígeno del aire en el seno del agua al ponerlos en contacto, la llamada **absorción de oxígeno por parte del agua**, y la entrada de moléculas de vapor de agua en el aire, conocida como la **humidificación del aire**.

6.2. Ósmosis

Es el paso del disolvente a través de una membrana semipermeable, que impide el paso de los solutos, entre dos disoluciones de concentración diferente, hasta alcanzar el equilibrio o la igualdad de concentraciones.

El disolvente, que en los seres vivos es el agua, se mueve desde la disolución más diluida hasta la más concentrada, puesto que el porcentaje de moléculas de agua es más alto en la solución más diluida; por lo tanto, el número de choques de estas moléculas contra la membrana es superior en el lado de la más diluida que en el lado de la más concentrada. Aparece así un impulso de agua hacia la disolución más concentrada, que recibe el nombre de **presión osmótica**.

16. ¿Por qué las hojas de lechuga se ponen turgentes cuando se dejan en agua y luego al aliñar la ensalada se arrugan?

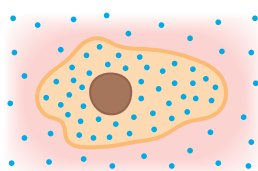
Procesos de ósmosis en los seres vivos

La membrana plasmática es una membrana semipermeable que da lugar a diferentes respuestas según sea la diferencia de presión osmótica, es decir, de concentraciones entre el medio externo y el interno.

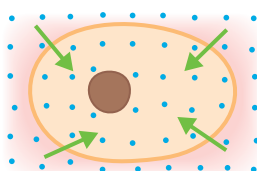
En un medio externo **isotónico**, es decir, con la misma concentración que el medio interno celular, la célula no se deforma.

En un medio externo **hipotónico**, es decir, menos concentrado, la célula se hincha, se pone **turgente**, por la entrada de agua.

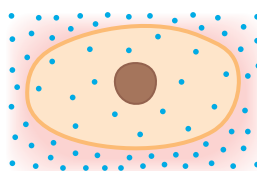
En un medio externo **hipertónico**, es decir, más concentrado, la célula pierde agua, se arruga y la membrana puede acabar rompiéndose. Este proceso se conoce como **plasmólisis**.



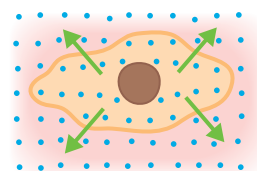
Célula en una solución hipotónica



Turgencia



Célula en una solución hipertónica



Plasmólisis

6.3. Estabilidad del grado de acidez o pH

En 1909, Sørensen estableció el concepto de **potencial de hidrógeno** (pH) para valorar cuantitativamente el grado de acidez de una disolución, y el de **potencial de OH** (pOH) para valorar el grado de basicidad. El pH se define como: $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$.

Los valores de pH oscilan entre 0 y 14. Valores de pH inferiores a 7 se corresponden con disoluciones **ácidas**, y valores de pH superiores a 7, con disoluciones **básicas**. Si el pH es igual a 7, la disolución es **neutra**.

Todos los seres vivos mantienen constante el pH de su medio interno. Esto es gracias, sobre todo, a las sales minerales disueltas, que constituyen las disoluciones tampón o disoluciones amortiguadoras. Si el pH variara, muchas reacciones químicas cambiarían el sentido de reacción, y muchas enzimas precipitarían, con lo que se provocarían trastornos graves e, incluso, la muerte.

ACTIVIDADES

17. ¿Qué pasaría si el medio interno de los organismos no fuera una disolución tampón?
18. Se mide el valor de pH en un tubo de ensayo, con agua a pH 7, tras añadirle unas gotas de HCl. El valor de pH baja hasta 4. ¿Qué valor de pH obtendríamos al añadir unas gotas de HCl en una disolución de agua con gas o agua carbonatada a pH 7? ¿Cuál de las dos disoluciones es una disolución tampón? ¿Por qué?

Ejemplos de disoluciones tampón

Sistema	Reacción
Tampón fosfato	$\text{H}_2\text{PO}_4^- \xrightleftharpoons[\text{Neutraliza}]{\text{Acidifica}} \text{HPO}_4^{2-} + \text{H}^+$ Ambos iones se encuentran en equilibrio de forma que, si en la célula aumenta la acidez, es decir, la $[\text{H}^+]$, la reacción se desplaza hacia la izquierda; y si disminuye, la reacción se desplaza hacia la derecha, amortiguando las variaciones de acidez. Mantiene constante el pH interno celular a 7,2.
Tampón bicarbonato	$\text{H}^+ + \text{HCO}_3^- \xrightleftharpoons[\text{Acidifica}]{\text{Neutraliza}} \text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ El ácido carbónico (H_2CO_3) es muy inestable y se descompone en CO_2 y H_2O. Ante una acidosis de la sangre (exceso de H^+), el HCO_3^- se une al exceso de H^+ generando H_2CO_3, que se descompone inmediatamente en CO_2 y agua.

→ SABER HACER



Conocer la acidez o basicidad de un medio

En general, las variaciones de pH no son visibles a simple vista. Para detectarlas se necesitan reactivos especiales o aparatos electrónicos (pHmetros). Algunas sustancias naturales cambian de color cuando varía el pH; por ejemplo, el pigmento morado presente en la col lombarda.

Material. Mortero, tres tubos de ensayo, dos pipetas de 10 cm³, col lombarda, agua, vinagre e hidróxido sódico al 20%.

Protocolo. Se corta finamente un trozo de hoja de col lombarda, se machaca en un mortero de laboratorio, en el que previamente se han puesto unos 10 cm³ de agua. Luego se deja macerar el triturado durante unos diez minutos. A continuación, a 5 cm³ de este líquido, se le añaden unas gotas de vinagre y, en otro tubo de ensayo, a otros 5 cm³ de este mismo líquido se le añaden unas gotas de hidróxido sódico al 20%.

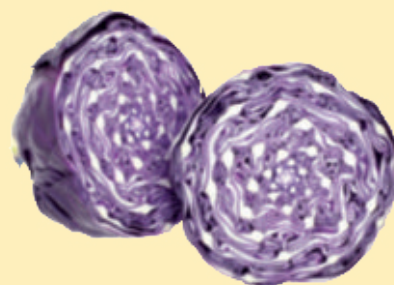
Escala de valores de pH de la col lombarda.

Color	rojo intenso	rojo violeta	violeta	azul violeta	azul	azul verde	verde azulado	verde	amarillo
pH	< 2	4	6	7	7,5	9	10	12	> 13

Resultados. Tras añadir las gotas de vinagre, el líquido se torna rojo; sin embargo, con las gotas de hidróxido sódico al 20% cambia a color amarillo.

ACTIVIDADES

19. ¿Qué color tiene el líquido inicial, con la hoja de col lombarda triturada?
20. Explica los resultados obtenidos tras añadir vinagre y tras añadir hidróxido sódico.
21. ¿Cómo se podría utilizar esta propiedad del extracto de col lombarda en los análisis químicos?



7 Los medios internos de muchos organismos son dispersiones coloidales

Las dispersiones de solutos de masa molecular elevada o coloides se conocen como **dispersiones coloidales**. Una sustancia puede ser insoluble en agua pero dispersable en ella, como pasa con los fosfolípidos y las proteínas.

La mayor parte de los líquidos de los seres vivos son dispersiones coloidales. Sus principales propiedades son:

- **Capacidad de presentarse en estado de gel.** Las dispersiones coloidales se pueden presentar en dos estados: en forma de **sol** o **estado líquido**, y en forma de **gel** o **estado semisólido**. El sol se produce cuando la fase dispersa es un sólido y la fase dispersante es un líquido. Por el contrario, el gel se produce cuando la fase dispersa es un líquido y la fase dispersante es un conjunto de fibras entrelazadas entre las cuales quedan retenidas por capilaridad e hidratación las moléculas del líquido. Del estado de sol se puede pasar al de gel, pero no siempre este proceso es reversible.

En la célula, el ectoplasma* presenta estado de gel, mientras que el endoplasma* presenta estado de sol. El paso del ectoplasma a estado de sol permite la emisión de pseudópodos y, por lo tanto, el movimiento ameboide y la fagocitosis. El paso de sol a gel, y viceversa, está relacionado con la polimerización o despolimerización, respectivamente, de proteínas fibrilares. A nivel pluricelular, los geles, al retener el agua, permiten mantener húmedas estructuras corporales en el medio terrestre, como la piel de los caracoles.

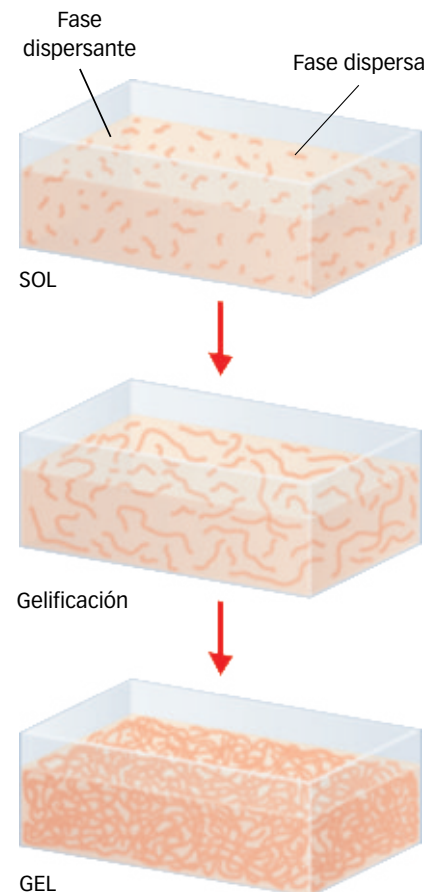
- **Elevada viscosidad.** La viscosidad es la resistencia interna que presenta un líquido al movimiento relativo de sus moléculas. Las dispersiones coloidales son muy viscosas porque contienen moléculas o agrupaciones de moléculas muy grandes.
- **Elevado poder adsorbente.** La **adsorción** es la atracción que ejerce la superficie de un sólido sobre las moléculas de un líquido o de un gas. La misma cantidad de una sustancia ejerce más adsorción si se encuentra más finamente dividida, ya que presenta más superficie. Ejemplos biológicos de adsorción son los contactos «enzima-sustrato» y los contactos «antígeno-anticuerpo».

Se ha de evitar confundir la adsorción o adhesión de las moléculas de un fluido a una superficie sin atravesarla, de la absorción que es cuando la atraviesa y se mezclan con las del otro fluido. Ejemplos de absorción son la captación de agua por las raíces y el enriquecimiento en oxígeno del agua mediante el aireado de esta.

- **Efecto Tyndall.** El tamaño de las partículas coloidales oscila entre una milímicra y 0,2 micras, que es el límite de observación del microscopio óptico. Debido a ello las dispersiones coloidales, igual que las disoluciones verdaderas, pueden ser transparentes y claras. Pero si las dispersiones se iluminan lateralmente y sobre fondo oscuro, se observa una cierta opalescencia provocada por la reflexión de los rayos luminosos. Es un efecto parecido a lo que pasa cuando un rayo de luz ilumina el polvo de una habitación que se encuentra a oscuras. Si la iluminación es frontal, el polvo ya no resulta apreciable.

***Ectoplasma:** es la parte periférica del citoplasma próxima a la membrana plasmática. Carece de orgánulos y es menos denso que el endoplasma.

***Endoplasma:** es la parte central del citoplasma, se encuentra entre la membrana nuclear y la membrana plasmática. Contiene orgánulos y es más denso que el ectoplasma.

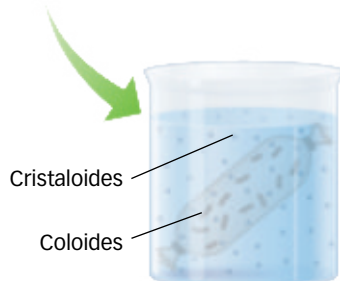
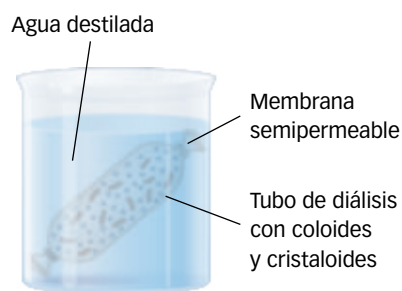


Formación de un gel a partir de una dispersión coloidal en estado de sol.

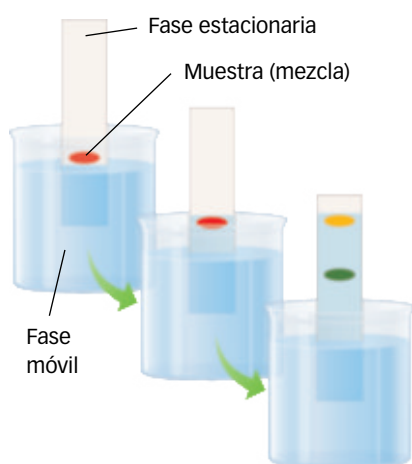
ACTIVIDADES

22. ¿Por qué los geles no se secan fácilmente? Menciona algunos ejemplos que representen una ventaja para los organismos.
23. ¿Por qué el elevado poder adsorbente es una ventaja en las reacciones bioquímicas?

8 Ciertas técnicas permiten separar los distintos tipos de biomoléculas



Proceso de diálisis.



Cromatografía en capa fina.

Las principales técnicas utilizadas en los laboratorios de bioquímica son la centrifugación, la diálisis, la cromatografía, la electroforesis y la espectrofotometría.

8.1. Centrifugación

Los diferentes orgánulos celulares y los complejos macromoleculares de las dispersiones coloidales son estables en condiciones normales; pero, si se someten a fuertes campos gravitatorios, se puede conseguir su sedimentación. Esto se realiza en las **centrifugadoras** y en las **ultracentrifugadoras**, que pueden lograr 30 000 y 100 000 revoluciones por minuto respectivamente. Según la velocidad empleada, se pueden separar las estructuras grandes de las pequeñas.

8.2. Diálisis

Es la separación de las partículas dispersas de elevada masa molecular (coloides) de las de baja masa molecular (cristaloides), gracias a una membrana semipermeable que tan solo deja pasar las moléculas pequeñas (agua y cristaloides). Una aplicación clínica muy utilizada es la **hemodiálisis**, que es la separación de la urea, un cristaloides, de la sangre de individuos con insuficiencia renal, sin alterar la concentración de las proteínas sanguíneas, que son coloides.

8.3. Cromatografía

Es la separación de distintas sustancias químicas que se encuentran mezcladas, tomando como base el diferente grado de retención que sobre ellas ejerce un medio fijo. Es necesario disolver la mezcla en un fluido (un líquido o un gas) y luego hacer pasar dicho fluido o **fase móvil** a través de un medio fijo inmisible o **fase estacionaria**. Si la fase estacionaria es una superficie sólida, como un papel, se llama **cromatografía en capa fina**, y si se trata de una sustancia contenida en una columna, **cromatografía en columna**. Las sustancias que son retenidas con menos fuerza avanzan más y las retenidas con más fuerza, avanzan menos. Así se consigue separarlas para luego analizarlas cualitativa o cuantitativamente. Cuando el fluido es un gas se denomina **cromatografía de gases**.

➔ SABER HACER



Realizar una diálisis

El objetivo es separar las moléculas grandes (macromoléculas) de las pequeñas (cristaloides).

Material. Un vaso de precipitados de unos 500 cm³, un tubo para diálisis, albúmina de huevo o una clara, agua, NaCl, NaOH al 20%, CuSO₄ al 1% y AgNO₃ al 1%.

Protocolo. Se corta un trozo de tubo para diálisis y se deja en agua 24 horas. Antes de usarlo se debe hacer un nudo en uno de los extremos. Se introduce en él una disolución de albúmina de huevo. Esta se puede obtener dispersando una clara de huevo en 200 cm³ de NaCl al 1%. Luego se debe hacer otro nudo en el otro extremo e introducir el tubo anudado en agua destilada. Al cabo de uno o dos días, se comprueba si dentro y fuera del tubo hay o no albúmina y NaCl.

Para comprobar la presencia de albúmina, se cogen 2 cm³ de disolución y se añaden 2 cm³ de NaOH al 20%, y unas gotas de sulfato de cobre al 1%. Este análisis se llama **prueba de Biuret**. Si aparece el color violeta, es que hay albúmina.

Para comprobar la presencia de NaCl, se cogen 2 cm³ de disolución y se añaden unas gotas de AgNO₃ al 1%. Si aparece un precipitado blanco, es que hay Na.

Resultados. La prueba de Biuret resultó positiva en la disolución del interior del tubo y negativa en el exterior. Sin embargo, para el NaCl, la prueba dio positivo dentro y fuera el tubo.

ACTIVIDADES

24. ¿Por qué se han obtenido esos resultados? Justifica tu respuesta.

8.4. Electroforesis

Es el transporte de las partículas coloidales a través de un gel gracias a la acción de un campo eléctrico. Generalmente se utiliza para separar las diferentes proteínas que se extraen juntas en un tejido y diferentes ADN entre sí.

La velocidad de las partículas es más grande cuanto más alta es su carga eléctrica y cuanto menor sea su masa molecular, es decir, depende del cociente carga/masa. Se suelen utilizar geles de almidón, de agarosa o de poliacrilamida.

25. ¿Para qué se emplea el detergente SDS?

26. ¿Dónde quedarán reflejadas en el gel las proteínas de menor masa molecular? ¿Por qué?

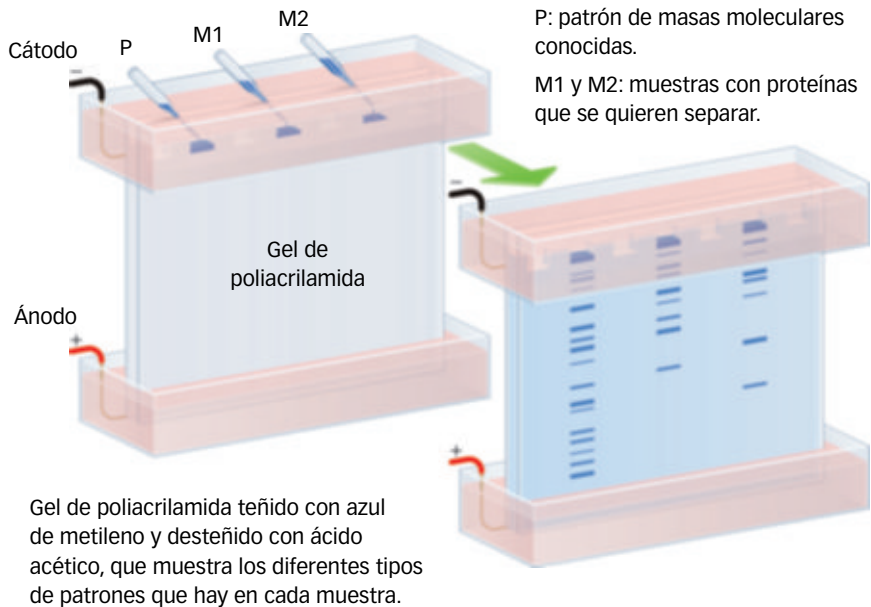
Electroforesis de una proteína

Aparte de separar proteínas, con la electroforesis podemos conocer su masa molecular.

En primer lugar, se prepara un gel de poliacrilamida añadiendo un catalizador a una dispersión de acrilamida. A este gel se incorpora un detergente, el SDS, que se unirá a las proteínas cargándolas negativamente según su masa molecular. De esta forma se consigue que las proteínas se desplacen exclusivamente por su masa.

Después, las proteínas que se quieren separar se depositan en el extremo opuesto al ánodo, y se hace pasar una corriente continua a través de una disolución tampón que empapa el gel.

Posteriormente se tiñe el gel con azul de metileno para visualizar las proteínas ya separadas en las diferentes bandas. Este colorante se fija solo a las proteínas, por lo que para observarlas se debe desteñir el gel.



8.5. Espectrofotometría

Es una técnica de análisis óptico que permite comparar la radiación absorbida por una solución que contiene una concentración desconocida de soluto con otra que contiene una concentración conocida del mismo soluto.

Cada sustancia presenta un grado de absorción diferente según la longitud de onda utilizada (espectro de absorción), lo cual permite reconocerla. Para averiguar la concentración de una sustancia se utiliza la longitud de onda en la cual presenta la máxima absorbancia.

Para realizar esta técnica se utiliza un **espectrofotómetro**, aparato que permite variar la longitud de onda a utilizar y medir la cantidad de radiación que ha atravesado la disolución, es decir, la radiación transmitida o no absorbida. Los espectrofotómetros pueden utilizar radiaciones ultravioletas (de 180 a 380 nm), visibles (de 380 a 780 nm) e infrarrojas (mayor de 780 nm).

ACTIVIDADES

27. ¿Qué diferencias existen entre el proceso de ósmosis y la diálisis?

28. Investiga sobre los distintos tipos de cromatografías y explica para qué se utiliza cada uno de ellos.



ACTIVIDADES FINALES



Para repasar

29. Los dos átomos de la molécula de nitrógeno (N_2) están tan fuertemente unidos por tres enlaces covalentes que apenas reaccionan con otras sustancias. ¿Qué relación hay entre esto y la composición de la atmósfera?
30. ¿Cuáles son los bioelementos imprescindibles que constituyen las moléculas orgánicas?
31. ¿Por qué el fósforo permite almacenar energía de uso inmediato?
32. ¿En qué se basan los científicos para creer que la vida apareció en el medio acuoso?
33. Corrige el siguiente texto: «El carbono, el oxígeno, el hidrógeno y el nitrógeno son oligoelementos de masa atómica baja, hecho que les impide formar enlaces covalentes. Son elementos escasos en las capas más externas de la Tierra y los compuestos químicos que forman no se disuelven bien en agua».
34. Haz un cuadro resumen de la clasificación de las biomoléculas o principios inmediatos.
35. ¿Por qué la fórmula H_2O no corresponde realmente al agua líquida sino al vapor de agua?
36. ¿Por qué el agua es un gran disolvente? ¿Por qué no disuelve también los hidrocarburos?
37. ¿Qué quiere decir que dos iones son antagonicos? Indica algunos ejemplos.
38. ¿Por qué una forma de conservar los alimentos es cubrirlos con sal como se hace con el bacalao?
39. ¿Por qué las soluciones que se administran en inyección endovenosa deben ser isotónicas para los glóbulos rojos? ¿Qué podría pasar si no fuera así?
40. ¿De qué tipo son las membranas plasmáticas?
41. Los radicales $-COOH$ y los $-NH_2$ de los compuestos orgánicos se pueden ionizar en agua de la siguiente forma:
 $-COOH \rightarrow -COO^- + H^+$
 $-NH_2 + H_2O \rightarrow -NH_3OH \rightarrow -NH_3 + OH^-$
 Indica qué pasará si:
 a) Añadiendo un ácido, el medio queda muy ácido.
 b) Añadiendo una base, el medio queda muy básico.
42. ¿En qué estados pueden presentarse las dispersiones coloidales?
43. ¿Qué propiedades presentan las dispersiones coloidales que las diferencian de las disoluciones verdaderas?
44. Las membranas utilizadas en diálisis no permiten el paso de cristaloides, mientras que las utilizadas en ósmosis sí. ¿Es cierta esta afirmación? Justifica tu respuesta.
45. ¿Qué técnica utilizarías para averiguar la concentración de una sustancia conocida en dispersión coloidal? Explica el fundamento de dicha técnica.

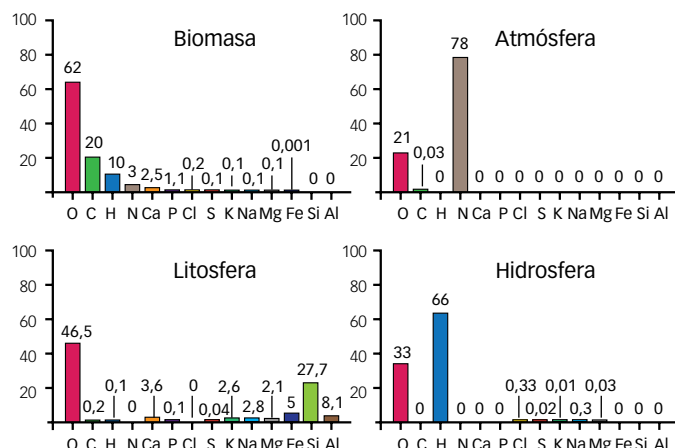
Para profundizar

46. El medio interno de los organismos presenta unas concentraciones iónicas constantes. Una pequeña variación puede provocar graves alteraciones en las células. Se dan las disoluciones fisiológicas de Ringer y de Tyrode, empleadas para mantener órganos animales en funcionamiento, y la disolución nutritiva de Arnon para cultivos hidropónicos de plantas.

Solución fisiológica de Ringer (para anfibios)	NaCl	6,0 g
	KCl	0,2 g
	$CaCl_2$	0,2 g
	$NaHCO_3$	0,1 g
	H_2O	Hasta 1 litro
Solución fisiológica de Tyrode (para mamíferos)	NaCl	8,00 g
	KCl	0,20 g
	$CaCl_2$	0,20 g
	$MgCl_2$	0,10 g
	$NaHCO_3$	1,00 g
	NaH_2PO_4	0,05 g
	Glucosa	1,00 g
Solución nutritiva de Arnon (para cultivos hidropónicos)	H_2O	Hasta 1 litro
	KNO_3	1,02000 g
	$Ca(NO_3)_2$	0,49200 g
	$NH_4H_2PO_4$	0,23000 g
	$MgSO_4 \cdot 7(H_2O)$	0,49000 g
	H_3BO_3	0,00286 g
	$MnCl_2 \cdot 4(H_2O)$	0,001810 g
	$CuSO_4 \cdot 5(H_2O)$	0,000008 g
	$ZnSO_4 \cdot 7(H_2O)$	0,000022 g
	$H_2MoO_4 \cdot (H_2O)$	0,000009 g
	$FeSO_4 \cdot 7(H_2O)$	Indicios
	Ácido tartárico	Indicios
	H_2O	Hasta 1 litro

- a) ¿Qué disolución tiene el mayor porcentaje de sales y cuál tiene el menor? ¿Cuál puede ser la razón?
- b) ¿Contienen todas las disoluciones materia orgánica que pueda servir de alimento a las células?
- c) ¿Contienen todas las disoluciones sustancias que puedan mantener constante el pH del medio? ¿Qué sustancias son?
- d) ¿Por qué la disolución de Arnon contiene tantos compuestos diferentes pese a ser en cantidades ínfimas?

47. Los seres vivos ocupan la parte inferior de la atmósfera, toda la hidrosfera y la parte superficial de la litosfera. Como para constituir su cuerpo obtienen los elementos químicos del medio en el que se encuentran, cabría esperar que su composición se pareciera mucho a la de estas tres capas. Dada la composición de estas capas y la composición de los organismos, expresada en porcentajes de elementos químicos, contesta a las preguntas.



- ¿Qué bioelementos primarios son elementos muy abundantes en algunas de estas capas? ¿Cuáles no lo son?
- ¿Qué moléculas constituyen los bioelementos primarios en los seres vivos?
- ¿Por qué se han seleccionado los bioelementos primarios menos abundantes para constituir los organismos?

48. Para saber el contenido en agua de dos tipos de alimentos se han pesado y se han introducido en una estufa de desecación durante 7 días. Se han pesado cada día y los resultados obtenidos son los siguientes:

	Peso inicial	1.º día	2.º día	3.º día	4.º día	5.º día	6.º día	7.º día
Espinacas (g)	20	8,1	5,2	3,7	2,7	2,1	2,0	2,0
Carne (g)	30	16,5	13,0	12	11,1	10,4	10,3	10,3

- Representa gráficamente cómo ha ido cambiando el peso de estos alimentos.
- ¿Qué porcentaje de agua contenían estos dos alimentos al principio?
- Representa gráficamente cómo ha ido cambiando el porcentaje de agua de estos alimentos.
- ¿Cómo se puede saber si se han llegado a deshidratar completamente estos alimentos?

49. Visita la web del Proyecto Biosfera del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte en la sección 2.º curso de Bachillerato, en el apartado de «Actividades de investigación» de la unidad 1 y realiza la actividad 1 (El Silicio: ¿Puede el Silicio ser la base de la vida?), la actividad 2 (La diálisis: ¿Qué tiene que ver con el riñón?) y la actividad 3 (La ósmosis: Relaciona las sales minerales con el agua).

Palabras clave: *biosfera actividades 2.º bachillerato la materia viva.*

EN RESUMEN

- Los elementos químicos, las moléculas y los enlaces químicos**

Elemento químico. Átomo
Sustancia compuesta. Molécula
Enlace químico
Iónico Covalente De hidrógeno Fuerzas de Van der Waals
- Los bioelementos**

Primarios: C, H, O, N, S y P
Secundarios: Na, K, Cl, Ca, Mg
- Las biomoléculas o principios inmediatos**

Simples Compuestas	Inorgánicas Orgánicas
-----------------------	--------------------------
- El agua**

Presencia: circulante, intersticial e intracelular.

Características: elevada cohesión, tensión superficial, calor específico, calor de vaporización y poder disolvente; densidad más alta en estado sólido que líquido y bajo grado de ionización.

Funciones: disolvente, bioquímica, estructural, mecánica amortiguadora y termorreguladora.



El hielo forma una capa termoisolante.

- Las sales minerales**

Precipitadas
Disueltas
- Las propiedades de las disoluciones verdaderas**

Difusión
Ósmosis
Estabilidad del pH
Capacidad de gelificación
- Las propiedades de las dispersiones coloidales**

Elevada viscosidad
Elevado poder adsorbente
Efecto Tyndall
- Principales técnicas utilizadas en bioquímica**

Centrifugación
Diálisis
Electroforesis
Cromatografía
Espectrofotometría



¿Qué aplicaciones tiene el uso de marcadores radioactivos?

Algunas técnicas empleadas

Planteamiento del problema

El uso de marcadores radioactivos es una técnica que consiste en introducir isótopos radioactivos en determinadas moléculas para hacer luego un seguimiento de estas. En muchos estudios biológicos es necesario averiguar si una molécula se transforma en otras o en qué lugares se acumula. Esto permite deducir rutas metabólicas, procesos de replicación del material genético, anomalías fisiológicas, localización de tumores cancerosos, etc.

Conocimientos previos

Los **isótopos** son átomos con el mismo número de protones pero distinto número de neutrones. Por ejemplo, el carbono normal o ^{12}C tiene 6 protones y 6 neutrones en su núcleo, su isótopo ^{13}C posee 6 protones y 7 neutrones, y su isótopo ^{14}C presenta 6 protones y 8 neutrones.

Todos estos átomos se comportan como átomos de carbono en las reacciones químicas, pero provocan, lógicamente, diferencias de masa molecular. En la naturaleza existe un 99 % de ^{12}C , un 1 % de ^{13}C y solo trazas de ^{14}C . Esta es la razón por la que la masa atómica del carbono no es 12, sino 12,0107 (valor resultante del cálculo ponderado de las masas atómicas de todos los isótopos). Lo mismo sucede con los demás tipos de átomos.

Estos isótopos tienen otra característica que es la más utilizada. Algunos, como el ^{14}C , son **isótopos inestables** o **radioactivos** que se descomponen emitiendo radiaciones gamma (γ) para convertirse en isótopos estables. Generalmente se transforman en átomos de un elemento diferente; el ^{14}C se desintegra y da lugar a ^{14}N . Su vida media, es decir, el tiempo que precisa para que la mitad de los átomos de ^{14}C se hayan desintegrado, es de 5730 años. Ello explica por qué se utiliza para datar objetos históricos pero no sirve para datar procesos geológicos que duran millones de años.

Los rayos gamma son radiaciones electromagnéticas, es decir, fotones que presentan una longitud de onda inferior a los rayos X, por lo que tienen un gran poder de penetración en la materia.

Frecuencia (Hz)

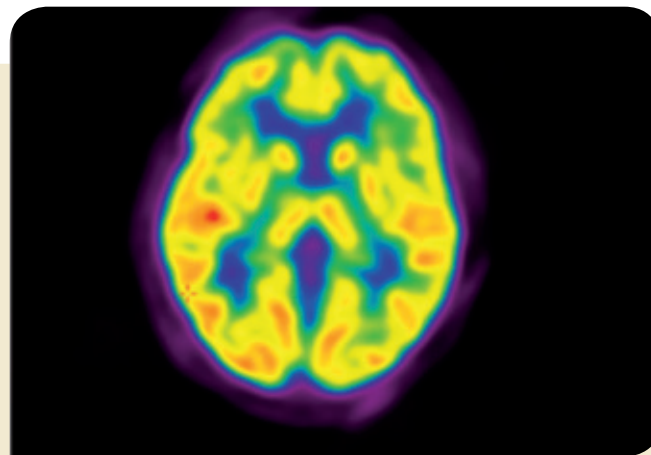
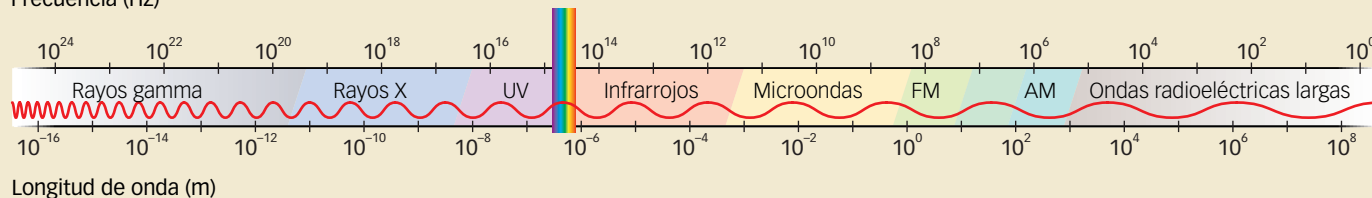
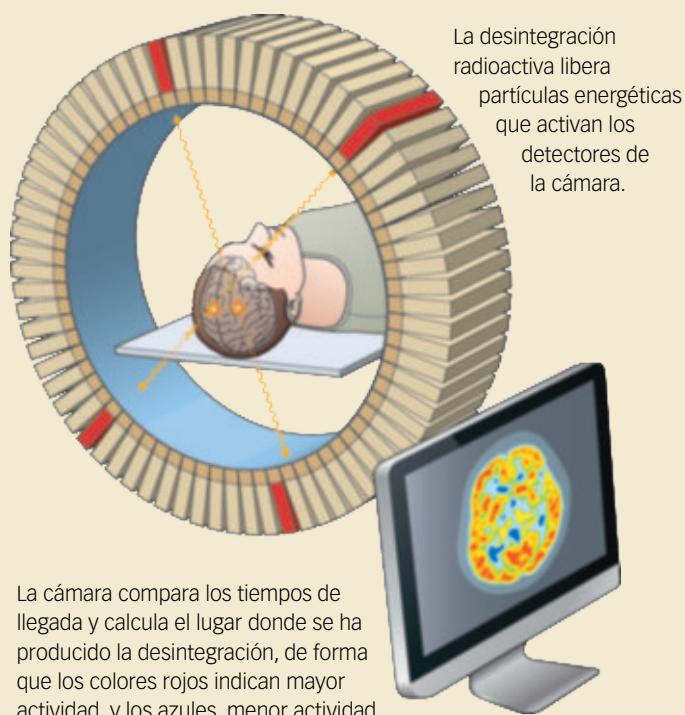


Imagen de un cerebro humano mediante tomografía por emisión de positrones (PET).

Son peligrosos porque pueden alterar el ADN y provocar cáncer, pero bien utilizados sirven para esterilizar material quirúrgico y para eliminar bacterias y hongos en alimentos.

Las radiaciones emitidas por los isótopos radioactivos pueden ser detectadas por una cámara de rayos gamma, lo cual permite hacer su seguimiento, incluso en organismos vivos.



Esquema de una cámara de rayos gamma.

Aplicaciones de isótopos radioactivos en medicina

En medicina los rayos gamma se utilizan para atacar determinados tumores cancerosos y en técnicas de diagnóstico.

- La **tomografía computarizada de rayos X (TC)** utiliza imágenes transversales del cuerpo obtenidas mediante un equipo de rayos X para la exploración de cánceres, huesos fracturados, coágulos de sangre, hemorragias internas o signos de enfermedad cardíaca. Se inyecta al enfermo tecnecio (^{99}Tc), cuya vida media es de solo seis horas, por lo que no resulta perjudicial para los pacientes y permite obtener imágenes de la zona observada.
- La **tomografía por emisión de positrones (PET)** permite obtener imágenes más precisas. Se trata de la reconstrucción informática de cortes de los órganos examinados a partir de múltiples proyecciones gammagráficas obtenidas desde varios ángulos.

En oncología se puede inyectar una molécula de glucosa marcada con flúor 18 (^{18}F) y cuando se utiliza para obtener imágenes de corazón o de cerebro se suministra carbono 11 (^{11}C) y nitrógeno 13 (^{13}N).

Perfil del técnico en imagen para el diagnóstico

¿Qué hacen?

- Obtienen registros gráficos del cuerpo humano utilizando diferentes equipos y técnicas para el tratamiento de las imágenes obtenidas, y con ello poder hacer un buen diagnóstico.
- Preparan y dosifican radiofármacos cumpliendo los protocolos establecidos.
- Aplican el plan de emergencias ante accidentes con riesgo de irradiación.

¿Cómo lo hacen?

- Manejan equipos radiográficos para sacar las placas de rayos X.
- Procesan informáticamente las imágenes obtenidas mediante resonancia magnética y/o tomografía axial computerizada.
- Aplican técnicas radioisotópicas con equipos de medicina nuclear para obtener y procesar las imágenes de aquella parte del cuerpo que se esté observando.
- Aplican las medidas de radioprotección de las instalaciones, del personal y de los pacientes.
- Realizan el control de contaminación radioactiva de las unidades de radiología.

Aplicaciones de isótopos radioactivos en plantas

Los isótopos radioactivos han permitido avances muy importantes en biología. Algunos ejemplos de la aplicación de estos isótopos en plantas son los siguientes:

- En 1962, Cornelius Bernardus van Niel propuso que la fuente de oxígeno de la fotosíntesis era el agua y no el dióxido de carbono, como se pensaba hasta la fecha. Suministró a determinadas plantas C^{18}O_2 , es decir, dióxido de carbono cuyo oxígeno era el isótopo ^{18}O y agua normal (H_2O). Confirmó su hipótesis al ver que el oxígeno obtenido tras la fotosíntesis era oxígeno molecular normal, no marcado, y que, por lo tanto, tenía que proceder del agua.
- Otro ejemplo de gran interés fue la aportación de dióxido de carbono marcado con ^{14}C a las plantas, es decir, $^{14}\text{C}\text{O}_2$. De esta forma se pudo deducir que el glúcido presente en la savia elaborada es la sacarosa y cómo esta molécula atraviesa las placas cribosas de los tubos liberianos.
- La aplicación de potasio radioactivo (^{42}K) en el agua del suelo permitió confirmar que la vía de movimiento hacia arriba del agua y los iones inorgánicos es el xilema.

ACTIVIDADES

50. ¿Por qué los isótopos radioactivos son útiles en el estudio de la química de la vida?

51. ¿En qué consiste la tomografía por emisión de positrones o PET?

52. ¿Qué tipo de ondas se emplean en una resonancia magnética?

53. Imagínate que eres un biólogo que está estudiando el grado de eutrofización de las aguas de diferentes lagos de alta montaña y que quieres comparar la cantidad de algas unicelulares que hay en cada uno de ellos. Podrías tomar muestras de agua, sedimentar las algas, concentrarlas y contarlas con la ayuda de un microscopio, pero esta tarea se podría hacer de forma más fácil y rápida si utilizaras un contador de radiaciones gamma y compraras en el mercado una de las sustancias radioactivas que utilizan las algas para hacer la fotosíntesis, como por ejemplo $^{14}\text{C}\text{O}_2$. Midiendo la cantidad de radiaciones gamma en las sustancias producto, se podría saber la cantidad relativa de algas que hay en los diferentes lagos. Explica todo lo que harías para aplicar esta técnica de isótopos radioactivos y solucionar el problema.

54. ¿Cuáles son las medidas de radioprotección que un técnico en imagen para el diagnóstico ha de aplicar en las instalaciones, al paciente y al propio personal?