Miquel Mahiques

Examen resuelto de Biología — Ordinaria 2025

Canarias · 20 problemas

1 BIOMOLÉCULAS
Funciones biológicas del agua y soluciones tampón

La **huella hídrica** es un indicador de la sostenibilidad que estima el uso de **agua** dulce, tanto directo como indirecto, por parte de un consumidor o productor. El objetivo es la concienciación y óptima gestión de este recurso limitado. *(Fuente: FAO.org)*

a. Nombra **3** funciones del agua que sean de importancia biológica.
b. ¿Qué se entiende por sustancias hidrófobas?
c. Cita un ejemplo de una sustancia hidrófoba y otro de una sustancia hidrófila.
d. ¿Qué es una solución tampón o buffer?

A

El agua cumple numerosas funciones biológicas. Se enumeran tres relevantes:

- **Disolvente universal**: gracias a su carácter polar y a la capacidad de formar puentes de hidrógeno, disuelve la mayoría de las moléculas polares (sales, glúcidos, aminoácidos), siendo el medio donde se producen las reacciones bioquímicas.
- **Función estructural y de transporte**: el agua aporta turgencia a las células vegetales y permite el transporte de sustancias en la sangre, savia y otros fluidos biológicos.
- **Función termorreguladora**: su elevado calor específico y alto calor de vaporización permite amortiguar los cambios de temperatura del organismo (p. ej., mediante la sudoración).

RESULTADO
Tres funciones biológicas del agua: disolvente universal, función estructural/transporte y termorreguladora.

B

Las sustancias **hidrófobas** (del griego *hydor*, agua, y *phobos*, miedo) son aquellas moléculas o partes de moléculas **apolares** que no presentan afinidad por el agua y, por tanto, no se disuelven en ella. Tienden a agruparse entre sí en medios acuosos minimizando el contacto con el agua, fenómeno conocido como efecto hidrofóbico, que es fundamental para la formación de la bicapa lipídica de las membranas biológicas y para el plegamiento de las proteínas globulares.

RESULTADO
Las sustancias hidrófobas son moléculas apolares sin afinidad por el agua, que no se disuelven en ella.

C

Ejemplo de sustancia hidrófoba: los lípidos (como los triacilglicéridos de los aceites o las grasas, ácidos grasos de cadena larga, colesterol). Son apolares y no se disuelven en agua.

Ejemplo de sustancia hidrófila: la glucosa (también el cloruro sódico, los aminoácidos polares o la sacarosa). Son moléculas polares o iónicas que se disuelven con facilidad en agua.

RESULTADO
Hidrófoba: lípidos (p. ej., triacilglicéridos). Hidrófila: glucosa (o NaCl).

D

Una **solución tampón**, también llamada disolución amortiguadora o *buffer*, es una disolución que se opone a las variaciones de **pH** al añadir pequeñas cantidades de ácidos o bases. Está formada generalmente por un **ácido débil y su base conjugada** (o una base débil y su ácido conjugado). En los seres vivos los tampones biológicos (como el bicarbonato/ácido carbónico $\mathrm{HCO_3^-/H_2CO_3}$ o el tampón fosfato) mantienen el pH dentro de los estrechos márgenes compatibles con la vida.

RESULTADO
Una solución tampón o buffer es una mezcla de ácido débil y su base conjugada que resiste cambios de pH.

2 BIOMOLÉCULAS
Estructura de la lactosa y la lactasa: enlaces y unidades

En el folleto divulgativo se informa "La alergia a la leche (más concretamente, a sus componentes como la caseína, la β-lactoglobulina ...) no es lo mismo que la intolerancia a la **lactosa**, debida a que las personas tienen una ausencia o bajo nivel de la **lactasa**". *(Fuente: Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición, AESAN).*

a. Indica las unidades estructurales de cada una de las biomoléculas del texto (negrita).
b. Indica el nombre del enlace de unión de las citadas unidades básicas.
c. Dibuja la estructura básica y común de las unidades que constituyen la lactasa.
d. Indica cuál es la composición de un heterósido.

A

El texto destaca dos biomoléculas: la **lactosa** y la **lactasa**.

- **Lactosa**: es un disacárido. Sus unidades estructurales son dos monosacáridos: una molécula de **β-D-galactosa** y una molécula de **β-D-glucosa**.
- **Lactasa**: es una enzima, por tanto una proteína. Sus unidades estructurales son los **aminoácidos** (los 20 aminoácidos proteinógenos).

RESULTADO
Lactosa: monosacáridos (galactosa + glucosa). Lactasa: aminoácidos.

B

- La galactosa y la glucosa de la lactosa se unen mediante un **enlace O-glucosídico** de tipo β(1→4).
- Los aminoácidos de la lactasa se unen entre sí mediante **enlaces peptídicos** (enlaces amida entre el grupo carboxilo $-\mathrm{COOH}$ de un aminoácido y el grupo amino $-\mathrm{NH_2}$ del siguiente, con condensacion de agua).

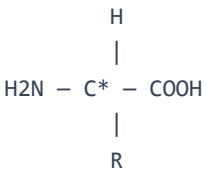
RESULTADO
Enlace O-glucosídico (lactosa) y enlace peptídico (lactasa).

C

Las unidades básicas de la lactasa son los **aminoácidos**. Su estructura básica y común consta de un **carbono α central** al que se unen cuatro grupos:

- un grupo **amino** ($-\mathrm{NH_2}$),
- un grupo **carboxilo** ($-\mathrm{COOH}$),
- un átomo de **hidrógeno** ($-\mathrm{H}$),
- una **cadena lateral o radical R**, variable y característica de cada aminoácido.

Esquema:



El carbono α es asimétrico (excepto en la glicina, donde R = H), por lo que los aminoácidos presentan actividad óptica.

RESULTADO
Un aminoácido consta de un carbono α unido a un grupo amino, un carboxilo, un H y una cadena R variable.

D

Un **heterósido** (u holósido heterogéneo, también llamado glucósido) es un compuesto formado por la unión de uno o varios **monosacáridos** con una **fracción no glucídica**, denominada *aglicón*. La unión se establece mediante un enlace O-glucosídico (o N-glucosídico). Son ejemplos los glucolípidos, glucoproteínas y nucleósidos.

RESULTADO
Heterósido = monosacárido(s) + componente no glucídico (aglicón) unidos por enlace glucosídico.

BIOMOLÉCULAS

3 Identificación de glúcidos: almidón, glucógeno y celulosa

La OMS considera una dieta equilibrada en nutrientes la que contiene aproximadamente la siguiente proporción en kcal: las proteínas no deben sobrepasar el 15%; los **lípidos** no deben sobrepasar el 30% y los **glúcidos** es el resto hasta el 100%.

a. La imagen adjunta corresponde a distintos de componentes moleculares. Identifica y especifica aquellos que pueden ser componentes del grupo de biomoléculas resaltadas en negrita en el texto.
b. Polímeros con glucosa son el almidón y el glucógeno, indica la función de cada uno.
c. Indica cuál es la composición de un heteropolisacárido.
d. Indica qué molécula glucosídica es constituyente de cada tipo de ácido nucleico.

A

En la imagen se reconocen cuatro componentes numerados. Los grupos en negrita son **lípidos** y **glúcidos**:

- **Componente 1**: estructura con dos cadenas de ácidos grasos ($\mathrm{CH_2} - (\mathrm{CH_2})_{14} - \mathrm{CH_3}$) esterificadas a un glicerol con un grupo fosfato. Corresponde a un **fosfoglicérido (glicerofosfolípido)**, componente lipídico de las membranas.
- **Componente 3**: estructura cíclica con grupos $-\mathrm{OH}$ y $-\mathrm{CH_2OH}$ (anillo de piranosa) corresponde a un **monosacárido** (p. ej., α-D-glucosa). Es componente de los **glúcidos**.
- **Componente 4**: dos unidades de monosacárido unidas por un enlace O-glucosídico; es un **disacárido** (p. ej., maltosa). También componente de los **glúcidos**.
- El componente 2 corresponde a un nucleótido (no se incluye en lípidos ni glúcidos resaltados).

RESULTADO
1 = fosfoglicérido (lípido); 3 = monosacárido y 4 = disacárido (glúcidos).

B

- **Almidón**: polisacárido de **reserva energética** propio de las **células vegetales**. Se almacena en plastos (amiloplastos) de raíces, tubérculos y semillas. Está formado por amilosa (lineal, enlaces α-1,4) y amilopectina (ramificada, α-1,4 y α-1,6).
- **Glucógeno**: polisacárido de **reserva energética** propio de las **células animales** y de hongos. Se almacena principalmente en el hígado y el músculo. Su estructura es muy ramificada (enlaces α-1,4 y α-1,6), lo que permite movilizar glucosa rápidamente.

RESULTADO
Ambos son polisacáridos de reserva energética: almidón en vegetales, glucógeno en animales.

C

Un **heteropolisacárido** es un polisacárido formado por la unión, mediante enlaces O-glucosídicos, de **dos o más tipos distintos de monosacáridos** (o derivados de éstos, como aminoazúcares o ácidos urónicos). Ejemplos: la pectina, las hemicelulosas, el ácido hialurónico, la quitina (con N-acetilglucosamina) o la heparina.

RESULTADO
Heteropolisacárido: polímero de más de un tipo de monosacárido unidos por enlaces O-glucosídicos.

D

Los ácidos nucleicos contienen una pentosa como componente glucosídico:

- **ADN (ácido desoxirribonucleico)**: contiene **2-desoxi-D-ribosa** (pentosa sin grupo $-\mathrm{OH}$ en el carbono 2').
- **ARN (ácido ribonucleico)**: contiene **D-ribosa** (pentosa con grupo $-\mathrm{OH}$ en el carbono 2').

RESULTADO
ADN: desoxirribosa. ARN: ribosa.

4 BIOMOLÉCULAS
Saponificación del ácido oleico y lípidos anfipáticos

El aceite de oliva, considerado como el oro líquido, es un ingrediente clave de la dieta mediterránea. Presenta un alto contenido de **ácido oleico**.

a. En respuesta a la reacción de saponificación, ¿a qué tipo de lípido correspondería el que contenga el ácido oleico?
b. ¿Qué significa que son moléculas anfipáticas?
c. ¿Qué significa que un ácido graso es insaturado?
d. El ácido oleico es abundante en la membrana plasmática (papel estructural). Indica otra función de los lípidos diferente a las mencionadas.

A

El ácido oleico es un ácido graso, por lo que pertenecería a los **lípidos saponificables**, aquellos que contienen ácidos grasos en su estructura y que pueden experimentar una reacción de saponificación (hidrólisis alcalina de los enlaces éster con NaOH o KOH) produciendo glicerina y sales sódicas o potásicas de los ácidos grasos (jabones). Dentro de los saponificables, formaría parte de los **acilglicéridos** (en concreto, triacilglicéridos en el aceite de oliva) o de los **fosfolípidos** si está en una membrana.

RESULTADO
Lípidos saponificables (acilglicéridos en el aceite de oliva).

B

Una molécula es **anfipática** (o anfifílica) cuando posee en su estructura, simultáneamente, una zona **hidrófila** (polar, con afinidad por el agua) y otra zona **hidrófoba** (apolar, sin afinidad por el agua). Esta dualidad es la base de la formación de micelas, bicapas y membranas biológicas. Ejemplos típicos: los ácidos grasos (cabeza $-\mathrm{COOH}$ polar, cola hidrocarbonada apolar), los fosfolípidos y los jabones.

RESULTADO
Molécula con una zona hidrófila polar y otra zona hidrófoba apolar.

C

Un ácido graso es **insaturado** cuando su cadena hidrocarbonada presenta uno o más **dobles enlaces** entre átomos de carbono (C=C). Si tiene un solo doble enlace se llama monoinsaturado (como el ácido oleico, 18:1 cis-Δ9), y si tiene varios, poliinsaturado (linoleico, linolénico). Los dobles enlaces (generalmente en configuración *cis*) introducen

codos en la cadena, lo que disminuye el punto de fusión y hace que estos lípidos sean líquidos a temperatura ambiente (aceites).

RESULTADO
Ácido graso insaturado: presenta uno o más dobles enlaces C=C en la cadena hidrocarbonada.

D

Aparte del papel estructural en las membranas, los lípidos desempeñan otras funciones biológicas. Una destacada es la **función de reserva energética**: los triacilglicéridos almacenados en el tejido adiposo de animales y en las semillas y frutos de plantas constituyen la principal reserva energética a largo plazo, ya que su oxidación libera más del doble de energía por gramo (~9 kcal/g) que los glúcidos o las proteínas (~4 kcal/g).

Otras posibles: **función hormonal** (esteroides como testosterona, estrógenos o cortisol), **protectora/aislante térmico** (panículo adiposo), **vitamínica** (vitaminas liposolubles A, D, E, K).

RESULTADO
Función de reserva energética (también hormonal, protectora térmica o vitamínica).

5 BIOMOLÉCULAS
Niveles estructurales y plegamiento de las proteínas

El Premio Nobel de Química 2024 reconoce la gran aportación al campo de biología molecular. La mitad del premio ha sido para David Baker, por el diseño computacional que permite construir tipos completamente nuevos de **proteínas**. La otra mitad para Demis Hassabis y John Jumper que desarrollaron 'AlphaFold', un modelo de IA capaz de predecir la forma exacta de las proteínas a partir de su secuencia genética. *(Fuente: Nobelprize.org)*.

a. Indica los niveles de estructuración en las proteínas.
b. Cita los tipos de estructura terciaria de las proteínas.
c. Define los conceptos de: holoproteínas y heteroproteínas.
d. Define grupo prostético.

A

Las proteínas presentan hasta **cuatro niveles** de organización estructural:

- **Estructura primaria**: secuencia lineal de aminoácidos unidos por enlaces peptídicos.
- **Estructura secundaria**: plegamiento regular y local de la cadena polipeptídica mediante puentes de hidrógeno entre los átomos del enlace peptídico (α-hélice, lámina β plegada y giros β).
- **Estructura terciaria**: plegamiento global y tridimensional de la cadena polipeptídica, estabilizado por interacciones entre las cadenas laterales R (puentes disulfuro, enlaces iónicos, puentes de hidrógeno e interacciones hidrofóbicas).
- **Estructura cuaternaria**: asociación de dos o más cadenas polipeptídicas (subunidades) para formar una proteína funcional (solo en proteínas oligoméricas, p. ej., hemoglobina).

RESULTADO
Primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria.

B

La estructura terciaria de las proteínas presenta dos tipos principales:

- **Globular**: la cadena polipeptídica se pliega de forma compacta y aproximadamente esférica. Suelen ser solubles en agua y desempeñar funciones dinámicas (enzimas, transporte, defensa). Ejemplos: hemoglobina, inmunoglobulinas, mioglobina.

- **Fibrosa**: la cadena adopta una forma alargada y filamentosa, generalmente insoluble en agua. Tienen función mayoritariamente estructural y de protección. Ejemplos: colágeno, queratina, fibroína, elastina.

RESULTADO
Globular y fibrosa.

C

- **Holoproteínas** (o proteínas simples): proteínas formadas **exclusivamente por aminoácidos**. Pueden ser globulares (albúminas, globulinas) o fibrosas (colágeno, queratina).
- **Heteroproteínas** (o proteínas conjugadas): proteínas constituidas por una parte proteica (apoproteína) unida a una parte no proteica denominada **grupo prostético**. Según la naturaleza del grupo prostético se clasifican en: glucoproteínas (glúcido), lipoproteínas (lípido), cromoproteínas (pigmento, p. ej., hemoglobina con el grupo hemo), fosfoproteínas (fosfato) y nucleoproteínas (ácido nucleico).

RESULTADO
Holoproteínas: solo aminoácidos. Heteroproteínas: aminoácidos + grupo prostético no proteico.

D

Un **grupo prostético** es la **fracción no proteica** que forma parte de una heteroproteína (o de una enzima conjugada), unida fuertemente y de forma permanente a la apoproteína. Es indispensable para la actividad biológica de la proteína. Ejemplos típicos: el grupo hemo (porfirina con Fe^{2+}) de la hemoglobina, los glúcidos de las glucoproteínas o el FAD en las flavoproteínas.

RESULTADO
Grupo prostético: fracción no proteica unida permanentemente a una proteína, esencial para su función.

6 BIOMOLÉCULAS
Función biológica del colesterol y de las vitaminas

Falso mito: "El huevo es malo para el colesterol". El huevo es un alimento muy completo y saludable. Es cierto que su yema es rica en **colesterol**, pero no hay que olvidar que el huevo posee también **proteínas**, **vitaminas** y minerales. *(Fuente: https://estilosdevidasaludable.sanidad.gob.es)*

a. Indica la función biológica que desempeña el colesterol en la célula.
b. Cita una hormona derivada de algún compuesto perteneciente al mismo grupo de biomoléculas que el colesterol.
c. Cita una vitamina hidrosoluble y otra liposoluble.
d. ¿Qué sucedería a las proteínas si se sometiesen a altas temperaturas?

A

El **colesterol** es un esterol que desempeña una **función estructural en las membranas plasmáticas** de las células animales: se intercala entre los fosfolípidos de la bicapa lipídica y regula su **fluidez** (la disminuye a temperaturas elevadas e impide que se solidifique a bajas), modulando así la permeabilidad. Además, es **precursor** de hormonas esteroideas, ácidos biliares y vitamina D.

RESULTADO
Componente estructural de la membrana plasmática animal (regula su fluidez) y precursor de hormonas esteroideas, vitamina D y ácidos biliares.

B

El colesterol pertenece al grupo de los **esteroides** (lípidos insaponificables). Una hormona derivada de los esteroides es la **testosterona** (hormona sexual masculina) o, igualmente válidos: los **estrógenos** y la **progesterona** (hormonas

sexuales femeninas), el **cortisol** y la **aldosterona** (corticosteroides suprarrenales).

RESULTADO
Testosterona (también estrógenos, progesterona, cortisol o aldosterona).

C

- **Vitamina hidrosoluble**: vitamina C (ácido ascórbico). También las del grupo B (B1 tiamina, B2 riboflavina, B6, B12, etc.).
- **Vitamina liposoluble**: vitamina A (retinol). También vitamina D (calciferol), vitamina E (tocoferol) o vitamina K (filoquinona).

RESULTADO
Hidrosoluble: vitamina C. Liposoluble: vitamina A.

D

Al someter a las proteínas a altas temperaturas se produce su **desnaturalización**: las temperaturas elevadas rompen los enlaces débiles (puentes de hidrógeno, interacciones hidrofóbicas, fuerzas de Van der Waals e iónicas) que mantienen las estructuras secundaria, terciaria y cuaternaria, sin afectar a la estructura primaria (enlaces peptídicos). La proteína pierde su conformación nativa y, con ello, su **actividad biológica**. La desnaturalización suele ser irreversible (p. ej., coagulación de la clara de huevo al cocerlo). Otros agentes desnaturalizantes son los cambios extremos de pH, sales, detergentes o disolventes orgánicos.

RESULTADO
Sufren desnaturalización: pierden las estructuras 2ª, 3ª y 4ª y, con ellas, su función biológica.

7 BIOMOLÉCULAS
Composición y función de ATP, NADP y FAD

Las siglas **ATP**, **NADP**, **FAD** corresponden a moléculas con gran importancia para el funcionamiento celular.

a. Indica la composición (unidad) básica de dichas moléculas.
b. Indica la principal función de cada una de las moléculas.
c. ¿Qué tipo de enlace en el ATP contiene alta energía?
d. La figura adjunta esquematiza una macromolécula que contiene similares unidades, identifica a la misma e indica cuál es su principal función.

A

Las tres moléculas (ATP, NADP, FAD) son **nucleótidos** o derivados de nucleótidos. La unidad básica de un nucleótido es la unión de:

- una **base nitrogenada** (púrica o pirimidínica),
- una **pentosa** (ribosa o desoxirribosa),
- uno o varios **grupos fosfato** ($-\mathrm{PO}_4^{3-}$).

En concreto:

- **ATP**: adenina + ribosa + 3 fosfatos (nucleótido).
- **NADP**: dinucleótido formado por adenina-ribosa-fosfato y nicotinamida-ribosa-fosfato, más un fosfato adicional.
- **FAD**: dinucleótido de adenina y flavina (riboflavina, vitamina B2).

RESULTADO
Son nucleótidos (o dinucleótidos): base nitrogenada + pentosa + grupo(s) fosfato.

B

- **ATP (adenosín trifosfato)**: principal molécula de **intercambio energético** de las células ("moneda energética"). Su hidrólisis (ATP → ADP + Pi) libera energía utilizable en reacciones celulares.
- **NADP+ (nicotinamida adenina dinucleótido fosfato)**: **coenzima transportadora de electrones e hidrógenos** en reacciones biosintéticas (anabolismo); en su forma reducida (NADPH) aporta poder reductor en la fase oscura de la fotosíntesis y en la síntesis de ácidos grasos.
- **FAD (flavín adenín dinucleótido)**: **coenzima transportadora de electrones e hidrógenos** en reacciones catabólicas (β-oxidación, ciclo de Krebs); se reduce a $FADH_2$ y cede los electrones a la cadena respiratoria.

RESULTADO
ATP: moneda energética. NADP+: poder reductor en anabolismo. FAD: transportador de electrones en catabolismo.

C

En el ATP, la alta energía está contenida en los **enlaces fosfoanhídrido** (también llamados enlaces fosfato de alta energía o enlaces "~P") que unen los grupos fosfato β y γ entre sí ($\mathrm{ATP} \rightarrow \mathrm{ADP} + \mathrm{P}_i$ libera unas 7,3 kcal/mol en condiciones estándar; in vivo del orden de 12 kcal/mol). El primer enlace éster-fosfato entre la ribosa y el fosfato α es un enlace ordinario.

RESULTADO
Los enlaces fosfoanhídrido entre los grupos fosfato β-γ (y α-β) son los enlaces de alta energía.

D

La figura representa una molécula plegada en forma de hoja de trébol con tallo de doble hélice, característica del **ARN de transferencia (ARNt)**. Es un ácido nucleico (polímero de ribonucleótidos) de pequeño tamaño (~76-90 nucleótidos).

Su **función principal** es **transportar los aminoácidos específicos hasta el ribosoma** durante la traducción para incorporarlos a la cadena polipeptídica en crecimiento. Cada ARNt presenta en un extremo (3'-CCA) el sitio de unión del aminoácido y, en el bucle opuesto, un triplete denominado **anticodón**, complementario y antiparalelo al **codón** del ARN mensajero, asegurando así la fidelidad de la traducción.

RESULTADO
Es un ARN de transferencia (ARNt); transporta aminoácidos al ribosoma durante la traducción mediante el reconocimiento codón-anticodón.

8 GENÉTICA
Definición de transcripción, traducción y replicación

Los ratones comparten aproximadamente el 85% de su ADN con los seres humanos, ello explica por qué estos animales son tan utilizados en investigaciones biomédicas. Se ha descubierto que compartimos aproximadamente el 60% de nuestro ADN con los plátanos. Puede parecer desconcertante, pero la clave radica en los **mecanismos celulares básicos** que compartimos. Los procesos incluyen, entre otros: la respiración celular, la **transcripción y traducción y replicación del material genético**.

a. Definición de los procesos: transcripción, traducción y replicación.
b. Indica dónde se producen los procesos de transcripción y traducción en una célula animal.
c. Indica dónde se producen los procesos de transcripción y traducción en una célula vegetal.

A

- **Replicación** (o duplicación): proceso de síntesis de una molécula de ADN idéntica a partir de otra molécula de ADN molde. Es semiconservativa: cada nueva doble hélice contiene una hebra parental y otra de nueva

síntesis. Está catalizada por la **ADN polimerasa** y precisa, además, helicasa, primasa, ligasa, topoisomerasa, etc. Ocurre durante la fase S del ciclo celular.

- **Transcripción**: proceso de síntesis de una molécula de ARN (mensajero, ribosómico o de transferencia) a partir de una hebra molde de ADN. Catalizada por la **ARN polimerasa**. Solo se transcribe una de las dos hebras (hebra molde).
- **Traducción**: proceso de síntesis de una proteína a partir de la información contenida en el ARN mensajero. Tiene lugar en los **ribosomas**, que leen los codones (tripletes) del ARNm y los emparejan con los anticodones de los ARNt, incorporando los aminoácidos correspondientes en el orden indicado.

RESULTADO
Replicación: síntesis de ADN. Transcripción: síntesis de ARN a partir de ADN. Traducción: síntesis de proteínas a partir de ARNm en los ribosomas.

B

En una célula **animal** (eucariota):

- La **transcripción** se produce en el **núcleo** (también en mitocondrias, para los genes mitocondriales).
- La **traducción** tiene lugar en el **citoplasma**, sobre los **ribosomas** libres o asociados al retículo endoplasmático rugoso.

RESULTADO
Transcripción: núcleo. Traducción: ribosomas del citoplasma.

C

En una célula **vegetal** (también eucariota):

- La **transcripción** ocurre en el **núcleo**, y también en **mitocondrias y cloroplastos**, ya que ambos orgánulos poseen su propio ADN y maquinaria transcripcional (origen endosimbiótico).
- La **traducción** se realiza en los **ribosomas** del citoplasma (citosólicos o adheridos al retículo endoplasmático rugoso) y también en los ribosomas propios de **mitocondrias y cloroplastos**.

RESULTADO
Transcripción: núcleo, mitocondrias y cloroplastos. Traducción: ribosomas del citoplasma, mitocondrias y cloroplastos.

9 GENÉTICA
Definición de genoma y dotación cromosómica humana

Investigadores en EEUU y Reino Unido componen el mayor árbol genealógico de la historia, pues representa a todos los humanos vivos del planeta Tierra. El **genoma** de cada persona contiene **3.000 millones de letras** que compilan todas las instrucciones necesarias para que su organismo funcione correctamente. *(Fuente: Elpais.com, 2022)*

a. Define genoma.
b. Indica cuál es la dotación genética de la especie humana, especificando cuántos son autosomas.
c. Indica la naturaleza química de los millones de letras que conforman el genoma.
d. Diferencia entre mutación génica y genómica.

A

El **genoma** es el **conjunto completo de la información genética** contenida en el ADN (o ARN en algunos virus) de un organismo o especie. Incluye todos los genes y las secuencias no codificantes. En eucariotas comprende el genoma nuclear y los genomas de los orgánulos (mitocondrial y, en su caso, plastidial).

RESULTADO

Genoma: conjunto total de información genética (ADN) de un organismo o especie.

B

La especie humana (*Homo sapiens*) es diploide. Su dotación genética es:

- **2n = 46 cromosomas** (23 pares).
- De ellos, **44 son autosomas** (22 pares no sexuales).
- Los **2 restantes son cromosomas sexuales** o heterocromosomas (XX en mujeres; XY en hombres).

RESULTADO
2n = 46 cromosomas: 44 autosomas y 2 cromosomas sexuales.

C

Las "millones de letras" que conforman el genoma son los **nucleótidos** del ADN. Cada nucleótido es la combinación de una **base nitrogenada** (adenina A, timina T, citosina C o guanina G), la pentosa **2-desoxirribosa** y un **grupo fosfato**. Las letras (A, T, C, G) representan, por tanto, las bases nitrogenadas de los nucleótidos del ADN.

RESULTADO
Nucleótidos de ADN: bases nitrogenadas (A, T, C, G) + desoxirribosa + grupo fosfato.

D

- **Mutación génica** (o puntual): alteración en la **secuencia de nucleótidos** de un gen. Afecta a uno o pocos nucleótidos por sustitución (transición o transversión), inserción o deleción. Puede modificar el aminoácido codificado y, por tanto, la proteína (mutaciones silenciosas, de cambio de sentido, sin sentido o de cambio del marco de lectura).
- **Mutación genómica**: alteración del **número total de cromosomas** del cariotipo. Pueden ser **euploidías** (variación en juegos completos: monoploidía, poliploidía) o **aneuploidías** (variación en un solo cromosoma: monosomía 2n-1, trisomía 2n+1, como el síndrome de Down con trisomía 21).

RESULTADO
Génica: cambia la secuencia de nucleótidos de un gen. Genómica: cambia el número total de cromosomas.

10 GENÉTICA
Traducción del ARNm y características del código genético

Dada la siguiente secuencia de unidades constituyentes de un tipo de ácido nucleico **3' TACCCCGCGATACGTATT 5'** y teniendo en cuenta la tabla adjunta correspondiente al código genético:

a. Indica la secuencia de subunidades que constituirán parte del polipéptido.
b. Indica qué orgánulo participa en este proceso de síntesis.
c. Indica dos características del código genético.

A

La secuencia dada es de ADN molde: **3' TAC CCC GCG ATA CGT ATT 5'**. El ARNm se sintetiza por complementariedad de bases (A-U, T-A, C-G, G-C) y en sentido antiparalelo, por lo que se lee 5' → 3':

ARNm: **5' AUG GGG CGC UAU GCA UAA 3'**

Lectura de codones (5' → 3') y aminoácido correspondiente según la tabla:

- AUG → **Met** (metionina, codón de iniciación)
- GGG → **Gly** (glicina)
- CGC → **Arg** (arginina)

- UAU → **Tyr** (tirosina)
- GCA → **Ala** (alanina)
- UAA → **STOP** (codón de terminación; no se incorpora aminoácido)

Polipéptido resultante: **Met – Gly – Arg – Tyr – Ala** (5 aminoácidos).

RESULTADO
Polipéptido: Met – Gly – Arg – Tyr – Ala (UAA es codón de parada).

B

El proceso descrito es la **traducción** (síntesis de proteínas). El orgánulo responsable es el **ribosoma**, formado por dos subunidades (mayor y menor) constituidas por ARN ribosómico (ARNr) y proteínas. Los ribosomas pueden encontrarse libres en el citoplasma o adheridos al retículo endoplasmático rugoso; también existen en mitocondrias y cloroplastos.

RESULTADO
Los ribosomas son los orgánulos responsables de la traducción.

C

Dos características destacadas del código genético son:

- **Universal**: el mismo código se utiliza prácticamente en todos los organismos vivos (desde bacterias hasta humanos), con muy pocas excepciones (algunas mitocondrias, ciliados). Esto sustenta la teoría del origen común de la vida.
- **Degenerado** (o redundante): la mayoría de los aminoácidos están codificados por más de un codón (61 codones codifican los 20 aminoácidos), generalmente con variación en la tercera base ("tambaleo" o *wobble*).

Otras características válidas: **específico/no ambiguo** (un codón solo codifica un aminoácido), **sin solapamiento** (los codones se leen seguidos, sin compartir bases), o presenta **codones de iniciación (AUG)** y **de parada** (UAA, UAG, UGA).

RESULTADO
El código genético es universal y degenerado (también no ambiguo y sin solapamiento).

11 CÉLULA
Estructura de la membrana plasmática y modelo de mosaico

La apitoxina es el veneno secretado por las abejas. Cuando el aguijón de una abeja obrera es introducido en la piel, unos 0,1 a 0,3 mg de esta sustancia es inyectada con un efecto citotóxico, provoca la destrucción de las **membranas celulares**.

a. La figura corresponde a la estructura vital que es la membrana plasmática, identifica los componentes enumerados en el esquema.
b. Con algún componente de la figura relaciona las funciones siguientes: el reconocimiento celular, la fluidez y el transporte de moléculas.
c. ¿Qué significa el término de mosaico fluido?
d. Ciertas células eucariotas presentan otra estructura externa, además de la representada en el esquema. ¿A qué estructura nos referimos?

A

Los componentes habituales del modelo de membrana plasmática (modelo de Singer y Nicolson) numerados en este tipo de esquema son:

- **1**: **proteína periférica** o extrínseca (asociada superficialmente a la cara interna o externa).
- **2**: **proteína integral o transmembrana** (atraviesa la bicapa).
- **3**: **colesterol** (intercalado entre los fosfolípidos; modula la fluidez).
- **4**: **glucolípido** (lípido con cadena glucídica unida en la cara externa).
- **5**: **glucoproteína** (proteína con cadena glucídica unida en la cara externa; implicada en reconocimiento celular).
- **6**: **bicapa de fosfolípidos** (cabezas polares hidrófilas hacia el exterior, colas hidrocarbonadas hidrófobas hacia el interior).

RESULTADO
1 proteína periférica, 2 proteína integral, 3 colesterol, 4 glucolípido, 5 glucoproteína, 6 bicapa de fosfolípidos.

B

- **Reconocimiento celular**: las **glucoproteínas y glucolípidos** (componentes 4 y 5) de la cara externa forman el glucocálix y actúan como marcadores de identidad y receptores en la interacción célula-célula y célula-medio.
- **Fluidez**: el **colesterol** (componente 3) regula la fluidez de la membrana; a altas temperaturas la disminuye y a bajas temperaturas impide que se solidifique.
- **Transporte de moléculas**: las **proteínas integrales transmembrana** (componente 2) actúan como canales, transportadores y bombas para el paso selectivo de iones y moléculas (transporte pasivo facilitado y transporte activo).

RESULTADO
Reconocimiento: glucoproteínas/glucolípidos; fluidez: colesterol; transporte: proteínas integrales.

C

El modelo de **mosaico fluido** (Singer y Nicolson, 1972) describe la membrana como una estructura de **doble capa lipídica** en la que las proteínas se encuentran insertadas o asociadas formando un "**mosaico**" (distribución heterogénea de componentes), y donde tanto los lípidos como muchas de las proteínas pueden desplazarse lateralmente, girar o difundir, dotándola de **fluidez**. Es, por tanto, una estructura dinámica y asimétrica.

RESULTADO
Membrana como mosaico de proteínas inmersas en una bicapa lipídica dinámica con libre movimiento lateral.

D

Además de la membrana plasmática, ciertas células eucariotas presentan una estructura externa rígida denominada **pared celular**. Existe en:

- células **vegetales** (pared de celulosa),
- células **fúngicas** (pared de quitina),
- y, fuera de los eucariotas, en **bacterias** (pared de peptidoglucano).

RESULTADO
Pared celular (celulosa en vegetales, quitina en hongos).

12 CÉLULA
Identificación de mitosis y meiosis en camélidos

Los camélidos del Viejo y Nuevo Mundo presentan un cariotipo muy conservado, 2n = 74. Las células iniciales (A1 y B1) han sido tomadas de un dromedario (*Camelus dromedarius*). Cada célula sigue una vía de división diferente.

a. Identifica los procesos de división A y B.
b. Indica el nombre de las fases numeradas como 1, 2, 3 y 4.
c. Indica la dotación cromosómica de las células resultantes de cada proceso de división.

d. ¿Qué tipo de células sufren cada proceso de división celular?

A

Atendiendo al número de células finales y a la presencia o no de apareamiento de homólogos:

- **Proceso A**: a partir de una célula inicial se obtienen **dos** células hijas. Corresponde a la **mitosis**.
- **Proceso B**: a partir de una célula inicial se obtienen **cuatro** células hijas, tras dos divisiones consecutivas. Corresponde a la **meiosis**.

RESULTADO
Proceso A: mitosis. Proceso B: meiosis.

B

Las fases numeradas, siguiendo el orden temporal habitual de los esquemas de mitosis (A) y meiosis (B):

- **1** (mitosis): **profase** (condensación de cromosomas, desaparición de la envoltura nuclear, formación del huso).
- **2** (meiosis): **profase I** (apareamiento de homólogos, formación de tétradas o bivalentes, sobrecruzamiento).
- **3** (meiosis): **metafase I** (los bivalentes se alinean en el ecuador del huso) o **anafase I** según el esquema (separación de cromosomas homólogos hacia polos opuestos).
- **4** (meiosis): **anafase II** o **telofase II** según el esquema (separación de cromátidas hermanas y formación de 4 células haploides).

Asumiendo el esquema más estandarizado: 1 = profase mitótica, 2 = profase I, 3 = metafase I (alineamiento de bivalentes), 4 = anafase II/telofase II (4 células hijas).

RESULTADO
1: profase (mitosis); 2: profase I (meiosis); 3: metafase I; 4: anafase II / telofase II.

C

El dromedario tiene 2n = 74.

- **Proceso A (mitosis)**: las dos células hijas son **diploides**, genéticamente idénticas a la célula madre, con **2n = 74 cromosomas** cada una.
- **Proceso B (meiosis)**: las cuatro células resultantes son **haploides**, genéticamente distintas entre sí (por sobrecruzamiento y segregación independiente), con **n = 37 cromosomas** cada una.

RESULTADO
Mitosis: 2 células 2n = 74. Meiosis: 4 células n = 37.

D

- **Mitosis (A)**: la sufren las **células somáticas** (todas las células del organismo excepto las germinales). Su función es el crecimiento, la renovación y la reparación de tejidos.
- **Meiosis (B)**: la sufren las **células germinales** en los órganos reproductores. Su función es la formación de los **gametos** haploides (espermatozoides y óvulos en animales), permitiendo la reproducción sexual y la variabilidad genética.

RESULTADO
Mitosis: células somáticas. Meiosis: células germinales (formación de gametos).

13 CÉLULA
Sistema de endomembranas y formación de lisosomas

Característica de ciertas células es su compartimentación interna formando un complejo **sistema de endomembranas interrelacionado con** un intenso **tráfico de vesículas celulares**.

a. Identifica el orgánulo indicado con una X en el esquema.
b. Además del transporte, cita otra misión fundamental del orgánulo X.
c. ¿Qué orgánulo (Y) se forma a partir de una vesícula que se desprende del orgánulo X cargada de enzimas?
d. ¿Cuál es la función del orgánulo Y?

A

El orgánulo X, representado como un conjunto de cisternas o sáculos membranosos apilados con polaridad (cara *cis* y cara *trans*) y rodeado de vesículas, es el **aparato (o complejo) de Golgi**. Está en estrecha relación con el retículo endoplasmático y constituye una pieza central del sistema endomembranoso.

RESULTADO
Aparato (o complejo) de Golgi.

B

Además de transportar y empaquetar moléculas, el aparato de Golgi tiene como misión fundamental la **modificación química, maduración y clasificación de proteínas y lípidos** procedentes del retículo endoplasmático. En él tienen lugar procesos como la **glucosilación**, la fosforilación, la sulfatación o el procesamiento proteolítico. También participa en la **biogénesis de lisosomas** y, en células vegetales, en la síntesis de polisacáridos de la pared celular.

RESULTADO
Modificación, maduración, glucosilación y clasificación de proteínas y lípidos (además del transporte).

C

El orgánulo Y, formado a partir de una vesícula desprendida de la cara *trans* del aparato de Golgi y cargada de enzimas hidrolíticas, es un **lisosoma** (en concreto, un lisosoma primario). Son orgánulos exclusivos de células animales (en vegetales su función la asume la vacuola).

RESULTADO
Lisosoma (lisosoma primario).

D

La función principal del **lisosoma** es la **digestión celular** (intracelular). Contiene unas 40 enzimas hidrolíticas (proteasas, lipasas, glicosidasas, nucleasas, fosfatasas...) activas a pH ácido (~4,5-5). Participa en:

- la **digestión de material exógeno** englobado por endocitosis (heterofagia),
- la **digestión de orgánulos propios deteriorados** (autofagia),
- la **autólisis** celular (apoptosis) y procesos de remodelación tisular.

RESULTADO
Digestión celular intracelular (heterofagia, autofagia y autólisis) mediante enzimas hidrolíticas.

14 METABOLISMO
Función mitocondrial y fermentación celular

Las enfermedades mitocondriales son un grupo de trastornos metabólicos, los síntomas dependen de la cantidad de **mitocondrias** defectuosas y dónde están en el organismo. A veces, sólo un órgano, tejido o tipo de célula se ve afectado.

a. Indica qué tipo de organismo tiene este orgánulo: algas, bacterias, hongos y/o protozoos aerobios.
b. Cita la principal función de las mitocondrias.
c. La fermentación es otro proceso metabólico. Indica donde se produce en el interior celular.
d. Indica cuál es el objetivo y el resultado final del proceso fermentativo en una célula humana.

A

Las mitocondrias son orgánulos exclusivos de **células eucariotas aerobias**. Las bacterias, al ser procariotas, **no** poseen mitocondrias (su cadena respiratoria se localiza en la membrana plasmática y mesosomas). Por tanto, presentan mitocondrias: **algas, hongos y protozoos aerobios**. No la presentan: las bacterias.

RESULTADO
Las poseen algas, hongos y protozoos aerobios (todos eucariotas). Las bacterias (procariotas) no.

B

La función principal de las mitocondrias es la **respiración celular aerobia** y, mediante ella, la **obtención de energía en forma de ATP**. En la matriz mitocondrial se desarrolla el **ciclo de Krebs** y la β-oxidación de los ácidos grasos; en la membrana mitocondrial interna, la **cadena transportadora de electrones** y la **fosforilación oxidativa** (síntesis de ATP por la ATP-sintasa). En total, la oxidación completa de una glucosa produce ~30-32 ATP.

RESULTADO
Respiración celular aerobia y síntesis de ATP (ciclo de Krebs, cadena respiratoria y fosforilación oxidativa).

C

La **fermentación** es un proceso anaeróbico que se produce en el **citosol** (citoplasma) de la célula, no requiere oxígeno ni orgánulos especializados. Se realiza tras la glucólisis, también citosólica, cuando el aceptor final de electrones es una molécula orgánica (no el oxígeno).

RESULTADO
En el citosol (citoplasma) celular.

D

En una **célula humana** (en concreto, en el músculo durante el ejercicio intenso o en glóbulos rojos), la fermentación es de tipo **láctico**.

- **Objetivo**: **regenerar el NAD^+** consumido en la glucólisis, para que ésta pueda continuar y seguir produciendo ATP (2 ATP netos por glucosa) en condiciones de bajo oxígeno (anaerobiosis).
- **Resultado final**: el ácido pirúvico procedente de la glucólisis es reducido (por el NADH) a **ácido láctico (lactato)**. La reacción global es: glucosa → 2 lactato + 2 ATP. No se obtienen más ATP, pero la glucólisis se mantiene activa.

RESULTADO
Regenerar NAD+ para continuar la glucólisis en anaerobiosis; resultado final: ácido láctico (lactato) + 2 ATP.

15 METABOLISMO
Fotosíntesis en la patata: orgánulo y ciclo de Calvin

Un tubérculo comestible es *Solanum tuberosum*, conocido comúnmente como papa o patata. La imagen adjunta esquematiza una parte esencial de un proceso metabólico que se realiza en esta especie.

a. Indica en qué orgánulo tiene lugar.
b. Indica el nombre que recibe este conjunto de reacciones.

c. Identifica los elementos (del 1 al 9) que participan en el proceso. (Algunos de los elementos se corresponden con más de un nº).
d. Indica qué aporta la molécula correspondiente al nº 8 del esquema a la vía anabólica característica de este orgánulo.

A

El esquema, con luz incidente y transportadores de electrones, corresponde a la **fase luminosa de la fotosíntesis**. Tiene lugar en los **cloroplastos**, en concreto en la **membrana de los tilacoides**, donde están integrados los fotosistemas, la cadena de transporte electrónico fotosintético y la ATP-sintasa.

RESULTADO
Cloroplasto (membrana tilacoidal).

B

Este conjunto de reacciones es la **fase luminosa** (o fase dependiente de la luz) **de la fotosíntesis**, también llamada fase fotoquímica. En ella se transforma la energía luminosa en energía química (ATP) y poder reductor (NADPH).

RESULTADO
Fase luminosa de la fotosíntesis (fase fotoquímica).

C

Identificación habitual de los elementos numerados en el esquema de la fase luminosa:

- **1**: **Fotosistema II (PSII / P680)**, donde la luz arranca electrones.
- **2**: **fotólisis del agua** ($H_2O \rightarrow 2H^+ + \frac{1}{2}O_2 + 2e^-$), suministrando electrones al PSII.
- **3**: **cadena transportadora de electrones** (plastoquinona, complejo citocromo b6f, plastocianina) entre PSII y PSI.
- **4**: **Fotosistema I (PSI / P700)**, donde la luz vuelve a excitar los electrones.
- **5**: **$NADP^+$ reductasa**, que reduce el $NADP^+$ a **NADPH**.
- **6**: **NADPH** (poder reductor obtenido).
- **7**: cadena final de electrones / aceptor (ferredoxina) que cede electrones al $NADP^+$.
- **8**: **ATP-sintasa**, que sintetiza **ATP** aprovechando el gradiente de protones (fotofosforilación).
- **9**: **ATP** producido en el estroma.

RESULTADO
1 PSII, 2 fotólisis del agua, 3 cadena transportadora, 4 PSI, 5 NADP+ reductasa, 6 NADPH, 7 ferredoxina, 8 ATP-sintasa, 9 ATP.

D

La vía anabólica característica del cloroplasto es la **fase oscura o ciclo de Calvin-Benson**, donde se fija el CO_2 y se sintetizan moléculas orgánicas (gliceraldehído 3-fosfato, precursor de glúcidos). El nº 8 corresponde a la **ATP-sintasa**, que aporta el **ATP**. Este **ATP** (junto con el NADPH de la fase luminosa) suministra a la fase oscura la **energía** necesaria para reducir el CO_2 (fosforilación del 3-fosfoglicerato y regeneración de la ribulosa-1,5-bisfosfato).

RESULTADO
El nº 8 (ATP-sintasa) aporta el ATP, que suministra la energía necesaria al ciclo de Calvin para fijar CO2.

16 METABOLISMO
Respiración celular aerobia en la palmera canaria

El picudo (*Diocalandra frumenti*) es un insecto que amenaza, entre otras especies, a la palmera canaria (*Phoenix canariensis*), la cual tiene un enorme interés botánico, científico, ecológico, cultural, económico y paisajístico, y por ello

está considerada como símbolo vegetal de la Comunidad Autónoma de Canarias.

a. En el esquema se representan una serie de procesos indicados con los nº 1, 2 y 3. Identifica cada uno de ellos.
b. Indica en qué condiciones aerobia o anaerobia se requiere para el conjunto de los procesos.
c. Indica en el interior de qué orgánulo se están produciendo los procesos.
d. Especifica si en su conjunto es una vía anabólica o catabólica.

A

El esquema muestra una mitocondria con acetil-CoA entrando, un ciclo central productor de NADH, $FADH_2$ y CO_2, y una cadena de transportadores que culmina en $O_2 \rightarrow H_2O$ y síntesis de ATP. Los procesos son:

- **1**: **Ciclo de Krebs** (también llamado ciclo del ácido cítrico o de los ácidos tricarboxílicos). Oxida el acetil-CoA, produciendo CO_2, 3 NADH, 1 $FADH_2$ y 1 GTP/ATP por vuelta.
- **2**: **Cadena transportadora de electrones (cadena respiratoria)**, donde NADH y $FADH_2$ ceden sus electrones a través de complejos (I, II, III, IV) hasta el O_2 (aceptor final), bombeando H^+ hacia el espacio intermembrana.
- **3**: **Fosforilación oxidativa** en la ATP-sintasa: el gradiente protónico se disipa a través de la ATP-sintasa, generando **ATP** a partir de ADP + Pi.

RESULTADO
1 ciclo de Krebs; 2 cadena transportadora de electrones; 3 fosforilación oxidativa.

B

El conjunto de procesos requiere **condiciones aerobias**: el oxígeno (O_2) es el aceptor final de electrones de la cadena respiratoria, reduciéndose a agua ($\frac{1}{2}\mathrm{O_2} + 2\mathrm{H^+} + 2e^- \rightarrow \mathrm{H_2O}$). Sin O_2, la cadena se detiene y, en consecuencia, también el ciclo de Krebs (acumulación de NADH y agotamiento de NAD^+).

RESULTADO
Condiciones aerobias (se requiere O2 como aceptor final de electrones).

C

Los procesos se desarrollan en el interior de la **mitocondria** en eucariotas:

- El **ciclo de Krebs** tiene lugar en la **matriz mitocondrial**.
- La **cadena transportadora de electrones** y la **fosforilación oxidativa (ATP-sintasa)** se localizan en la **membrana mitocondrial interna** (con sus crestas).

RESULTADO
Mitocondria: ciclo de Krebs en la matriz; cadena respiratoria y ATP-sintasa en la membrana mitocondrial interna.

D

En su conjunto se trata de una **vía catabólica**: las moléculas orgánicas (acetil-CoA procedente de glúcidos, ácidos grasos y aminoácidos) se oxidan hasta CO_2 y H_2O, liberando energía que se conserva en forma de **ATP**. Su finalidad es la obtención de energía, característica fundamental de las rutas catabólicas.

RESULTADO
Vía catabólica (degradativa, productora de ATP).

---

17 GENÉTICA
Técnica PCR aplicada al análisis forense de ADN

En la escena de un crimen, la policía científica ha encontrado una pequeña muestra de sangre, lo cual implica mínima cantidad de ADN. Los investigadores del equipo de criminalista necesitan obtener suficiente material genético para poder compararlo con el de los sospechosos y así identificar al posible culpable. Para ello, deben seleccionar una técnica:

a. Indica y describe en qué consiste la técnica utilizada por los investigadores, mencionando los pasos básicos del proceso.
b. Además, de su utilidad en investigaciones criminales, indica 2 aplicaciones en otros ámbitos.
c. Nombra la enzima que es requerida para llevar a cabo este procedimiento y el tipo de organismo del que se obtiene.

A

La técnica empleada es la **PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa)**, desarrollada por Kary Mullis en 1983. Permite amplificar millones de copias de un fragmento específico de ADN en pocas horas, partiendo de cantidades mínimas de muestra.

Los pasos básicos (cada ciclo) son tres, repetidos 25-40 veces en un termociclador:

1. **Desnaturalización** (~94-96 °C): la doble hélice del ADN se separa en sus dos hebras por rotura de los puentes de hidrógeno.
2. **Hibridación o *annealing*** (~50-65 °C): los **cebadores** (oligonucleótidos sintéticos complementarios a los extremos del fragmento a amplificar) se unen a las hebras molde.
3. **Elongación o extensión** (~72 °C): la **ADN polimerasa** termoestable sintetiza la hebra complementaria a partir del cebador, en sentido 5' → 3', añadiendo desoxinucleótidos (dNTPs).

Tras *n* ciclos se obtienen 2^n copias del fragmento (amplificación exponencial).

RESULTADO
Es la PCR; ciclos de desnaturalización (95 °C), hibridación de cebadores (~55 °C) y elongación (72 °C) que amplifican exponencialmente el ADN.

B

Dos aplicaciones de la PCR fuera del ámbito criminal:

- **Diagnóstico clínico**: detección de agentes infecciosos (SARS-CoV-2, VIH, hepatitis, tuberculosis), diagnóstico prenatal de enfermedades genéticas, detección de mutaciones oncogénicas.
- **Investigación biotecnológica y agroalimentaria**: identificación de transgénicos en alimentos, control de calidad y trazabilidad alimentaria, estudios filogenéticos, secuenciación, clonación de genes, análisis de paternidad/parentesco.

RESULTADO
Diagnóstico clínico (detección de patógenos, mutaciones) e identificación/secuenciación en biotecnología y agroalimentación.

C

La enzima requerida es una **ADN polimerasa termoestable**, habitualmente la **Taq polimerasa**. Se obtiene de la bacteria termófila ***Thermus aquaticus***, descubierta en aguas termales del Parque Nacional de Yellowstone (EEUU). Su característica esencial es que soporta las altas temperaturas (~95 °C) de la fase de desnaturalización sin perder su actividad, lo que ha permitido automatizar la PCR.

RESULTADO
Taq polimerasa, obtenida de la bacteria termófila Thermus aquaticus.

18 GENÉTICA

Secuenciación genómica y electroforesis de ADN

Un equipo de investigación ha descubierto una nueva especie de organismo marino con potencial para la producción de fármacos. Para conocer mejor sus características y poder aprovechar sus compuestos bioactivos, los científicos necesitan conocer su genoma.

a. Explica una técnica de biología molecular que se pueda emplear para conocer el genoma de este nuevo organismo.
b. Durante la investigación, la muestra de ADN se ha contaminado con material genético de otros organismos marinos. ¿Qué técnica se puede utilizar para separar fragmentos de ADN según su tamaño y así facilitar la identificación de la secuencia del organismo estudiado? Explica su funcionamiento.
c. Si se lograra utilizar principios activos de este organismo como sustancias eliminadoras de petróleo ¿con qué tipo de biotecnología lo relacionarías?

A

Para conocer la secuencia completa del genoma se emplea la **secuenciación del ADN**. La técnica clásica es la **secuenciación de Sanger** (método de los didesoxinucleótidos): partiendo del ADN molde, un cebador, ADN polimerasa, dNTPs y pequeñas cantidades de ddNTPs marcados con fluorescencia, se sintetizan fragmentos de longitud creciente que se separan por electroforesis capilar; la fluorescencia identifica el ddNTP que terminó cada fragmento, deduciéndose la secuencia. Actualmente se emplean **técnicas de secuenciación masiva (NGS, *Next-Generation Sequencing*)**, como Illumina, Ion Torrent o Nanopore, que permiten secuenciar millones de fragmentos en paralelo y ensamblar genomas completos en pocas horas, a bajo coste. El proceso general implica: extracción del ADN → fragmentación → preparación de la biblioteca → amplificación (PCR) → secuenciación → ensamblaje bioinformático.

RESULTADO
Secuenciación del ADN (Sanger clásico o secuenciación masiva NGS: Illumina/Nanopore) tras extracción y fragmentación del ADN.

B

La técnica es la **electroforesis en gel** (en gel de agarosa, para fragmentos grandes, o de poliacrilamida, para fragmentos pequeños). Su funcionamiento:

1. Se prepara un gel poroso (agarosa) en una cubeta con tampón conductor.
2. Las muestras de ADN se depositan en los pocillos del gel.
3. Al aplicar una diferencia de potencial eléctrico, los fragmentos de ADN, que están cargados **negativamente** (por los grupos fosfato), migran hacia el polo **positivo (ánodo)**.
4. Los fragmentos **pequeños se desplazan más rápido** (atraviesan el gel con menor resistencia) que los grandes, separándose así por tamaño.
5. Al final, se tiñen las bandas (p. ej., con bromuro de etidio o SYBR) y se visualizan bajo luz UV; comparando con un marcador de peso molecular se determina el tamaño de cada fragmento.

RESULTADO
Electroforesis en gel de agarosa: los fragmentos cargados negativamente migran al polo positivo y los más pequeños avanzan más; se separan por tamaño.

C

El uso de organismos o de sus principios activos para eliminar petróleo y otros contaminantes del medio ambiente corresponde a la **biotecnología verde-azul aplicada al medio ambiente** o, más concretamente, a la **biotecnología ambiental** (también llamada *biorremediación* o **biotecnología gris**). Sus aplicaciones incluyen la depuración de aguas, biodegradación de hidrocarburos por bacterias (*Alcanivorax*, *Pseudomonas*), eliminación de metales pesados y tratamiento de residuos.

RESULTADO
Biotecnología ambiental (biorremediación o biotecnología gris).

19 INMUNOLOGÍA

Inflamación, choque anafiláctico y respuesta inmune

Un mismo grupo de turistas, con igual origen, transporte..., a las pocas horas de llegar al destino en condiciones de calima (fenómeno meteorológico responsable de emisión de partículas, no antropogénica o tóxica por sí mismas, a la atmósfera), algunos de los turistas (G-2) presentan síntomas de problemas respiratorios, irritación ocular, entre otras. El Centro médico informa que corresponde a una enfermedad NO transmisible. Transcurrido un tiempo, y dado las condiciones de algunos pasajeros denominados como G-2_B, se realizan pruebas clínicas y se diagnostican que están expuestos a un choque anafiláctico.

En base a la información expuesta, razona la respuesta a las siguientes cuestiones:

a. Motivo por el cual no se menciona al G-1 de turistas (sin síntomas) en el enunciado.
b. Motivo de la reacción del G-2.
c. Qué prueba clínica puede facilitar el diagnóstico al G-2_B.
d. La consecuencia de un choque anafiláctico.

A

El grupo G-1 está formado por turistas que **no presentan síntomas** tras la exposición a las partículas de la calima. Esto se debe a que su **sistema inmunitario reacciona de forma normal** y no reconoce dichas partículas como antígenos peligrosos: no desarrolla una respuesta de hipersensibilidad. Por ello, al ser asintomáticos y carecer de patología que tratar, no resultan relevantes para el enunciado, que se centra en quienes muestran una reacción clínica.

RESULTADO
Su sistema inmunitario no reacciona de forma exagerada a las partículas de la calima, son asintomáticos y, por tanto, no requieren atención clínica.

B

El grupo G-2 reacciona con síntomas respiratorios e irritación ocular tras inhalar las partículas no tóxicas de la calima. La causa es una **reacción de hipersensibilidad o alergia**: su sistema inmunitario reconoce indebidamente las partículas inhaladas como **alérgenos**, desencadenando una respuesta inmunitaria desproporcionada. Los **linfocitos B** producen **anticuerpos IgE** que se fijan a mastocitos y basófilos; éstos, al volver a encontrarse con el alérgeno, liberan **histamina** y otros mediadores que causan vasodilatación, broncoconstricción y secreción lacrimal/nasal, originando los síntomas.

RESULTADO
Reacción de hipersensibilidad/alergia: el sistema inmunitario produce IgE frente a las partículas y libera histamina causando los síntomas.

C

Para diagnosticar al G-2_B se puede facilitar el diagnóstico mediante una **prueba de alergia**:

- **Análisis de sangre con determinación de niveles de IgE específica** (RAST o ImmunoCAP), que detectan cuantitativamente los anticuerpos IgE producidos frente al alérgeno sospechoso.
- O un **test cutáneo** (prick test): se aplica el alérgeno sobre la piel y se observa la aparición de habón y eritema en ~15 min.

RESULTADO
Prueba de alergia: medida de IgE específica en sangre y/o prick test cutáneo.

D

El **choque anafiláctico** es una reacción alérgica grave, sistémica y de aparición rápida, mediada por la liberación masiva de histamina y otros mediadores. Sus consecuencias incluyen **vasodilatación generalizada con caída brusca de la presión arterial (hipotensión, shock)**, **broncoconstricción** con dificultad respiratoria, **edema** de laringe y vías aéreas, **urticaria** y **taquicardia**. Puede provocar la **muerte** en pocos minutos si no se trata con **adrenalina (epinefrina) intramuscular** de forma inmediata.

RESULTADO
Hipotensión brusca, broncoespasmo, edema laríngeo y shock potencialmente mortal si no se administra adrenalina inmediatamente.

20 INMUNOLOGÍA

Sueroterapia y vacunación frente a la fiebre amarilla

La fiebre amarilla es una enfermedad viral que es endémica en ciertos países tropicales. La recomendación es tomar medidas de prevención si se tiene intención de visitarlos. La información de los prospectos de los siguientes compuestos es:

- Compuesto A con inmunoglobulinas humanas para un amplio espectro de antígenos.

- Compuesto B con antígenos inactivados del virus de la fiebre amarilla.

Conteste de forma razonada, qué compuesto tomaría ante sus posibilidades de decisión:

a. Si su intención es viajar mañana a una de estas regiones tropicales.
b. Si tiene planeado realizar el viaje dentro de unos meses y su estancia es prolongada.

A

El **compuesto A** contiene **inmunoglobulinas (anticuerpos) ya formados**, por lo que corresponde a una **sueroterapia (inmunización pasiva artificial)**. Confiere protección **inmediata** (los anticuerpos están listos para actuar), aunque **de duración corta** (semanas), porque el receptor no genera memoria inmunológica.

Si el viaje es mañana, no hay tiempo para que la vacuna induzca una respuesta protectora (la inmunidad activa tarda 2-3 semanas en establecerse). Por tanto, debe tomarse el **compuesto A (sueroterapia con inmunoglobulinas)**, que ofrece protección inmediata frente a la fiebre amarilla durante el viaje corto.

RESULTADO
Compuesto A (inmunoglobulinas, inmunización pasiva): protección inmediata, aunque temporal, válida para un viaje al día siguiente.

B

El **compuesto B** contiene **antígenos inactivados del virus**, por lo que es una **vacuna (inmunización activa artificial)**. Estimula al sistema inmunitario del propio individuo, que produce sus propios anticuerpos específicos y, sobre todo, **memoria inmunológica** (linfocitos B y T de memoria). La protección tarda semanas en alcanzarse, pero es **duradera** (años o de por vida, según la vacuna).

Si el viaje es dentro de unos meses (tiempo suficiente para generar la respuesta inmunitaria) y la estancia es prolongada, lo adecuado es el **compuesto B (vacuna)**, que proporciona protección duradera frente al virus durante toda la estancia.

RESULTADO
Compuesto B (vacuna, inmunización activa): protección duradera con memoria inmunológica, adecuada para un viaje futuro y prolongado.