BIODETECTIVES

Cuaderno de investigación

10 misterios de biología para 1.° y 2.° de Bachillerato

Genética · Biología celular · Microbiología · Inmunología

Método científico

RECURSOS ESO

El protocolo BIODETECTIVES

Antes de abrir el primer expediente / instrucciones de uso

TU MISIÓN

Formas parte de un equipo científico. Diez casos biológicos han quedado sin resolver. Tu trabajo no será adivinar: **observa las pruebas, analiza los datos, contrasta explicaciones y argumenta una conclusión.** Cada hipótesis debe apoyarse en evidencias comprobables y reconocer lo que todavía no sabemos.

NIVEL 1 · INVESTIGA

Comprende el expediente, identifica estructuras, compara registros y extrae información de tablas o esquemas. Orientado especialmente a **1.º de Bachillerato.**

NIVEL 2 · PROFUNDIZA

Calcula, evalúa alternativas, relaciona procesos y diseña pruebas de contraste. Orientado especialmente a **2.º de Bachillerato.**

ASÍ SE RESUELVE UN CASO

01 LEE

Entiende la situación y la pregunta que plantea el misterio.

02 EXAMINA

Revisa las pruebas: etiquetas, unidades, controles y muestras.

03 CONTRASTA

Responde sin confundir correlación con causalidad.

04 EMITE EL VEREDICTO

Usa al menos dos evidencias y reconoce la incertidumbre.

! CLAVE DEL MÉTODO CIENTÍFICO

Una coincidencia no siempre prueba una identidad; una diferencia no siempre explica una causa. Justifica lo que sabes y lo que aún debes investigar.

01 · El ADN del sospechoso

ADN, genes y análisis genético / EL EXPEDIENTE

Durante el inventario de una colección de muestras, el laboratorio encuentra tres tubos sin identificar: X, Y y Z. Una muestra de referencia, R, sí conserva su registro, pero se desconoce si alguno de los tubos procede de la misma fuente biológica. El equipo analiza tres marcadores STR, regiones cuyo número de repeticiones varía entre individuos, y un fragmento corto de ADN. Los resultados pueden señalar compatibilidad, pero no constituyen por sí mismos una identificación: diferentes personas pueden compartir marcadores, y la manipulación de muestras puede introducir errores. ¿Qué tubo merece una investigación adicional?

A ESTRUCTURA Y PAREAMIENTO DEL ADN

HEBRAS ANTIPARALELAS

BASES COMPLEMENTARIAS

A - T adenina - timina

C ≡ G citosina - guanina

Esquema didáctico · no a escala

B TRES MARCADORES STR

Repeticiones en cada alelo

Muestra	STR-1	STR-2	STR-3
R (ref.)	10 / 12	7 / 9	14 / 16
X	**10 / 12**	**7 / 9**	**14 / 16**
Y	10 / 12	7 / 8	14 / 16
Z	9 / 12	7 / 9	14 / 16

C FRAGMENTO DE 12 NUCLEÓTIDOS

Lectura 5′ → 3′

R	ATGCCATGACTT	REFERENCIA
X	ATGCCATGACTT	COINCIDE
Y	ATGCCATAACTT	1 DIFERENCIA
Z	ATGCTATGACTT	1 DIFERENCIA

! PISTA METODOLÓGICA

El laboratorio informa de concordancia de patrones, no de identidad personal. Los tres STR y el fragmento son marcadores simplificados de estudio.

CASO
01

01 · El ADN del sospechoso

Resuelve el expediente de ADN / LA INVESTIGACIÓN

INSTRUCCIONES Resuelve cada cuestión utilizando las pruebas del expediente. Explica los cálculos y las decisiones cuando corresponda.

01.1

NIVEL 1 · INVESTIGA

Escribe la hebra complementaria y antiparalela al fragmento R de la prueba C. Indica sus extremos 3′ y 5′.

01.2

NIVEL 1 · INVESTIGA

Para X, Y y Z, cuenta cuántos de los tres loci STR coinciden exactamente con R (ambos alelos). ¿Cuál presenta además la misma secuencia corta?

01.3

NIVEL 2 · PROFUNDIZA

¿Por qué compartir dos loci con R no basta para afirmar que Y o Z son la misma fuente? ¿Es X una identificación inequívoca? Razona ambas respuestas.

01.4

NIVEL 2 · PROFUNDIZA

Propón dos comprobaciones adicionales para reforzar o descartar la compatibilidad de X con R. Explica qué error o limitación aborda cada una.

VEREDICTO CIENTÍFICO

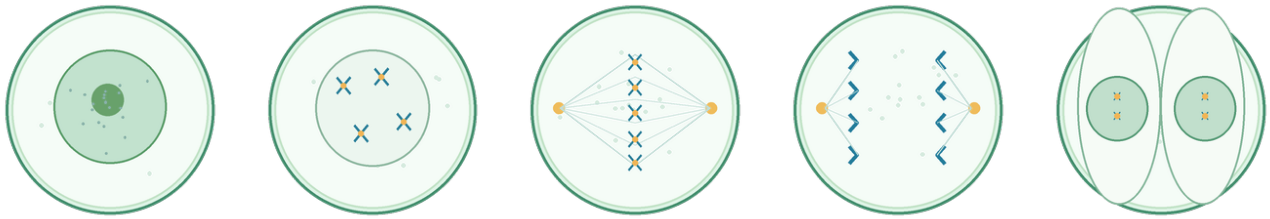
¿Qué tubo resulta más compatible con la referencia R? Justifica el veredicto con dos pruebas del expediente y menciona una limitación.

02 · La célula que no dejaba de dividirse

Ciclo celular y mitosis / EL EXPEDIENTE

Dos muestras de tejido epitelial de origen desconocido llegan al laboratorio para comparar su actividad proliferativa. En una primera observación, la muestra B parece contener más células en división que la A. Para comprobarlo, los investigadores clasifican al microscopio 200 células de cada muestra y estudian un marcador de proliferación, Ki-67. Ambas se han procesado con el mismo protocolo y se han seleccionado áreas de tamaño semejante. La mayor proporción de mitosis podría relacionarse con un proceso normal de reparación o con una alteración de los controles del ciclo celular. Los datos no permiten establecer por sí solos un diagnóstico.

A FASES OBSERVADAS AL MICROSCOPIO



A IMAGEN A

B IMAGEN B

C IMAGEN C

D IMAGEN D

E IMAGEN E

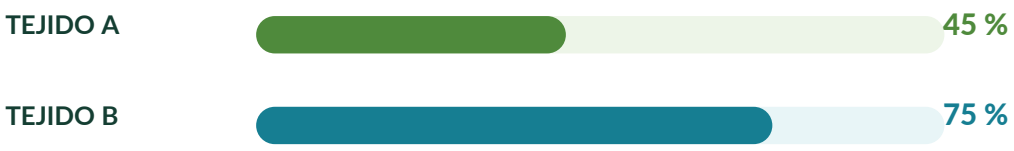
B RECUENTO DE CÉLULAS

n = 200 por tejido

Muestra	Interfase	Profase	Metafase	Anafase	Telofase
A	170	12	8	5	5
B	140	26	16	10	8

C FRACCIÓN Ki-67 POSITIVA

100 células analizadas



! NOTA DE LABORATORIO

Índice mitótico = (profase + metafase + anafase + telofase) / células observadas × 100. Ki-67 marca células que proliferan o están en el ciclo, pero no equivale al recuento de mitosis.

CASO 02

02 · La célula que no dejaba de dividirse

Analiza el ciclo celular / LA INVESTIGACIÓN

INSTRUCCIONES Resuelve cada cuestión utilizando las pruebas del expediente. Explica los cálculos y las decisiones cuando corresponda.

02.1

NIVEL 1 · INVESTIGA

Asocia las imágenes A-E de la prueba A con su fase. ¿Qué característica permite reconocer la metafase y la anafase?

02.2

NIVEL 1 · INVESTIGA

Calcula el índice mitótico de A y B a partir de la prueba B. ¿Cuántos puntos porcentuales y cuántas veces difieren?

02.3

NIVEL 2 · PROFUNDIZA

Calcula el porcentaje de células en metafase de cada muestra. Compara también el indicador Ki-67 y explica por qué no es idéntico al índice mitótico.

02.4

NIVEL 2 · PROFUNDIZA

Propón dos hipótesis biológicas diferentes que expliquen la mayor proliferación de B y una prueba adicional que permita diferenciarlas.

VEREDICTO CIENTÍFICO

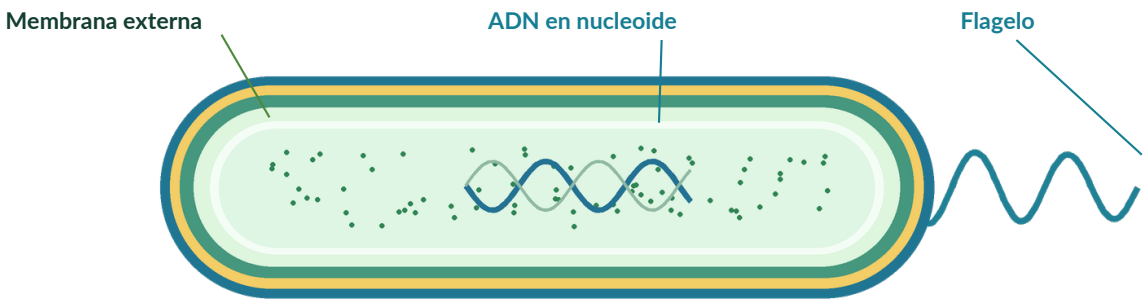
¿Qué muestra presenta mayor actividad proliferativa? Apóyate en dos pruebas y explica por qué no puede concluirse que exista cáncer.

03 · El microorganismo desconocido

Microorganismos y organización celular / EL EXPEDIENTE

Una gota de agua de un estanque experimental contiene células móviles de aspecto alargado. El equipo aísla una de las poblaciones y obtiene un cultivo, pero la especie no figura en el registro inicial. La microscopía revela una estructura sencilla, y una tinción diferencial aporta pistas sobre las envolturas celulares. Después se analiza un fragmento del gen de ARN ribosómico 16S y se compara con secuencias de una base de datos de referencia. La misión consiste en ubicar el microorganismo en un grupo biológico razonable sin convertir una semejanza de secuencia en una identificación definitiva de especie.

A MICROSCOPÍA Y ULTRAESTRUCTURA



Bacilo esquemático · pared delgada · ribosomas 70S · no a escala

B DATOS DE MICROSCOPÍA Y DE LABORATORIO

Tamaño observado	2,4 µm de largo; 0,8 µm de ancho
Compartimentos	Sin núcleo ni orgánulos membranosos detectables
Material genético	ADN circular; ribosomas 70S
Envolturas	Membrana externa y capa fina de peptidoglucano
Tinción de Gram	Coloración rosa
Movilidad	Desplazamiento mediante flagelo

C COMPARACIÓN DEL GEN 16S rRNA

700 nucleótidos

! LÍMITE DE LA PRUEBA

La similitud de un solo fragmento 16S orienta el parentesco, pero no garantiza que dos aislamientos pertenezcan a la misma especie.

CASO 03

03 · El microorganismo desconocido

Clasifica sin sobreinterpretar / LA INVESTIGACIÓN

INSTRUCCIONES Resuelve cada cuestión utilizando las pruebas del expediente. Explica los cálculos y las decisiones cuando corresponda.

03.1

NIVEL 1 · INVESTIGA

¿El aislado es procariota o eucariota? Cita al menos tres rasgos de las pruebas A y B que apoyen tu clasificación.

03.2

NIVEL 1 · INVESTIGA

La tinción de Gram es rosa y existe una membrana externa. ¿Con qué gran grupo bacteriano es compatible? Explica qué aporta el peptidoglucano.

03.3

NIVEL 2 · PROFUNDIZA

Una célula epitelial humana de referencia mide 24 µm de largo. ¿Cuántas veces supera la longitud del aislado? Indica el cálculo y las unidades.

03.4

NIVEL 2 · PROFUNDIZA

¿Qué referencia 16S es la más próxima? ¿Por qué el 99,2 % de similitud no basta para asegurar una especie? Propón una prueba adicional.

VEREDICTO CIENTÍFICO

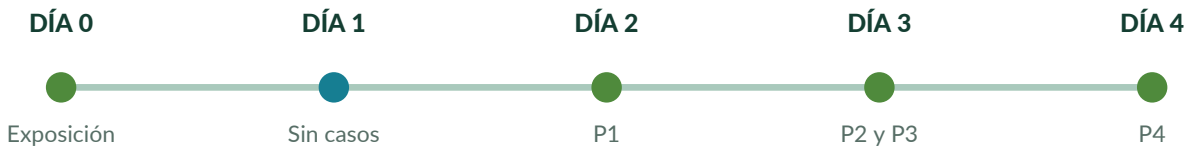
¿Cuál es la clasificación mejor fundamentada del microorganismo? Usa dos pruebas distintas y distingue grupo, parentesco e identidad específica.

04 · La epidemia del laboratorio

Infección, diagnóstico y epidemiología / EL EXPEDIENTE

Un equipo de laboratorio trabaja con una muestra que podría contener un virus respiratorio denominado P. El día 0 se registra una operación que pudo generar aerosoles en una sala con ventilación insuficiente. De las doce personas presentes, cuatro manifiestan síntomas entre los días 2 y 4. Entre otras diez personas que no entraron en la sala, una también refiere síntomas. La dirección inicia una investigación con pruebas moleculares y seguimiento de anticuerpos. Hay que distinguir exposición, infección y respuesta inmunitaria: ni los síntomas aislados prueban una causa ni un único resultado negativo descarta toda infección.

A CRONOLOGÍA DE EXPOSICIÓN Y SÍNTOMAS



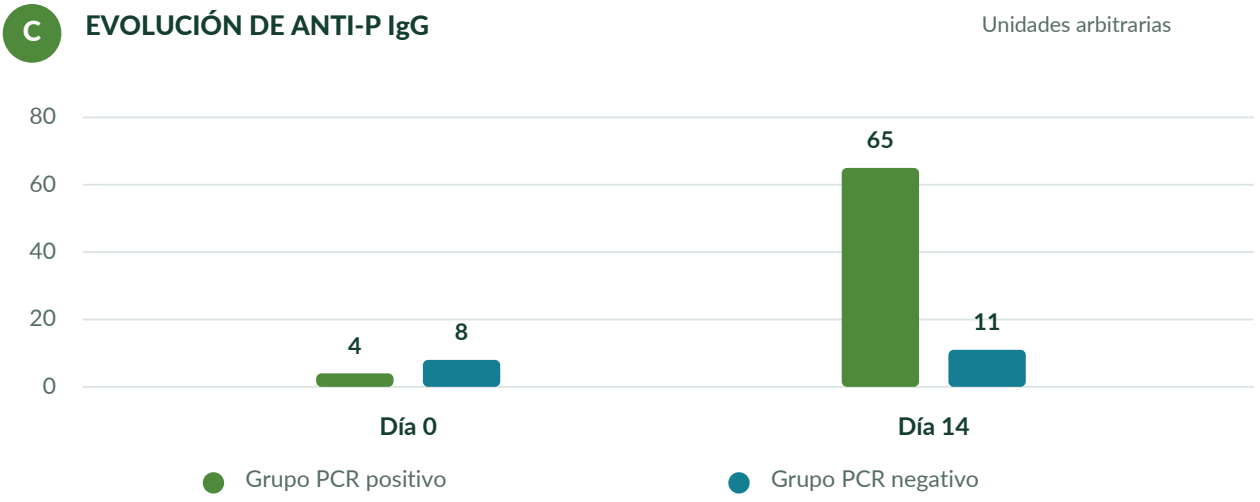
**P5 no estuvo expuesto en la sala y presentó síntomas el día 3.*

B PCR / MUESTRA TOMADA EL DÍA 4

Persona	Sala día 0	Síntomas	PCR para P
P1	Sí	Día 2	Positiva
P2	Sí	Día 3	Positiva
P3	Sí	Día 3	Positiva
P4	Sí	Día 4	Negativa
P5	No	Día 3	Negativa

Resumen: 4/12 personas expuestas y 1/10 no expuestas presentaron síntomas. Serie pequeña y sin control de otros factores.

C EVOLUCIÓN DE ANTI-P IgG



CASO
04

04 · La epidemia del laboratorio

Interpreta síntomas, PCR e inmunidad / LA INVESTIGACIÓN

INSTRUCCIONES Resuelve cada cuestión utilizando las pruebas del expediente. Explica los cálculos y las decisiones cuando corresponda.

04.1

NIVEL 1 · INVESTIGA

Ordena los hechos de la prueba A. ¿Cuántas personas con síntomas tuvieron una PCR positiva para P en la prueba B?

04.2

NIVEL 1 · INVESTIGA

Calcula el porcentaje de personas sintomáticas expuestas y no expuestas. Halla la razón entre ambos riesgos (riesgo relativo descriptivo).

04.3

NIVEL 2 · PROFUNDIZA

Interpreta el cambio de anti-P IgG del grupo PCR positivo (día 0 a día 14). ¿Por qué la IgG no demuestra por sí sola una infección activa?

04.4

NIVEL 2 · PROFUNDIZA

La PCR de P4 fue negativa pese a tener síntomas. Da dos explicaciones plausibles y propón tres medidas preventivas acordes con la exposición.

VEREDICTO CIENTÍFICO

¿Los datos apoyan una posible transmisión vinculada al incidente del día 0? Justifica con dos pruebas y explica qué incertidumbre permanece.

05 · La planta que dejó de crecer

Fotosíntesis, nutrición y factores ambientales / EL EXPEDIENTE

En un invernadero escolar, veinticuatro plantas de judía de la misma variedad y edad se asignan al azar a cuatro grupos de seis. Todos los grupos comparten temperatura, sustrato y tamaño de maceta, pero reciben tratamientos diferentes de luz, agua o nutrientes. El grupo A se cultiva en las condiciones de referencia; B, C y D difieren de él en un solo factor cada uno. Cada semana se mide la altura de las mismas plantas y se calcula la media de cada grupo. Después de veintiún días aparecen diferencias notables de crecimiento. ¿Qué factor explica el desarrollo limitado de cada grupo y qué otras mediciones ayudarían a comprobarlo?

A MORFOLOGÍA DE LAS PLANTAS / DÍA 21

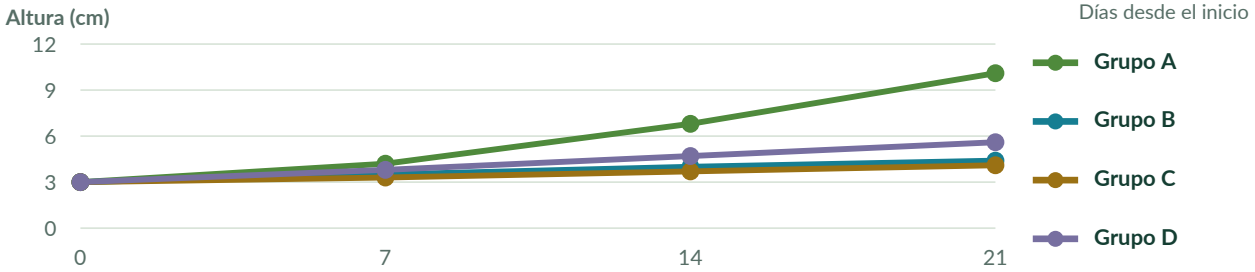
Vigorosa | Pequeña | Marchita | Pálida

Muestras después de 21 días · Esquemas sin escala.

B CONDICIONES APLICADAS DURANTE 21 DÍAS

Grupo	Luz (h/día)	Riego (mL/día)	Nutrientes
A	**12**	**200**	**Solución completa**
B	4	200	Solución completa
C	12	50	Solución completa
D	12	200	Sin aporte de N

C ALTURA MEDIA DE LAS PLANTAS



! CONTROL DE LECTURA

La altura inicial media es 3,0 cm en los cuatro grupos. Todos los valores son medias de seis plantas.

CASO
05

05 · La planta que dejó de crecer

Explica los datos del invernadero / LA INVESTIGACIÓN

INSTRUCCIONES Resuelve cada cuestión utilizando las pruebas del expediente. Explica los cálculos y las decisiones cuando corresponda.

05.1

NIVEL 1 · INVESTIGA

Compara B, C y D con A. ¿Qué variable independiente cambia en cada grupo? Identifica la variable dependiente registrada.

05.2

NIVEL 1 · INVESTIGA

Utiliza la prueba C: calcula el incremento de altura de A y B entre los días 0 y 21. ¿Cuántos centímetros más aumenta A?

05.3

NIVEL 2 · PROFUNDIZA

Calcula el incremento porcentual de A y B respecto a 3,0 cm. Relaciona la menor iluminación de B con los procesos que suministran materia orgánica.

05.4

NIVEL 2 · PROFUNDIZA

Diseña una repetición que evalúe el papel del nitrógeno sin cambiar las demás condiciones. Indica control, tratamiento, replicación y una medición adicional.

VEREDICTO CIENTÍFICO

¿Qué factores limitan el crecimiento de B, C y D respecto a A? Apóyate en dos pruebas y señala una limitación del experimento.

06 · El misterio de la energía celular

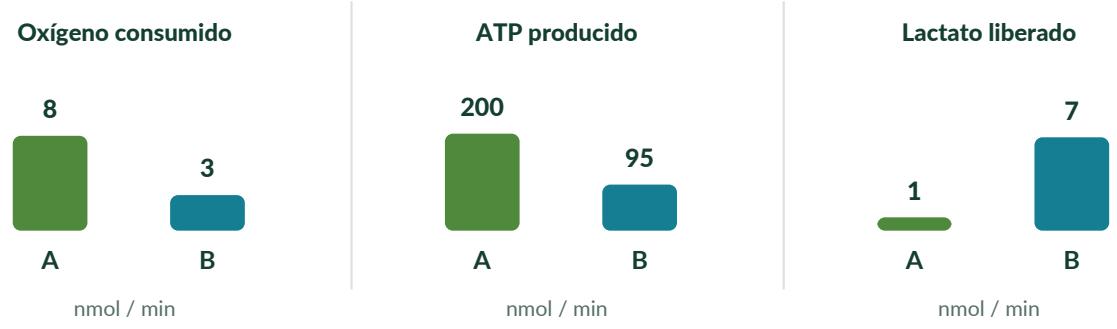
Respiración celular y metabolismo energético / EL EXPEDIENTE

Dos cultivos de células de mamífero, A y B, presentan un consumo de oxígeno muy distinto pese a recibir la misma cantidad de glucosa. Se igualan el número de células viables, la temperatura, el medio y el oxígeno disponible. El equipo registra las tasas de consumo de oxígeno, producción total de ATP y liberación de lactato durante el mismo intervalo. También aplica a una muestra del cultivo A una sustancia que bloquea el complejo III de la cadena respiratoria mitocondrial. Los resultados revelan un cambio metabólico, aunque todavía no identifican la alteración inicial del cultivo B.

A RESPIRACIÓN AEROBIA Y SÍNTESIS DE ATP

B DOS CULTIVOS EN LAS MISMAS CONDICIONES

Tasas normalizadas por 10^6 células viables y minuto



C INHIBICIÓN EXPERIMENTAL DEL COMPLEJO III

Mismo cultivo A, antes y 60 min después de añadir un inhibidor de la cadena respiratoria.

A (condición)	Consumo O_2	Síntesis ATP	Lactato
Sin inhibidor	8,0	200	1,0
Con inhibidor	**2,2**	**80**	**6,0**

Unidades por 10^6 células y minuto · Datos ficticios de un ensayo didáctico.

CASO 06

06 · El misterio de la energía celular

Interpreta el metabolismo energético / LA INVESTIGACIÓN

INSTRUCCIONES Resuelve cada cuestión utilizando las pruebas del expediente. Explica los cálculos y las decisiones cuando corresponda.

06.1

NIVEL 1 · INVESTIGA

Identifica la función de la membrana mitocondrial interna y del oxígeno en la respiración aerobia a partir de la prueba A.

06.2

NIVEL 1 · INVESTIGA

Compara A y B: ¿cuánto menor es el consumo de O_2 de B en porcentaje respecto a A? ¿Qué ocurre con la liberación de lactato?

06.3

NIVEL 2 · PROFUNDIZA

Calcula la razón de producción de ATP A/B. En la prueba C, calcula la reducción porcentual de ATP al inhibir el complejo III.

06.4

NIVEL 2 · PROFUNDIZA

Propón dos hipótesis que expliquen el patrón del cultivo B sin dar por confirmada una avería mitocondrial. Diseña una prueba que las discrimine.

VEREDICTO CIENTÍFICO

¿Qué indican las tres pruebas sobre la obtención de energía en A y B? Justifica con dos resultados cuantitativos y una cautela causal.

07 · Una proteína defectuosa

Genes, traducción y actividad enzimática / EL EXPEDIENTE

Una cepa de laboratorio produce una enzima E cuya actividad es inesperadamente baja. Tras comprobar que ambos cultivos expresan cantidades similares de proteína, el equipo secuencia la región codificante de la enzima y detecta un cambio de una base. En paralelo, purifica las dos versiones de E y mide su actividad en las mismas condiciones de pH, temperatura y concentración de enzima, utilizando distintas concentraciones del mismo sustrato. Los modelos estructurales predicen una diferencia cerca del sitio activo. ¿Basta el conjunto de pruebas para relacionar el cambio de secuencia con la pérdida de actividad?

A SECUENCIAS DEL GEN DE LA ENZIMA E

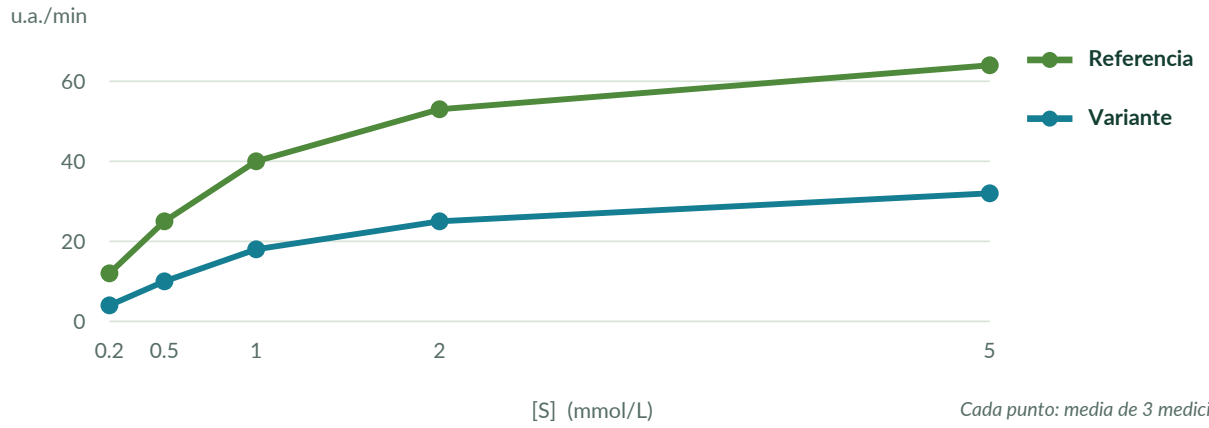
REFERENCIA

ADN 5′ → 3′	ATG	GAA	TTT	GCT	TGG	TAA
Péptido	Met	Glu	Phe	Ala	Trp	STOP

VARIANTE

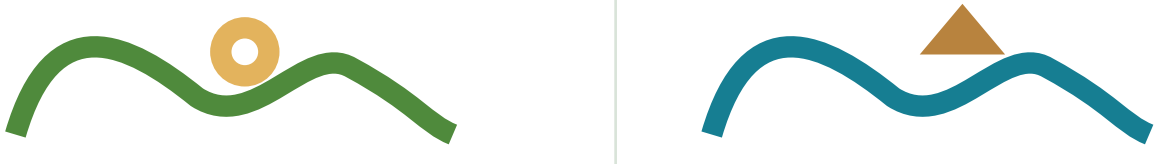
ADN 5′ → 3′	ATG	GAA	TAT	GCT	TGG	TAA
Péptido	Met	Glu	Tyr	Ala	Trp	STOP

B ACTIVIDAD ENZIMÁTICA FRENTE A SUSTRATO



Cada punto: media de 3 mediciones

C MODELO SIMPLIFICADO DEL SITIO ACTIVO



E de referencia · Encaje favorable

E variante · Encaje alterado

Precaución: un modelo estructural es una predicción, no una observación directa.

CASO
07

07 · Una proteína defectuosa

Del gen a la función de una enzima / LA INVESTIGACIÓN

INSTRUCCIONES Resuelve cada cuestión utilizando las pruebas del expediente. Explica los cálculos y las decisiones cuando corresponda.

07.1

NIVEL 1 · INVESTIGA

Compara las secuencias de la prueba A. Localiza la sustitución nucleotídica y escribe el triplete correspondiente del ARNm en ambas versiones.

07.2

NIVEL 1 · INVESTIGA

¿Qué aminoácido cambia en la enzima? Explica la relación entre codón, traducción y secuencia primaria de la proteína.

07.3

NIVEL 2 · PROFUNDIZA

A 5 mmol/L de sustrato, calcula el porcentaje de reducción de actividad de la variante respecto a la referencia. ¿Sucede lo mismo a 1 mmol/L?

07.4

NIVEL 2 · PROFUNDIZA

Explica cómo el cambio de aminoácido podría alterar la afinidad o catálisis. Propón un experimento de rescate o de mutagénesis para probar causalidad.

VEREDICTO CIENTÍFICO

¿La variante de E funciona peor? Justifica tu respuesta con evidencia genética y funcional y diferencia asociación de demostración causal.

08 · El organismo imposible

Evolución, caracteres y parentesco / EL EXPEDIENTE

Durante la excavación de un antiguo delta se descubre un vertebrado fósil, llamado F, con una combinación desconcertante de caracteres. Conserva impresiones compatibles con canales de la línea lateral y radios óseos en la aleta de la cola, habituales en animales acuáticos. Sin embargo, sus extremidades muestran dedos articulados, un rasgo clave de los tetrápodos. Los investigadores comparan estas características con tres grupos de referencia y construyen un árbol sencillo. Su objetivo no es nombrar una especie de inmediato, sino proponer qué parentesco resulta más coherente y qué datos faltarían para demostrarlo.

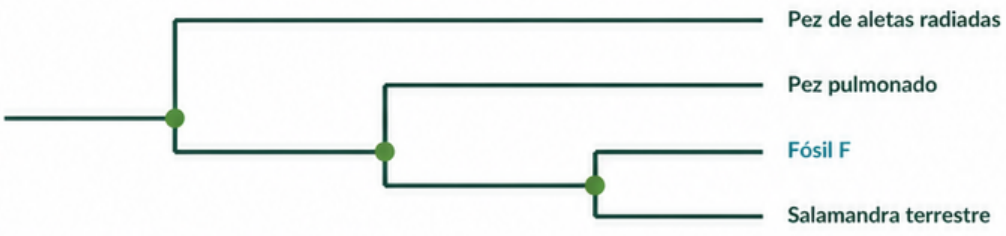
A RECONSTRUCCIÓN ANATÓMICA DEL FÓSIL F

Reconstrucción hipotética · No a escala

B MATRIZ DE CARACTERES OBSERVADOS

Taxón	Huesos internos articulados	Dedos	Radios caudales	Línea lateral
Pez de aletas radiadas	No	No	Sí	Sí
Pez pulmonado	Sí	No	Sí	Sí
Fósil F	**Sí**	**Sí**	**Sí**	**Sí**
Salamandra terrestre	Sí	Sí	No	No

C HIPÓTESIS FILOGENÉTICA SIMPLIFICADA



Árbol revisable con otros fósiles y caracteres independientes.

CASO 08

08 · El organismo imposible

Reconstruye un parentesco plausible / LA INVESTIGACIÓN

INSTRUCCIONES Resuelve cada cuestión utilizando las pruebas del expediente. Explica los cálculos y las decisiones cuando corresponda.

08.1

NIVEL 1 · INVESTIGA

Utiliza la prueba B: ¿qué dos caracteres comparte F con el pez pulmonado y cuáles dos comparte con la salamandra?

08.2

NIVEL 1 · INVESTIGA

¿Qué rasgo diferencia al F de los dos peces considerados? Según la prueba C, ¿con qué taxón comparado forma el grupo más próximo?

08.3

NIVEL 2 · PROFUNDIZA

Distingue un carácter ancestral retenido de un carácter derivado compartido. Aplica ambos conceptos al fósil F usando los datos.

08.4

NIVEL 2 · PROFUNDIZA

¿Por qué F no tiene que ser antepasado directo de la salamandra? Propón dos nuevas evidencias que permitirían revisar el árbol.

VEREDICTO CIENTÍFICO

¿Se clasifica F mejor entre los tetrápodos tempranos o entre los peces de aletas radiadas? Usa dos caracteres y una cautela filogenética.

09 · El ecosistema en peligro

Redes tróficas y perturbación ambiental / EL EXPEDIENTE

Los guardas de un humedal registran una caída inesperada del número de peces pequeños durante el verano. En paralelo, aumenta la concentración de nutrientes en el agua y aparecen extensas proliferaciones de algas. La vegetación sumergida se vuelve más escasa en algunas zonas y se observan aves piscívoras menos frecuentemente. Para comprobar si los cambios están relacionados, el equipo recopila recuentos mensuales de peces, análisis de oxígeno disuelto, nitratos y clorofila a, además de una red trófica simplificada. Las observaciones sugieren una alteración del ecosistema, pero no permiten atribuirla a una única causa sin nuevas pruebas.

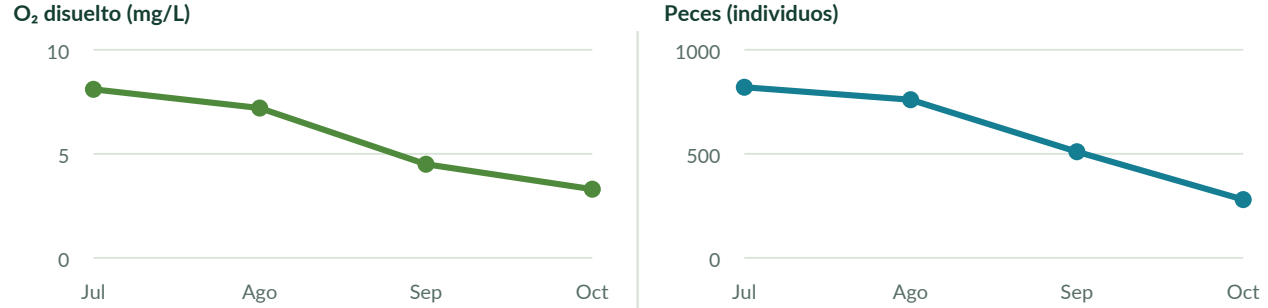
A RED TRÓFICA SIMPLIFICADA DEL HUMEDAL

Sentido de las flechas: alimento → consumidor

B MUESTREO MENSUAL DEL HUMEDAL

Mes	Nitratos (mg/L)	O_2 (mg/L)	Clorofila a (µg/L)	Peces (n.º)
Julio	0,8	8,1	8	820
Agosto	1,6	7,2	18	760
Septiembre	3,2	4,5	48	510
Octubre	**4,1**	**3,3**	**70**	**280**

C CAMBIO A LO LARGO DE CUATRO MESES



Asociación temporal ≠ prueba de causa única de la disminución de peces.

CASO 09

09 · El ecosistema en peligro

Investiga el desequilibrio del humedal / LA INVESTIGACIÓN

INSTRUCCIONES Resuelve cada cuestión utilizando las pruebas del expediente. Explica los cálculos y las decisiones cuando corresponda.

09.1

NIVEL 1 · INVESTIGA

Interpreta la prueba A: traza una cadena trófica de cuatro niveles y explica qué significan las flechas.

09.2

NIVEL 1 · INVESTIGA

Según la prueba B, calcula la reducción porcentual de peces de julio a octubre. Identifica dos variables ambientales que cambian.

09.3

NIVEL 2 · PROFUNDIZA

Relaciona el aumento de nutrientes y clorofila a con la caída de oxígeno disuelto. Describe un mecanismo ecológico plausible sin tratarlo como demostrado.

09.4

NIVEL 2 · PROFUNDIZA

Propón dos medidas de conservación y un plan de seguimiento que permita evaluar su eficacia. Indica indicadores medibles y control.

VEREDICTO CIENTÍFICO

¿Qué proceso podría estar perturbando el humedal? Apóyate en dos pruebas cuantitativas y señala qué datos faltan para confirmarlo.

10 · El experimento genético

Edición genética, tolerancia a la sequía y bioética · EL EXPEDIENTE

Un equipo de investigación obtiene una línea de tomate con una modificación dirigida de una región reguladora del gen experimental R1, asociado a la respuesta al estrés hídrico. Quiere comprobar si esta edición mejora la tolerancia a la sequía sin perjudicar el crecimiento en condiciones normales. Cultiva plantas editadas y no editadas de edad similar, distribuidas al azar en cuatro grupos. La supervivencia, la biomasa final y la pérdida de agua de las hojas aportan pistas. Sin embargo, los resultados proceden de un ensayo limitado y no demuestran por sí solos su seguridad ambiental ni su rendimiento a gran escala. ¿Se justifica avanzar a la siguiente fase de investigación?

A EDICIÓN DIRIGIDA DE UNA REGIÓN REGULADORA

GEN R1 · ALELO ORIGINAL

5′-ACCG **C** TGGA-3′

→

ALELO EDITADO

C → T

Complejo de edición

Edición hipotética de R1; se altera una base sin introducir necesariamente ADN externo.

B ENSAYO CONTROLADO

12 plantas por grupo, tras 28 días

Riego	Genotipo	Supervivencia	Biomasa media (g/planta)
Normal	Sin editar	12 / 12	48
Normal	Editado	12 / 12	46
Sequía	Sin editar	5 / 12	16
Sequía	**Editado**	**10 / 12**	**30**

C PÉRDIDA DE AGUA EN HOJAS BAJO SEQUÍA

Medición independiente de pérdida de agua

Gramos de agua perdidos por hoja y hora; hojas de superficie equivalente.

HIPÓTESIS

Ahorrar agua podría favorecer la supervivencia.

NOTA: R1 es ficticio; la biomasa media incluye las 12 plantas de cada grupo.

CASO
10

10 · El experimento genético

Evalúa la evidencia y la decisión bioética · LA INVESTIGACIÓN

INSTRUCCIONES Resuelve cada cuestión utilizando las pruebas del expediente. Explica los cálculos y las decisiones cuando corresponda.

10.1

NIVEL 1 · INVESTIGA

Identifica la variable genética modificada, los dos regímenes de riego y las variables de respuesta. ¿Qué grupos actúan como controles?

10.2

NIVEL 1 · INVESTIGA

Calcula la supervivencia porcentual de cada grupo bajo sequía y su diferencia en puntos porcentuales. Calcula también la mejora relativa de biomasa.

10.3

NIVEL 2 · PROFUNDIZA

Explica un mecanismo plausible que conecte la prueba C con la mayor supervivencia. ¿Qué coste fisiológico podría tener cerrar más los estomas?

10.4

NIVEL 2 · PROFUNDIZA

¿Autorizarías una prueba ampliada en condiciones confinadas? Propón dos comprobaciones científicas y una salvaguarda ambiental o ética.

VEREDICTO CIENTÍFICO

¿Es la edición prometedora y está demostrada su seguridad? Usa dos resultados cuantitativos y diferencia eficacia experimental de autorización ambiental.

Solucionario razonado

Respuestas de los misterios 01 y 02 · genética y proliferación

MISTERIOS 01–02

01 El ADN del sospechoso

01.1 3′-TACGGTACTGAA-5′. Se sustituyen A↔T y C↔G; las hebras son complementarias y antiparalelas.

01.2 X: 3/3 loci; Y: 2/3; Z: 2/3. Solo X coincide también con los 12 nucleótidos de R.

01.3 Compartir dos loci es frecuente entre perfiles incompletos. X es la opción más compatible, pero cuatro marcadores cortos no identifican inequívocamente a una persona.

01.4 Repetir extracción y genotipado con controles evita errores o contaminación; ampliar el panel de STR o secuenciar más regiones incrementa el poder discriminatorio.

VEREDICTO
La muestra X concuerda con R tanto en los tres STR como en el fragmento; la coincidencia limitada no demuestra identidad.

02 La célula que no dejaba de dividirse

02.1 A: interfase; B: profase; C: metafase; D: anafase; E: telofase. Metafase: cromosomas en el ecuador. Anafase: cromátidas separándose hacia polos.

02.2 A: (12+8+5+5)/200×100 = 15 %. B: (26+16+10+8)/200×100 = 30 %. Diferencia: 15 puntos; B duplica a A.

02.3 Metafase: A = 8/200×100 = 4 %; B = 16/200×100 = 8 %. Ki-67: A 45 %, B 75 %; detecta células en ciclo, no solo en mitosis.

02.4 Hipótesis: reparación tisular intensa o desregulación del ciclo celular. Para diferenciarlas: historial histológico, marcadores de daño y pruebas de regulación del ciclo.

VEREDICTO
B presenta mayor proliferación: índice mitótico 30 % frente a 15 % y Ki-67 75 % frente a 45 %. No hay diagnóstico de cáncer sin contexto y estudio anatomopatológico.

Solucionario razonado

Respuestas de los misterios 03 y 04 · microbiología e inmunidad

MISTERIOS 03–04

03 El microorganismo desconocido

03.1 Es procariota: carece de núcleo detectable, tiene ADN circular en nucleoide, ribosomas 70S y no presenta orgánulos membranosos observables.

03.2 Compatible con una bacteria gramnegativa: color rosa, membrana externa y capa fina de peptidoglucano; este confiere rigidez a la pared celular.

03.3 24 µm / 2,4 µm = 10. La célula epitelial de referencia es diez veces más larga que el aislado, aunque no necesariamente diez veces mayor en volumen.

03.4 R1: 99,2 % de similitud 16S, la mayor de las referencias. Un fragmento no resuelve siempre especies próximas; se precisan secuencias genómicas adicionales o análisis de genoma completo.

VEREDICTO
Bacilo procariota bacteriano, compatible con gramnegativo. El 16S apoya cercanía a R1; no permite una asignación definitiva de especie.

04 La epidemia del laboratorio

04.1 Incidente día 0; P1 presenta síntomas día 2; P2 y P3 día 3; P4 día 4. De los sintomáticos expuestos, 3 PCR positivas (P1–P3). P5 no estuvo expuesto.

04.2 Expuestos: 4/12 = 33,3 %. No expuestos: 1/10 = 10 %. Razón descriptiva: (4/12)/(1/10) = 3,33. No es una estimación causal ajustada.

04.3 En PCR positivos, anti-P IgG aumenta de 4 a 65 u.a. (61 unidades; 16,25 veces). La IgG puede persistir tras la infección; no mide necesariamente actividad viral.

04.4 P4 puede estar en una fase con escasa carga viral o presentar un falso negativo por toma de muestra. Prevención: ventilación, protección respiratoria adecuada y protocolos de contención de aerosoles.

VEREDICTO
Los síntomas temporalmente agrupados, 3 PCR positivas y mayor proporción sintomática entre expuestos apoyan un posible vínculo, sin demostrar una única fuente.

Solucionario razonado

Respuestas de los misterios 05 y 06 · plantas y metabolismo

MISTERIOS 05–06

05 La planta que dejó de crecer

05.1 Frente a A, B recibe menos luz (4 frente a 12 h), C menos agua (50 frente a 200 mL/día) y D no recibe nitrógeno. Respuesta: altura media (cm).

05.2 Día 0 → 21: A = 10,1−3,0 = 7,1 cm; B = 4,4−3,0 = 1,4 cm. A crece 5,7 cm más.

05.3 Incremento porcentual: A = 7,1/3,0×100 = 236,7 %; B = 1,4/3,0×100 = 46,7 %. Menos luz limita la fijación fotosintética de carbono y la síntesis de biomasa.

05.4 Repetir con nutrientes completos frente a solución igual sin N, luz y agua constantes, asignación aleatoria y ≥6 réplicas por tratamiento; medir clorofila y masa seca.

VEREDICTO
Los tratamientos de luz, agua y N corresponden a los grupos con menor crecimiento. La prueba B identifica los cambios y C su resultado; se necesitarían más réplicas y medidas fisiológicas.

06 El misterio de la energía celular

06.1 La membrana interna aloja la cadena de transporte de electrones y la ATP sintasa; el O_2 es el aceptor final de electrones y se reduce a agua.

06.2 El consumo de O_2 de B cae de 8 a 3: (8−3)/8×100 = 62,5 % menos. El lactato sube de 1 a 7 nmol/min (7 veces).

06.3 Producción ATP A/B = 200/95 = 2,11. Con inhibidor del complejo III, ATP de A cae de 200 a 80: (200−80)/200×100 = 60 %.

06.4 Podría existir disfunción respiratoria o reprogramación metabólica hacia glucólisis. Comparar ATP y lactato tras inhibidores o analizar complejos respiratorios, normalizando por células viables.

VEREDICTO
A mantiene mayor respiración aerobia y rendimiento de ATP; B presenta O_2 62,5 % menor y ATP 52,5 % menor. El bloqueo experimental respalda el papel de la cadena, no la causa de B.

Solucionario razonado

Código genético y función catalítica · explicación de las cuatro actividades

MISTERIO 07 / RESPUESTAS

07 Una proteína defectuosa

07.1 En la hebra codificante, TTT → TAT en el tercer codón (segunda posición T→A). El ARNm cambia de UUU a UAU. El resto de codones permanece igual.

07.2 En el péptido, fenilalanina (Phe) → tirosina (Tyr). Un codón de ARNm determina el aminoácido durante la traducción; el cambio altera la estructura primaria, pero no necesariamente la función.

07.3 A [S] = 5 mmol/L: referencia 64 u.a./min, variante 32 → descenso 50 %. A 1 mmol/L: 40 frente a 18 → descenso 55 %. La variante tiene menor actividad en ambas condiciones.

07.4 La nueva cadena lateral podría cambiar el entorno químico o la geometría del sitio activo. Introducir TTT→TAT en la línea de referencia y revertir TAT→TTT en la variante permitiría comprobar causalidad, con controles.

VEREDICTO CIENTÍFICO

La variante presenta menor actividad enzimática y una sustitución no sinónima; la coincidencia genética y funcional apoya la hipótesis, pero la mutagénesis recíproca sería una prueba causal más sólida.

PRUEBAS CRUZADAS Y CRITERIO DE CORRECCIÓN

SECUENCIA
Cambian ADN, ARNm y aminoácido; conviene distinguir esas tres escalas.

MODELO
La representación del sitio activo es una predicción, no confirmación experimental.

ACTIVIDAD
Comparar siempre mediciones obtenidas a la misma [S] y con enzima constante.

ALTERNATIVA
La estabilidad o plegamiento también podría influir, aunque se haya normalizado la cantidad de E.

Solucionario razonado

Evolución y filogenia · explicación de las cuatro actividades

MISTERIO 08 / RESPUESTAS

08 El organismo imposible

08.1 F comparte con el pez pulmonado huesos internos articulados y radios caudales (y también línea lateral). Con la salamandra comparte huesos articulados y dedos.

08.2 La presencia de dedos diferencia a F de los dos peces representados. En el árbol propuesto, el taxón terminal más próximo a F es la salamandra terrestre.

08.3 Un carácter ancestral retenido puede ser la línea lateral o los radios caudales; un carácter derivado compartido con la salamandra son los dedos. La polaridad exacta se contrasta con grupos externos.

08.4 Compartir un ancestro común no convierte a F en antepasado directo de la salamandra. Se podrían comparar nuevos fósiles de edades calibradas y caracteres craneales, vertebrales o moleculares de taxones vivos.

VEREDICTO CIENTÍFICO

F encaja mejor como un tetrápodo temprano de hábitos acuáticos: posee dedos y huesos internos articulados, pero retiene rasgos acuáticos. El árbol es provisional y no certifica filiación directa.

CLAVES PARA LEER UNA HIPÓTESIS FILOGENÉTICA

PARENTESCO
Taxones hermanos comparten un ancestro común más reciente.

FÓSILES
Los fósiles informan de combinaciones de caracteres, no de identidad ancestral automática.

RASGOS
Un carácter puede aparecer, perderse o evolucionar de manera convergente.

INCERTIDUMBRE
Hay que contrastar matrices más amplias y dataciones independientes.

Solucionario razonado

Ecología y biodiversidad · explicación de las cuatro actividades

MISTERIO 09 / RESPUESTAS

09 El ecosistema en peligro

09.1 Cadena válida: fitoplancton → zooplancton → peces pequeños → aves piscívoras. Cada flecha señala el flujo de materia y energía del alimento hacia el consumidor.

09.2 Disminución de peces: (820−280)/820×100 = 65,85 %. Entre julio y octubre los nitratos suben de 0,8 a 4,1 mg/L y el O_2 baja de 8,1 a 3,3 mg/L.

09.3 El enriquecimiento en nutrientes podría estimular una proliferación algal (clorofila a: 8→70 µg/L). La respiración y descomposición de biomasa podrían consumir oxígeno y perjudicar a los peces; no está demostrado.

09.4 Reducir aportes de fertilizantes/vertidos e instalar franjas filtrantes. Medir semanalmente nitratos, clorofila, O_2 (también al amanecer) y peces; incluir sector comparable no intervenido y registrar temperatura.

VEREDICTO CIENTÍFICO

Una eutrofización con hipoxia es una explicación plausible: aumentan nutrientes y clorofila, baja O_2 y descienden peces. Faltan datos sobre vertidos, mortalidad, patógenos y series temporales amplias.

CÁLCULOS Y DISTINCIONES ACEPTABLES

PECES
La pérdida es de 540 individuos, equivalente al 65,85 % de 820.

MECANISMO
La eutrofización puede generar episodios de hipoxia, según condiciones.

OXÍGENO
El O_2 baja 4,8 mg/L, no 4,8 %; la unidad importa.

CONTROL
Comparar zonas y estaciones para distinguir cambios ambientales de estacionalidad.

Solucionario razonado

Biotecnología y bioética · explicación de las cuatro actividades

MISTERIO 10 / RESPUESTAS

10 El experimento genético

10.1 Variable genética: alelo R1 editado o no editado; factor ambiental: riego normal o sequía. Respuestas: supervivencia, biomasa y pérdida de agua. Controles: líneas no editadas bajo cada riego.

10.2 Bajo sequía: sin editar 5/12 = 41,7 %; editado 10/12 = 83,3 %. Diferencia: 41,7 puntos. Biomasa: (30−16)/16×100 = 87,5 % más.

10.3 La pérdida de agua disminuye de 1,8 a 1,1 g/hoja/h, compatible con ahorro hídrico. Un cierre estomático más intenso podría reducir la entrada de CO_2, la fotosíntesis y el crecimiento.

10.4 Es defendible un ensayo confinado y autorizado si se repite con líneas editadas independientes, se comprueban cambios no deseados y se mide rendimiento fotosintético. Salvaguarda: evitar dispersión y evaluar riesgos antes de liberar.

VEREDICTO CIENTÍFICO

La edición es prometedora en este ensayo (83,3 % frente a 41,7 % de supervivencia; 30 frente a 16 g de biomasa). No se ha demostrado seguridad ni eficacia a escala ambiental.

VALORAR RESPUESTAS ALTERNATIVAS

A FAVOR
Mejora experimental relevante, condicionada a evaluación de riesgos.

EN CONTRA
Puede justificarse posponer ensayos si faltan controles o seguimiento.

CAUTELA
Doce plantas/grupo y una línea modificada no demuestran generalización.

NECESARIO
Mencionar riesgos, incertidumbre, consentimiento institucional y salvaguardas.

CONDICIONES DE USO Y LICENCIA

Gracias por adquirir o descargar un recurso de RecursosESO. Este documento establece las condiciones aplicables al uso de nuestros materiales digitales.

Al descargar, comprar o utilizar este material aceptas estas condiciones de uso. La compra o descarga concede una licencia de uso y no implica la cesion de los derechos de autor ni de propiedad intelectual.

1. Uso permitido

PERMITIDO: Uso personal por parte de la persona que ha adquirido o descargado el recurso.
PERMITIDO: Uso educativo propio, incluyendo la impresion y utilizacion con el alumnado del comprador.
PERMITIDO: Proyeccion o utilizacion en dispositivos digitales durante actividades educativas.
PERMITIDO: Impresion de las copias necesarias para el uso directo con el alumnado, siempre que el archivo original no se redistribuya.

2. Usos no permitidos

PROHIBIDO: Vender o revender el archivo, total o parcialmente, incluso si ha sido modificado.
PROHIBIDO: Copiar, compartir o redistribuir el archivo original con otras personas, docentes, centros, academias o empresas.
PROHIBIDO: Subir el archivo a Drive, Dropbox, OneDrive, Moodle, Classroom, webs, redes sociales, grupos, foros u otras plataformas cuando terceros puedan acceder o descargarlo.
PROHIBIDO: Publicar el material, completo o parcialmente, en otras tiendas o plataformas, gratuitas o de pago.
PROHIBIDO: Eliminar u ocultar logos, marcas de agua, creditos, avisos de autoria o elementos identificativos.
PROHIBIDO: Utilizar paginas, textos, ilustraciones, plantillas o elementos del recurso para crear otro producto destinado a su venta o distribucion.
PROHIBIDO: Incluir el recurso en recopilaciones, packs, repositorios, bibliotecas digitales o bases de datos compartidas sin autorizacion expresa.

3. Licencias para varios docentes o centros

La licencia estandar corresponde a **un unico comprador o usuario**. Si varias personas desean utilizar el mismo recurso de forma independiente, cada una debe adquirir su propia copia o licencia, salvo que se haya contratado expresamente una licencia diferente para centro, departamento, equipo o grupo de usuarios.

4. Propiedad intelectual

Todos los derechos de autor, diseno, maquetacion, textos originales, elementos graficos propios y demas contenidos protegibles pertenecen a RecursosESO o a sus respectivos titulares cuando se indique lo contrario. Ninguna compra o descarga transfiere la titularidad de estos derechos.

5. Modificaciones y uso derivado

Puedes adaptar el material para tu **uso personal o educativo interno** cuando el formato lo permita. Una version modificada sigue estando sujeta a estas condiciones y no puede venderse, compartirse, publicarse ni redistribuirse como un producto nuevo o propio.

6. Uso comercial y autorizaciones

Cualquier uso comercial, editorial, empresarial, promocional o de redistribucion no contemplado en esta licencia requiere **autorizacion previa y expresa de RecursosESO**.

7. Infracciones

La reproduccion, venta, distribucion o publicacion no autorizada puede vulnerar derechos de propiedad intelectual. RecursosESO se reserva el derecho de solicitar la retirada del contenido y ejercer las acciones que correspondan.

¿Tienes dudas sobre un uso concreto?
Contacta con RecursosESO antes de compartir, publicar o reutilizar el material fuera de tu uso autorizado.

Correo electronico: recursoseso@hotmail.com
Web: www.recursoseso.com

© RecursosESO. Todos los derechos reservados.