BIOLOGÍA

MODELO DE EXAMEN N.º 1

Simulacro de la Prueba de Competencias Específicas (PCE)

Specific Competences Test (PCE) — BIOLOGY

EXAMEN RESUELTO

Duración: 90 minutos. **Material permitido:** ninguno. **Responda en español.** Cada pregunta se presenta en español y, a continuación, su traducción al inglés; en caso de duda prevalece el enunciado en español.

(Duration: 90 minutes. No material allowed. Answer in Spanish. Each question is given in Spanish followed by its English translation; if in doubt, the Spanish version prevails.)

El examen consta de **cuatro bloques de 2,5 puntos** cada uno. En los bloques I y II se elige una de las dos propuestas; el bloque III es un test del que se responden 5 de las 8 preguntas (acierto $+0,5$; error $-0,15$; en blanco, 0) y el bloque IV es obligatorio.

BLOQUE I — valor máximo 2,5 puntos

(SECTION I: maximum value 2.5 points)

Elija solo una de las dos propuestas (A o B) y responda las cuestiones planteadas. Indique la opción elegida.

(Choose only one of the two options (A or B) and answer the questions provided. Indicate which option you have chosen.)

1.A.- En el control de calidad de una industria de zumos y bebidas deportivas se analizan los hidratos de carbono presentes en distintas materias primas para valorar su aporte energético. Responda las siguientes cuestiones:

In the quality control department of a juice and sports-drink company, the carbohydrates present in different raw materials are analysed to assess their energy contribution. Answer the following questions:

a. ¿Por qué los glúcidos son una fuente esencial de energía para el organismo? Relaciónelo con su composición química y el tipo de enlaces que presentan. **[0,5 puntos]**
Why are carbohydrates an essential energy source for the body? Relate your answer to their chemical composition and the type of bonds they contain.

b. Defina monosacárido, disacárido y polisacárido, y ponga un ejemplo biológicamente relevante de cada uno. **[0,75 puntos]**
Define monosaccharide, disaccharide and polysaccharide, giving one biologically relevant example of each.

c. Describa brevemente la estructura de un monosacárido en su forma cíclica. **[0,25 puntos]**
Briefly describe the structure of a monosaccharide in its cyclic form.

d. La empresa debe decidir si emplea sacarosa o celulosa como espesante de una bebida. Explique la función biológica de cada una y justifique cuál sería la elección adecuada y por qué la otra no serviría con ese fin. **[1 punto]**
The company must decide whether to use sucrose or cellulose as a thickener in a drink. Explain the biological function of each one and justify which would be the appropriate choice and why the other would not serve that purpose.

Solución.

a. Por qué los glúcidos son la fuente de energía esencial (0,5 puntos)

Los glúcidos están formados por **C, H y O** y su esqueleto carbonado es rico en enlaces **C–H** y **C–OH**, es decir, en electrones «cargados» de energía. Al oxidarse hasta CO_2 y H_2O en la respiración celular, esos

electrones se ceden al NAD^+ y al FAD y acaban rindiendo ATP: aproximadamente **4 kcal por gramo**.

Lo decisivo, además, es **el tipo de enlace**: los monosacáridos se unen por **enlaces O-glucosídicos**, que son fáciles de hidrolizar. Por eso los polisacáridos de reserva (almidón, glucógeno) pueden desmontarse deprisa hasta glucosa cuando la célula la necesita, mientras que los enlaces β de la celulosa resisten y la convierten en material estructural. La glucosa es, así, el combustible de uso **inmediato** —la única que utiliza el cerebro en condiciones normales— frente a los lípidos, que almacenan más energía por gramo pero se movilizan mucho más despacio.

b. Definiciones y ejemplos (0,75 puntos)

- **Monosacárido:** glúcido más simple, **no hidrolizable**; polihidroxialdehído o polihidroxicetona de 3 a 7 carbonos, dulce, soluble y reductor. *Ejemplo:* la **glucosa**, combustible celular universal.
- **Disacárido:** unión de **dos monosacáridos** mediante enlace O-glucosídico con pérdida de una molécula de agua. *Ejemplo:* la **lactosa** (glucosa + galactosa), el azúcar de la leche.
- **Polisacárido:** polímero de muchos monosacáridos; no dulce, no reductor y poco soluble, apto para reserva o para función estructural. *Ejemplo:* el **almidón**, reserva energética de los vegetales.

c. Forma cíclica (0,25 puntos)

En disolución acuosa, la forma lineal se cierra por una reacción **intramolecular** entre el grupo carbonilo y un grupo hidroxilo de la misma molécula, y forma un **hemiacetal** (aldosas) o un **hemicetal** (cetosas). El resultado es un anillo de seis átomos (**piranosa**) o de cinco (**furanosa**), que se representa con las **proyecciones de Haworth**. El carbono del carbonilo se convierte en un carbono nuevo asimétrico, el **carbono anomérico**, con dos configuraciones posibles: α (OH hacia abajo) y β (OH hacia arriba).

d. Sacarosa o celulosa como espesante (1 punto)

- **Sacarosa:** disacárido de glucosa + fructosa unidas por un enlace $\alpha(1 \rightarrow 2)$ que afecta a los dos carbonos anoméricos (por eso *no* es reductora). Su función biológica es **energética** y de **transporte de azúcares** en la planta (por el floema). Es muy soluble en agua.
- **Celulosa:** polisacárido de glucosa con enlaces $\beta(1 \rightarrow 4)$, que dan cadenas lineales capaces de unirse entre sí por puentes de hidrógeno formando microfibrillas. Su función es **estructural**: forma la pared celular vegetal. Es insoluble y los humanos no podemos digerirla (es fibra alimentaria).

Elección: la celulosa (en la práctica, derivados como la celulosa microcristalina o la carboximetilcelulosa). Justificación: precisamente por ser un polímero lineal e insoluble que retiene agua y forma una red de fibras, **aumenta la viscosidad** de la bebida sin aportar calorías ni modificar el sabor.

La **sacarosa no serviría** para espesar: al ser muy soluble se disuelve por completo y no forma ninguna estructura; lo que haría es **endulzar** la bebida y aumentar su aporte calórico. Es un ejemplo perfecto de que en biología **la función depende de la estructura**: los dos son glúcidos de glucosa, pero el tipo de enlace lo cambia todo.

1.B.- En un laboratorio de biología molecular se estudian los distintos tipos de ARN presentes en una célula eucariota. Responda las siguientes cuestiones:

In a molecular biology laboratory, the different types of RNA present in a eukaryotic cell are studied. Answer the following questions:

a. Cite los tres tipos de ARN implicados directamente en la síntesis de proteínas e indique la función de cada uno. **[0,75 puntos]**
Name the three types of RNA directly involved in protein synthesis and indicate the function of each.

b. Explique brevemente la función del ARN de interferencia (miARN) en la regulación de la expresión génica. **[0,75 puntos]**
Briefly explain the function of interference RNA (miRNA) in the regulation of gene expression.

c. ¿Qué es el ARN nucleolar y con qué orgánulo o estructura celular está relacionada su función? **[1 punto]**
What is nucleolar RNA and with which cell organelle or structure is its function related?

Solución.

a. Los tres ARN de la síntesis de proteínas (0,75 puntos)

- **ARN mensajero (ARNm):** copia la información de un gen durante la transcripción y la lleva del

núcleo al citoplasma. Su secuencia de **codones** (tripletes) determina el orden de los aminoácidos de la proteína: es el molde que se lee en el ribosoma.

- **ARN de transferencia (ARNt):** transporta los aminoácidos hasta el ribosoma. Lleva en un bucle un **anticodón** complementario y antiparalelo del codón del ARNm, de modo que coloca cada aminoácido en el lugar exacto. Es el «traductor» del código.
- **ARN ribosómico (ARNr):** junto con proteínas, **forma los ribosomas**. No es solo estructural: la actividad **peptidil-transferasa** que forma el enlace peptídico reside en el ARNr, que actúa por tanto como **ribozima**.

b. ARN de interferencia (miARN) (0,75 puntos)

Los **microARN** son ARN pequeños (unos 20-22 nucleótidos), **no codificantes**, que la propia célula transcribe a partir de su genoma. Una vez procesados, se incorporan al complejo proteico **RISC** y actúan como guía: lo dirigen hacia los ARNm cuya secuencia es **complementaria** de la suya.

El efecto es un **silenciamiento génico postranscripcional**: si el apareamiento es total, el ARNm se **degrada**; si es parcial, se **bloquea su traducción**. En ambos casos el gen ha sido transcrito, pero la proteína no llega a fabricarse o se fabrica en mucha menor cantidad.

Su importancia biológica es grande: regulan el desarrollo embrionario, la diferenciación celular y la respuesta frente a virus, y su alteración se asocia a distintos tipos de cáncer. Además, el mecanismo se ha convertido en una herramienta de laboratorio y en la base de fármacos de **ARN de interferencia**.

c. ARN nucleolar (1 punto)

Es el ARN que se sintetiza y se procesa en el **nucléolo**, la región del núcleo que no está delimitada por membrana y que se organiza en torno a las **regiones organizadoras nucleolares** (los segmentos cromosómicos que contienen los genes del ARNr).

En el nucléolo, la **ARN polimerasa I** transcribe un **precursor del ARN ribosómico** (45S en humanos) que después se corta y se modifica —con ayuda de los pequeños ARN nucleolares o **snoARN**— hasta dar los ARNr maduros (28S, 18S y 5,8S). Estos se ensamblan allí mismo con las proteínas ribosómicas importadas del citoplasma.

Relación funcional: está directamente ligado al **nucléolo** y, a través de él, a la **formación de las subunidades de los ribosomas**, que salen al citoplasma por los poros nucleares. Dicho de otro modo: el nucléolo es la fábrica de ribosomas, y el ARN nucleolar, su materia prima.

Detalle que suma: el tamaño del nucléolo delata la actividad de la célula: es muy grande en células que fabrican muchas proteínas y casi desaparece durante la mitosis, cuando la síntesis se detiene.

BLOQUE II — valor máximo 2,5 puntos

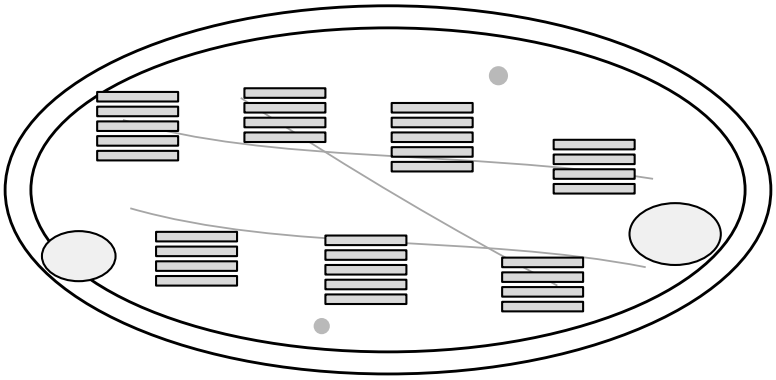
(SECTION II: maximum value 2.5 points)

Elija solo una de las dos propuestas (A o B) y responda las cuestiones planteadas. Indique la opción elegida.

(Choose only one of the two options (A or B) and answer the questions provided. Indicate which option you have chosen.)

2.A.- En relación con el siguiente orgánulo:

Regarding the following organelle:



a. Enumere las regiones o compartimentos que se distinguen en este orgánulo. **[0,5 puntos]**
List the regions or compartments distinguished within this organelle.

b. En este orgánulo tiene lugar la expresión de un mensaje genético propio y la síntesis de proteínas mediante sus propios ribosomas. ¿En qué región concreta ocurre esto? Justifique su respuesta en relación con el origen endosimbiótico del orgánulo. **[0,5 puntos]**
In this organelle, the expression of its own genetic message and protein synthesis by its own ribosomes take place. In which specific region does this occur? Justify your answer in relation to the endosymbiotic origin of the organelle.

c. ¿En qué consiste la fotólisis del agua y en qué región de este orgánulo se produce? **[1 punto]**
What does the photolysis of water consist of, and in which region of this organelle does it occur?

d. ¿Dónde se localiza la enzima RUBISCO y qué función desempeña? **[0,5 puntos]**
Where is the enzyme RUBISCO located and what function does it perform?

Solución.

El orgánulo es un *cloroplasto*, reconocible por la envoltura de dos membranas y por las pilas de sáculos (grana) inmersas en el estroma.

a. Regiones o compartimentos (0,5 puntos)

- **Envoltura: membrana externa**, **membrana interna** (sin crestas y selectiva) y el **espacio intermembranoso**.
- **Estroma:** medio interno acuoso con ADN circular, ribosomas 70S, enzimas del ciclo de Calvin y gránulos de almidón.
- **Tilacoides:** sáculos membranosos apilados en **grana** y unidos por **lamelas** o tilacoides del estroma; en su membrana están los fotosistemas.
- **Espacio tilacoidal o lumen:** el interior de los tilacoides.

b. Dónde se expresa su mensaje genético y por qué (0,5 puntos)

En el **estroma**. Allí se encuentran el **ADN circular** del cloroplasto y sus **ribosomas 70S**, de modo que en el estroma ocurren la transcripción y la traducción de sus propios genes.

Justificación endosimbiótica: según la **teoría endosimbiótica** de Lynn Margulis, el cloroplasto procede de una **cianobacteria** fagocitada por una célula eucariota ancestral que no fue digerida y quedó como simbionte. El estroma es, por tanto, el equivalente del **citoplasma de aquella bacteria**, y por eso conserva rasgos procariotas: ADN circular y desnudo (sin histonas), ribosomas 70S, división por bipartición y doble membrana, en la que la interna sería la de la bacteria y la externa la vesícula de fagocitosis del hospedador.

c. Fotólisis del agua (1 punto)

Es la **rotura de la molécula de agua provocada por la energía luminosa**, catalizada por el complejo asociado al **fotosistema II**:

$$H_2O \longrightarrow 2\ H^+ + 2\ e^- + \tfrac{1}{2}\ O_2$$

Cumple tres funciones a la vez: los **electrones** reponen los que la clorofila ha perdido al excitarse con la luz; los **protones** se acumulan en el lumen y contribuyen al **gradiente electroquímico** que la ATP sintasa aprovechará para fabricar ATP; y el **oxígeno** se libera como subproducto —el O_2 de la atmósfera procede de esta reacción—.

Región: en la **membrana de los tilacoides**, donde se encuentra el fotosistema II, con liberación de los protones al **espacio tilacoidal (lumen)**.

d. RUBISCO (0,5 puntos)

Se localiza en el **estroma** del cloroplasto y es la proteína más abundante de la biosfera. Cataliza la **fijación del CO_2** en el **ciclo de Calvin**: une el CO_2 a la **ribulosa-1,5-bisfosfato**, y el compuesto de seis carbonos resultante se escinde en dos moléculas de 3-fosfoglicerato. Su nombre completo —ribulosa-1,5-bisfosfato **carboxilasa/oxigenasa**— recuerda que también puede unir O_2 en lugar de CO_2: esa actividad inicia la **fotorrespiración**, que hace perder rendimiento a la planta cuando hace calor y los estomas se cierran.

2.B.- Respecto al metabolismo energético de la célula eucariota:

Regarding the energy metabolism of the eukaryotic cell:

a. Defina brevemente los siguientes procesos: fotosíntesis, ciclo de Calvin, glucólisis, ciclo de Krebs y fosforilación oxidativa. **[1,5 puntos]**
Briefly define the following processes: photosynthesis, the Calvin cycle, glycolysis, the Krebs cycle and oxidative phosphorylation.

b. Indique en qué orgánulo o compartimento celular tiene lugar cada uno de los procesos anteriores. **[1 punto]**
Indicate in which organelle or cell compartment each of the above processes takes place.

Solución.

a. Definiciones (1,5 puntos; 0,3 por proceso)

Fotosíntesis. Proceso **anabólico** por el que los organismos fotoautótrofos transforman la **energía luminosa en energía química** y sintetizan materia orgánica a partir de CO_2 y H_2O, liberando O_2. Consta de una **fase luminosa** (captación de luz, fotólisis del agua, síntesis de ATP y NADPH) y una **fase oscura** (fijación del CO_2).

Ciclo de Calvin. Es esa fase oscura: ruta cíclica que **fija el CO_2** sobre la ribulosa-1,5-bisfosfato gracias a la RUBISCO y, consumiendo el ATP y el NADPH de la fase luminosa, forma gliceraldehído-3-fosfato —precursor de glucosa y demás glúcidos— y regenera la ribulosa de partida.

Glucólisis. Ruta **catabólica** de diez reacciones que degrada una molécula de glucosa (6 C) en dos de **ácido pirúvico** (3 C), con un balance neto de **2 ATP** y **2 NADH**. No necesita oxígeno y la comparten prácticamente todos los seres vivos.

Ciclo de Krebs. Ruta **anfibólica** cíclica en la que el **acetil-CoA** se oxida por completo hasta CO_2. Por cada vuelta se obtienen 3 NADH, 1 $FADH_2$ y 1 GTP/ATP. Es el punto de encuentro del catabolismo de glúcidos, lípidos y aminoácidos.

Fosforilación oxidativa. Síntesis de ATP acoplada al paso de electrones por la **cadena respiratoria** hasta el **oxígeno**, que se reduce a agua. El bombeo de protones crea un **gradiente electroquímico** cuyo regreso a través de la **ATP sintasa** fosforila el ADP: es la **teoría quimiosmótica** de Mitchell y la etapa que aporta la mayor parte del ATP.

b. Localización (1 punto)

Proceso	**Orgánulo o compartimento**
Fotosíntesis	**Cloroplasto** (fase luminosa en la membrana de los tilacoides; fase oscura en el estroma)
Ciclo de Calvin	**Estroma** del cloroplasto
Glucólisis	**Citosol**
Ciclo de Krebs	**Matriz mitocondrial**
Fosforilación oxidativa	**Membrana interna** de la mitocondria (crestas)

Observación que demuestra comprensión: el único proceso que no necesita orgánulo es la glucólisis, la más antigua de todas. Los otros cuatro ocurren en **orgánulos de doble membrana**, y no por casualidad: hace falta un compartimento cerrado para mantener un gradiente de protones, y sin gradiente no hay quimiosmosis ni ATP.

BLOQUE III — valor máximo 2,5 puntos

(SECTION III: maximum value 2.5 points)

Conteste solo a 5 de las 8 preguntas planteadas. Cada acierto suma 0,5 puntos, cada error resta 0,15 puntos; las preguntas en blanco no puntúan. Si responde a más de 5, se evaluarán las cinco primeras.

(Answer only 5 of the 8 questions below. Each correct answer adds 0.5 points, each incorrect answer subtracts 0.15 points; blank answers do not count. If more than 5 are answered, the first five will be evaluated.)

1. ¿Cuál de los siguientes orgánulos posee ADN propio y ribosomas de tipo procariota?

(Which of the following organelles has its own DNA and prokaryote-type ribosomes?)

a. El aparato de Golgi *(The Golgi apparatus)*
b. La mitocondria *(The mitochondrion)*
c. El retículo endoplasmático liso *(The smooth endoplasmic reticulum)*

Solución.

Respuesta: b. La mitocondria

La mitocondria tiene **ADN circular propio** y **ribosomas 70S**, iguales a los de las bacterias. Es uno de los argumentos centrales de la **teoría endosimbiótica**, junto con su doble membrana y su división por bipartición. (El cloroplasto comparte estos rasgos, pero no figura entre las opciones.)

- **a) y c) son falsas:** el aparato de Golgi y el retículo endoplasmático liso son orgánulos del **sistema de endomembranas**, con una sola membrana, sin material genético propio y sin ribosomas (el retículo *rugoso* tiene ribosomas adheridos, pero son los 80S del citosol y no son suyos).

2. El enlace que une dos aminoácidos consecutivos en una proteína se denomina:

(The bond that links two consecutive amino acids in a protein is called:)

a. Enlace O-glucosídico *(O-glycosidic bond)*
b. Enlace peptídico *(Peptide bond)*
c. Enlace éster *(Ester bond)*

Solución.

Respuesta: b. Enlace peptídico

Es un enlace **amida** que se forma entre el grupo **carboxilo** de un aminoácido y el grupo **amino** del siguiente, con pérdida de una molécula de agua. Tiene carácter parcial de doble enlace, lo que lo hace rígido y plano: de ahí las hélices α y las láminas β de la estructura secundaria.

- **a) El enlace O-glucosídico** une monosacáridos (glúcidos).
- **c) El enlace éster** une los ácidos grasos con la glicerina en los lípidos saponificables.

Regla que resuelve el tipo entero: cada familia de biomoléculas tiene su enlace: glúcidos, O-glucosídico; lípidos, éster; proteínas, peptídico; ácidos nucleicos, fosfodiéster.

3. El código genético se dice que es degenerado porque:

(The genetic code is said to be degenerate because:)

a. Un mismo triplete puede codificar varios aminoácidos distintos *(The same triplet can code for several different amino acids)*
b. Varios tripletes distintos pueden codificar el mismo aminoácido *(Several different triplets can code for the same amino acid)*
c. No existen tripletes de parada *(There are no stop triplets)*

Solución.

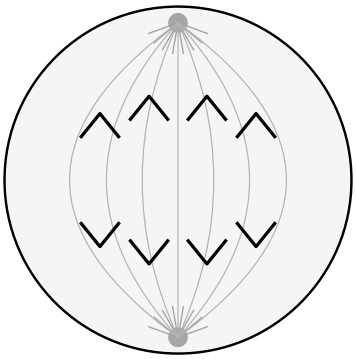
Respuesta: b. Varios tripletes distintos pueden codificar el mismo aminoácido

Hay **64 codones** posibles y solo **20 aminoácidos**, de modo que casi todos están codificados por más de un triplete (la leucina, por seis). Esa redundancia **amortigua el efecto de muchas mutaciones**, sobre todo las que afectan a la tercera base.

- **a) es justo lo contrario** y describiría un código *ambiguo*: el código es **unívoco**, cada codón codifica un solo aminoácido. Degenerado no es lo mismo que ambiguo.
- **c) es falsa:** existen tres codones de parada (UAA, UAG y UGA).

4. Observe el esquema de una célula animal en división y responda: ¿en qué fase de la mitosis se encuentra representada la célula?

(Look at the diagram of a dividing animal cell and answer: which phase of mitosis is the cell shown in?)



a. Metafase *(Metaphase)*
b. Anafase *(Anaphase)*
c. Telofase *(Telophase)*

Solución.

Respuesta: b. Anafase

En el esquema, las cromátidas hermanas ya se han separado y **migran hacia polos opuestos** arrastradas por las fibras del huso, que se acortan. Adoptan la característica **forma de V** porque el centrómero va por delante y los brazos se arrastran detrás: esa V es la firma visual de la anafase.

- **a) Metafase:** los cromosomas estarían alineados en el **ecuador** de la célula formando la placa metafásica, todavía con sus dos cromátidas unidas.
- **c) Telofase:** los cromosomas ya habrían llegado a los polos y estarían descondensándose, con la envoltura nuclear reconstruyéndose y el huso desapareciendo; además suele verse ya el surco de citocinesis.

Cómo identificar la fase de un vistazo: ¿dónde está el material genético? En el centro y alineado → metafase; en movimiento y en forma de V → anafase; en los polos y ya difuso → telofase.

5. ¿Cuál de los siguientes bioelementos es un bioelemento primario, es decir, uno de los más abundantes en la materia viva?

(Which of the following bioelements is a primary bioelement, i.e. one of the most abundant in living matter?)

a. El carbono *(Carbon)*
b. El hierro *(Iron)*
c. El yodo *(Iodine)*

Solución.

Respuesta: a. El carbono

Los **bioelementos primarios** —C, H, O, N, P y S— constituyen alrededor del **96 %** de la materia viva y forman el esqueleto de todas las biomoléculas. El **carbono** es el elemento central: su capacidad para formar cuatro enlaces covalentes y largas cadenas estables explica la variedad de moléculas orgánicas.

- **b) El hierro** es un bioelemento **secundario** u oligoelemento: escaso pero imprescindible (hemoglobina, citocromos).
- **c) El yodo** es un **oligoelemento**, presente en cantidades mínimas (hormonas tiroideas).

Ojo al enunciado: «imprescindible» no es lo mismo que «abundante». El hierro y el yodo son imprescindibles, pero la pregunta va de cantidad.

6. La técnica de PCR (reacción en cadena de la polimerasa) se emplea fundamentalmente para:

(The PCR technique (polymerase chain reaction) is mainly used to:)

a. Amplificar un fragmento específico de ADN *(Amplify a specific DNA fragment)*
b. Secuenciar directamente proteínas *(Directly sequence proteins)*
c. Fusionar dos células somáticas *(Fuse two somatic cells)*

Solución.

Respuesta: a. Amplificar un fragmento específico de ADN

La PCR obtiene **millones de copias** de un fragmento concreto de ADN mediante ciclos repetidos de **desnaturalización** (separación de las hebras por calor), **hibridación** de los cebadores que delimitan la región y **extensión** con una ADN polimerasa termoestable (*Taq*). Es la base del diagnóstico de infecciones, de las pruebas de paternidad y de la genética forense.

- **b) es falsa:** la PCR trabaja con ácidos nucleicos, no con proteínas. Para secuenciar proteínas se usan otras técnicas (degradación de Edman, espectrometría de masas).
- **c) es falsa:** la fusión de células somáticas es la técnica de los **hibridomas**, empleada para producir anticuerpos monoclonales.

7. ¿Cuál de las siguientes estructuras NO se considera una barrera inespecífica frente a los patógenos?

(Which of the following structures is NOT considered a nonspecific barrier against pathogens?)

a. La piel *(The skin)*
b. Los linfocitos T de memoria *(Memory T lymphocytes)*
c. El pH ácido del estómago *(The acidic pH of the stomach)*

Solución.

Respuesta: b. Los linfocitos T de memoria

Los linfocitos T de memoria pertenecen a la inmunidad **específica o adaptativa**: se generan tras un primer contacto con un antígeno concreto y permiten una respuesta más rápida e intensa frente a *ese* antígeno. **Especificidad y memoria** son precisamente lo que las defensas inespecíficas no tienen (y son

también el fundamento de las vacunas).

- **a) y c) sí son inespecíficas**, y además de **primera línea**: la **piel** es una barrera física y el **pH ácido del estómago** (pH ≈ 2) una barrera química que destruye la mayoría de los microorganismos ingeridos. Actúan igual frente a cualquier patógeno y antes de que entre.

8. En una molécula de ADN bicatenario, si la citosina representa el 18 % de las bases, ¿qué porcentaje corresponde a la adenina?

(In a double-stranded DNA molecule, if cytosine accounts for 18% of the bases, what percentage corresponds to adenine?)

a. 18 % *(18%)*
b. 32 % *(32%)*
c. 41 % *(41%)*

Solución.

Respuesta: b. 32 %

Se aplican las **reglas de Chargaff**: en un ADN de doble hélice, A se aparea con T y G con C, de modo que **%A = %T** y **%G = %C**.

$$\%\mathrm{C} = 18 \Rightarrow \%\mathrm{G} = 18 \Rightarrow \%\mathrm{G} + \%\mathrm{C} = 36$$
$$\%\mathrm{A} + \%\mathrm{T} = 100 - 36 = 64 \Rightarrow \mathbf{\%A} = 64/2 = 32$$

- **a) 18 %** sería la respuesta si se confundiera la adenina con la guanina, que es la base complementaria de la citosina.
- **c) 41 %** no sale de ningún planteamiento coherente: si A fuera 41, A + T sumarían 82 y, con el 36 de G + C, el total pasaría de 100.

Método: escribe siempre las dos igualdades (%A = %T, %G = %C) antes de calcular. Con ellas, cualquier pregunta de este tipo se resuelve en dos líneas.

BLOQUE IV — valor máximo 2,5 puntos (obligatorio)

(SECTION IV: maximum value 2.5 points — compulsory)

Lea el texto y responda de forma obligatoria a las cuestiones planteadas.

(Read the text and answer the questions below; this section is compulsory.)

LA EDICIÓN GENÉTICA CRISPR-CAS9 LLEGA AL CAMPO: ARROZ RESISTENTE A LA SEQUÍA

CRISPR-CAS9 GENE EDITING REACHES THE FIELD: DROUGHT-RESISTANT RICE

Un equipo de investigación agronómica ha empleado la técnica CRISPR-Cas9 para modificar un gen implicado en el cierre de los estomas de las hojas de arroz, consiguiendo variedades que pierden menos agua por transpiración y toleran mejor los periodos de sequía. A diferencia de la transgénesis clásica, en la que se introduce ADN foráneo procedente de otra especie, en este caso los investigadores han editado directamente una secuencia ya presente en el genoma de la propia planta, sin incorporar material genético externo. El equipo destaca que estas variedades podrían contribuir a mantener la producción de alimentos en regiones con escasez hídrica, y subraya la importancia de establecer un marco regulatorio claro para este tipo de cultivos.

An agronomic research team has used the CRISPR-Cas9 technique to modify a gene involved in the closure of stomata in rice leaves, producing varieties that lose less water through transpiration and cope better with drought periods. Unlike classical transgenesis, in which foreign DNA from another species is introduced, in this case the researchers directly edited a sequence already present in the plant's own

genome, without incorporating external genetic material. The team highlights that these varieties could help maintain food production in water-scarce regions, and stresses the importance of establishing a clear regulatory framework for this type of crop.

Texto adaptado con fines didácticos.

a) Defina, en un máximo de tres líneas, los siguientes términos subrayados en el texto: CRISPR-Cas9, transgénesis y genoma. **[0,75 puntos]**
Define, in no more than three lines each, the following underlined terms from the text: CRISPR-Cas9, transgenesis and genome.

b) Explique brevemente en qué consiste la técnica CRISPR-Cas9 y qué papel desempeña la proteína Cas9. **[0,75 puntos]**
Briefly explain what the CRISPR-Cas9 technique consists of and what role the Cas9 protein plays.

c) Según el texto, ¿se consideraría transgénica una planta editada mediante CRISPR sin incorporar ADN de otra especie? Justifique su respuesta. **[0,5 puntos]**
According to the text, would a plant edited using CRISPR without incorporating DNA from another species be considered transgenic?

d) *Apartado de actitud crítica:* indique una ventaja y un posible riesgo o limitación bioética de aplicar la edición genética en cultivos alimentarios destinados al consumo humano. **[0,5 puntos]**
Critical-thinking section: indicate one advantage and one possible risk or bioethical limitation of applying gene editing to food crops intended for human consumption.

Solución.

a. Términos (0,75 puntos; 0,25 cada uno)

- **CRISPR-Cas9:** herramienta de **edición genética** derivada de un sistema de defensa bacteriano, formada por un ARN guía y la nucleasa Cas9, que permite cortar el ADN en una secuencia elegida y modificarla con precisión.
- **Transgénesis:** técnica de ingeniería genética que consiste en **introducir en el genoma de un organismo un gen procedente de otra especie** (transgén), de modo que el organismo resultante (transgénico u OMG) expresa un carácter nuevo.
- **Genoma: conjunto completo del material genético** de un organismo, es decir, toda la información contenida en su ADN (incluido el de orgánulos, en el caso de los eucariotas).

b. La técnica y el papel de Cas9 (0,75 puntos)

CRISPR-Cas9 procede de un mecanismo de **defensa de las bacterias** frente a los virus: las secuencias CRISPR conservan fragmentos del ADN de virus que ya las infectaron y sirven para reconocerlos en un nuevo ataque.

Como herramienta funciona con dos piezas: un **ARN guía**, diseñado en el laboratorio para ser complementario de la secuencia que se quiere modificar, y la proteína **Cas9**.

El papel de Cas9 es el de **nucleasa**: es «la tijera». El ARN guía la conduce hasta la secuencia diana y Cas9 **corta las dos hebras** del ADN en ese punto exacto. A partir de ahí actúan los mecanismos de reparación de la propia célula: la **unión de extremos no homólogos**, que introduce pequeños errores y suele **inactivar** el gen, o la **recombinación homóloga** con un molde, que permite **corregir** la secuencia o cambiarla por otra. En el caso del texto, la edición ha modificado un gen del cierre de los estomas para reducir la pérdida de agua.

c. ¿Es transgénica? (0,5 puntos)

No, biológicamente no lo es. Ser transgénico exige llevar en el genoma **ADN foráneo de otra especie**, y el propio texto aclara que aquí se ha editado «una secuencia ya presente en el genoma de la propia planta, sin incorporar material genético externo». El resultado es equivalente a una **mutación dirigida**: una variante que podría haber surgido por mutación espontánea o por mutagénesis inducida, técnicas que se llevan usando en mejora vegetal desde hace décadas.

Matiz que conviene añadir, y que explica la frase final del texto sobre el marco regulatorio: una cosa es la biología y otra la norma. En la **Unión Europea**, la sentencia del Tribunal de Justicia de 2018 situó a los organismos obtenidos por mutagénesis dirigida bajo la legislación de **OMG**, con sus requisitos de autorización, trazabilidad y etiquetado, y desde entonces existe un debate abierto sobre una regulación específica para estas nuevas técnicas genómicas. Por eso conviene responder distinguiendo el

criterio biológico del criterio jurídico.

d. Ventaja y riesgo o limitación bioética (0,5 puntos)

- **Ventaja:** permite obtener en poco tiempo variedades **resistentes a la sequía**, a plagas o a la salinidad, lo que ayuda a **mantener la producción de alimentos** en regiones con escasez de agua y reduce el uso de pesticidas y de riego. Es más rápida, precisa y barata que la mejora tradicional.
- **Riesgo o limitación bioética:** puede haber **cortes fuera de diana** (*off-target*) con efectos imprevistos sobre la planta o sobre quien la consume; a ello se añaden la posible **pérdida de diversidad genética** de los cultivos, el impacto ecológico si las variantes se dispersan a poblaciones silvestres, la **concentración de patentes** en pocas empresas y el derecho del consumidor a **saber qué come**, que exige transparencia y etiquetado.

Qué se evalúa en este apartado: no hay una respuesta única: se valora que se tome una postura, que se justifique con biología (no con opinión) y que se reconozca el otro lado del argumento.

SOLUCIONARIO RÁPIDO – BLOQUE III

Pregunta	**Respuesta**	**Clave**
1	b)	ADN circular y ribosomas 70S: teoría endosimbiótica
2	b)	Cada biomolécula, su enlace: peptídico en las proteínas
3	b)	Degenerado $\neq$ ambiguo: 64 codones para 20 aminoácidos
4	b)	Cromátidas en forma de V migrando a los polos
5	a)	C, H, O, N, P y S son el 96 % de la materia viva
6	a)	PCR = amplificar ADN (desnaturalizar, hibridar, extender)
7	b)	Memoria y especificidad = inmunidad adaptativa
8	b)	Chargaff: %C = 18 $\rightarrow$ %G = 18 $\rightarrow$ %A = (100-36)/2 = 32

Solo 2,5 de los 10 puntos se marcan con una cruz. Los otros 7,5 se escriben, y la mitad de ellos (bloques I y II) son de opción: elegir bien la propuesta es, en la práctica, la primera pregunta del examen. Lee las dos antes de decidir y comprueba que sabes responder *todos* los apartados de la que elijas, porque no compensan entre sí.

En el test compensa arriesgar. Con $+0,5$ por acierto y $-0,15$ por fallo, responder al azar entre tres opciones ya tiene valor esperado positivo ($+0,0\overline{6}$), y descartar una sola opción lo sube a $+0,175$. Como solo se corrigen **las cinco primeras**, decide antes de empezar cuáles respondes y no marques las otras por inercia.

Reparte el espacio en la proporción en que reparten los puntos. En 1.A el apartado d vale 1 punto —el 40 % de la pregunta— y pide comparar y *justificar* una elección; el apartado c vale 0,25 y se responde en tres líneas. Escribir media página sobre la forma cíclica y despachar el espesante en una frase es la forma más eficaz de perder puntos.

El bloque IV no es de memoria. Es el bloque de competencias: se valora que uses el texto, que distingas lo biológico de lo normativo (apartado c) y que en el apartado crítico tomes una postura argumentada. Citar una frase del texto y cerrar con una conclusión propia suele ser la diferencia entre el aprobado y la nota alta.