



SITUACIONES DE APRENDIZAJE

# Biología y Geología

4.º ESO

*Geología, célula, genética, evolución y universo*

*10 situaciones de aprendizaje completas*

Con secuencia didáctica, evaluación, rúbricas y anexos listos para usar



# Índice

|                                                                            |            |
|----------------------------------------------------------------------------|------------|
| Presentación del cuaderno .....                                            | 3          |
| Plan general .....                                                         | 5          |
| <b>SdA 01 De una pregunta a una evidencia .....</b>                        | <b>6</b>   |
| Anexos 1-10 · fichas, dossier, plantillas, evaluación y guía docente ..... | 13         |
| <b>SdA 02 El paisaje es un libro abierto .....</b>                         | <b>38</b>  |
| Anexos 1-10 · fichas, dossier, plantillas, evaluación y guía docente ..... | 45         |
| <b>SdA 03 Vivir sobre placas tectónicas .....</b>                          | <b>75</b>  |
| Anexos 1-10 · fichas, dossier, plantillas, evaluación y guía docente ..... | 83         |
| <b>SdA 04 Cuando una célula se divide .....</b>                            | <b>119</b> |
| Anexos 1-10 · fichas, dossier, plantillas, evaluación y guía docente ..... | 126        |
| <b>SdA 05 El código de la vida .....</b>                                   | <b>152</b> |
| Anexos 1-10 · fichas, dossier, plantillas, evaluación y guía docente ..... | 159        |
| <b>SdA 06 Detectives de la herencia .....</b>                              | <b>184</b> |
| Anexos 1-10 · fichas, dossier, plantillas, evaluación y guía docente ..... | 190        |
| <b>SdA 07 Cuando el ADN cambia .....</b>                                   | <b>214</b> |
| Anexos 1-10 · fichas, dossier, plantillas, evaluación y guía docente ..... | 221        |
| <b>SdA 08 La evolución en acción .....</b>                                 | <b>245</b> |
| Anexos 1-10 · fichas, dossier, plantillas, evaluación y guía docente ..... | 252        |
| <b>SdA 09 Nuestra dirección en el universo .....</b>                       | <b>279</b> |
| Anexos 1-10 · fichas, dossier, plantillas, evaluación y guía docente ..... | 286        |
| <b>SdA 10 ¿Estamos solos? .....</b>                                        | <b>310</b> |
| Anexos 1-10 · fichas, dossier, plantillas, evaluación y guía docente ..... | 318        |
| Créditos, fuentes y condiciones de uso .....                               | 344        |

# Un cuaderno para aprender haciendo ciencia

Este cuaderno reúne **10 situaciones de aprendizaje** completas de Biología y Geología para 4.º ESO, con un total de **76 sesiones**. Cada situación parte de una pregunta con sentido para el alumnado y culmina en un producto final que se puede mostrar, compartir y evaluar.



## Sobre este volumen

El Real Decreto 217/2022 establece para 4.º ESO criterios de evaluación y saberes específicos. Biología y Geología es una materia de opción en 4.º; este volumen se dirige al alumnado que la cursa. La secuenciación propuesta es orientativa y debe adaptarse a la concreción autonómica y a la programación del centro.

Las situaciones se plantean como propuestas flexibles y competenciales. Integran interpretación y comunicación científica, búsqueda crítica de información, indagación, resolución de problemas, modelado, salud, sostenibilidad y ciencias de la Tierra según corresponda. La concreción final debe adaptarse al currículo autonómico y a la programación del centro.



## Cómo está organizada cada situación



### Contexto y reto

Pregunta guía, reto y producto final.



### Currículo

Competencias, criterios, saberes y objetivos.



### Sesiones

Secuencia detallada con evidencias.



### DUA

Medidas de inclusión, refuerzo y ampliación.



### Evaluación

Instrumentos, rúbrica y variantes.



## Los diez anexos de cada situación

Cada situación incluye anexos listos para imprimir o proyectar: dossier con datos, esquemas e ilustraciones científicas, fichas de trabajo, plantillas, instrumentos de evaluación y una guía docente con soluciones. Los del alumnado llevan cabecera para nombre, grupo y fecha.

- |                                                       |                                                      |
|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| <b>1</b> Ficha de lanzamiento del reto                | <b>2</b> Dossier de fuentes y materiales base        |
| <b>3</b> Fichas de actividades del alumnado           | <b>4</b> Plantilla del producto final                |
| <b>5</b> Lista de cotejo para el proceso y la entrega | <b>6</b> Rúbrica imprimible                          |
| <b>7</b> Autoevaluación y coevaluación                | <b>8</b> Material de apoyo y refuerzo                |
| <b>9</b> Actividad de ampliación                      | <b>10</b> Guía docente de respuestas y orientaciones |



## Orientaciones de uso

### Flexibles

Pueden desarrollarse completas, abreviarse o ampliarse. Cada situación propone una versión abreviada y otra ampliada.

### Prácticas seguras

Las prácticas usan material sencillo. Si no pueden realizarse, se sustituyen por demostraciones, simulaciones o los datos ya recogidos del dossier.

### Adaptables

Trimestres, ponderaciones y calificación se ajustan al currículo autonómico y a los acuerdos del departamento.



**Base normativa estatal:** Ley Orgánica 3/2020 (LOMLOE) y Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria. La concreción y secuenciación es una propuesta orientativa y debe adaptarse al currículo autonómico y a la programación del centro.



## Claves de lectura: competencias

### COMPETENCIAS CLAVE (DESCRIPTORES DEL PERFIL DE SALIDA)

- CCL** Competencia en comunicación lingüística
- CP** Competencia plurilingüe
- STEM** Competencia matemática y en ciencia, tecnología e ingeniería
- CD** Competencia digital
- CPSAA** Competencia personal, social y de aprender a aprender
- CC** Competencia ciudadana
- CE** Competencia emprendedora
- CCEC** Competencia en conciencia y expresión culturales

### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS DE BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA (SÍNTESIS)

- CE1** Interpretar y transmitir información y datos científicos en diferentes formatos.
- CE2** Localizar, seleccionar y contrastar información, evaluándola críticamente.
- CE3** Planificar y desarrollar proyectos de investigación con metodología científica.
- CE4** Usar el razonamiento y el pensamiento computacional para resolver problemas.
- CE5** Analizar efectos de acciones sobre el medio ambiente y la salud y adoptar hábitos saludables y sostenibles.
- CE6** Analizar el paisaje como patrimonio natural y explicar su historia geológica y sus riesgos.





## Plan general · 4.º ESO

### 1.º trimestre

3 situaciones · 23 sesiones

### 1.º-2.º trimestre

1 situación · 7 sesiones

### 2.º trimestre

2 situaciones · 16 sesiones

### 2.º-3.º trimestre

1 situación · 7 sesiones

### 3.º trimestre

3 situaciones · 23 sesiones

1

#### De una pregunta a una evidencia

7 sesiones · 1.º trimestre

🔍 Artículo científico escolar con resumen, pregunta, hipótesis, método, controles, datos, análisis, conclusión y limitaciones.

2

#### El paisaje es un libro abierto

8 sesiones · 1.º trimestre

🔍 Dossier de historia geológica con cortes interpretados, secuencias temporales y explicación del relieve actual.

3

#### Vivir sobre placas tectónicas

8 sesiones · 1.º trimestre

🔍 Atlas de riesgo geológico con mapa de placas y peligros, análisis de vulnerabilidad y plan de prevención.

4

#### Cuando una célula se divide

7 sesiones · 1.º-2.º trimestre

🔍 Modelo comparativo animado o manipulativo con ciclo celular, mitosis, meiosis y tabla de función-producto-diversidad.

5

#### El código de la vida

8 sesiones · 2.º trimestre

🔍 Dossier “Del ADN a la proteína” con modelo físico/digital, ejercicios de expresión génica y explicación de una alteración de secuencia.

6

#### Detectives de la herencia

8 sesiones · 2.º trimestre

🔍 Cuaderno de casos genéticos con cuadros, probabilidades, codominancia, dominancia incompleta, alelismo múltiple y ligada al sexo.

7

#### Cuando el ADN cambia

7 sesiones · 2.º-3.º trimestre

🔍 Mapa conceptual “Una mutación, muchos niveles” con casos neutral, enfermedad/cáncer a nivel general y adaptación evolutiva.

8

#### La evolución en acción

8 sesiones · 3.º trimestre

🔍 Museo de evidencias de la evolución con simulación de selección, comparación histórica de teorías y estudio de un caso.

9

#### Nuestra dirección en el universo

7 sesiones · 3.º trimestre

🔍 Atlas “De la Tierra al universo” con escalas, componentes del sistema solar, jerarquía cósmica y breve sección sobre origen del universo.

10

#### ¿Estamos solos?

8 sesiones · 3.º trimestre

🔍 Informe de misión astrobiológica que selecciona un objetivo, justifica criterios de habitabilidad, propone qué medir y establece qué resultados apoyarían distintas conclusiones.

*El número y orden de las situaciones constituyen una propuesta editorial, no una secuenciación normativa. Pueden reordenarse o utilizarse de forma independiente según el currículo autonómico y las necesidades del grupo.*

# 01 SITUACIÓN DE APRENDIZAJE

## De una pregunta a una evidencia

### PREGUNTA GUÍA

**?** ¿Qué hace que una investigación sea suficientemente fiable como para apoyar una conclusión?



**CURSO / NIVEL**  
4.º ESO



**SESIONES**  
7 sesiones · 1.º trimestre



**COMPETENCIAS ESPECÍFICAS**  
CE1, CE2, CE3, CE4



**BLOQUES DE SABERES**  
A · Proyecto científico



**PRODUCTO FINAL**  
Artículo científico escolar con resumen, pregunta, hipótesis, método, controles, datos, análisis, conclusión y limitaciones.



**CRITERIOS DE EVALUACIÓN**  
1.1, 1.2, 2.1, 2.2, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 4.2



## Contexto, reto y sentido

En 4.º ESO el proyecto científico incorpora controles, sesgos y análisis más exigente. La situación sirve de marco metodológico para el resto del curso.

### 🎯 Reto

Diseñar y ejecutar una investigación biológica o geológica con control experimental cuando proceda, varias medidas y discusión explícita de sesgos y límites.

### 📦 Producto final

Artículo científico escolar con resumen, pregunta, hipótesis, método, controles, datos, análisis, conclusión y limitaciones.



## Vinculación curricular

### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS Y DESCRIPTORES DEL PERFIL DE SALIDA

#### CE1

Interpretar y transmitir información y datos científicos, argumentando sobre ellos y utilizando diferentes formatos, para analizar conceptos y procesos de las ciencias biológicas y geológicas.

CCL1

CCL2

CCL5

STEM4

CD2

CD3

CCEC4

#### CE2

Identificar, localizar y seleccionar información, contrastando su veracidad, organizándola y evaluándola críticamente, para resolver preguntas relacionadas con las ciencias biológicas y geológicas.

CCL3

STEM4

CD1

CD2

CD3

CD4

CD5

CPSAA4

#### CE3

Planificar y desarrollar proyectos de investigación, siguiendo los pasos de las metodologías científicas y cooperando cuando sea necesario, para indagar en aspectos relacionados con las ciencias geológicas y biológicas.

CCL1

CCL2

STEM2

STEM3

STEM4

CD1

CD2

CPSAA3

CE3

#### CE4

Utilizar el razonamiento y el pensamiento computacional, analizando críticamente las respuestas y soluciones y reformulando el procedimiento, si fuera necesario, para resolver problemas o dar explicación a procesos de la vida cotidiana relacionados con la biología y la geología.

STEM1

STEM2

CD5

CPSAA5

CE1

CE3

CCEC4

### Criterios de evaluación seleccionados

#### 1.1

Analizar conceptos y procesos biológicos y geológicos interpretando información en diferentes formatos, manteniendo una actitud crítica, obteniendo conclusiones y formando opiniones propias fundamentadas.

#### 1.2

Transmitir opiniones propias fundamentadas e información sobre Biología y Geología de forma clara y rigurosa, facilitando su comprensión y análisis mediante el uso de la terminología y el formato adecuados.

#### 2.1

Resolver cuestiones y profundizar en aspectos biológicos y geológicos localizando, seleccionando, organizando y analizando críticamente la información de distintas fuentes y citándolas con respeto por la propiedad intelectual.

#### 2.2

Contrastar la veracidad de la información sobre temas biológicos y geológicos o trabajos científicos, utilizando fuentes fiables y adoptando una actitud crítica y escéptica hacia informaciones sin base científica.

#### 3.1

Plantear preguntas e hipótesis que puedan ser respondidas o contrastadas utilizando métodos científicos, en la explicación de fenómenos biológicos y geológicos y la realización de predicciones sobre estos.

#### 3.2

Diseñar la experimentación, la toma de datos y el análisis de fenómenos biológicos y geológicos de modo que permitan responder a preguntas concretas y contrastar una hipótesis evitando sesgos.

**3.3**

Realizar experimentos y tomar datos cuantitativos o cualitativos utilizando los instrumentos, herramientas o técnicas adecuadas con corrección y precisión.

**3.4**

Interpretar y analizar los resultados obtenidos en un proyecto de investigación utilizando, cuando sea necesario, herramientas matemáticas y tecnológicas y obteniendo conclusiones razonadas o valorar la imposibilidad de hacerlo.

**3.5**

Cooperar y colaborar en las distintas fases de un proyecto científico, valorando la importancia de la cooperación, respetando la diversidad y la igualdad de género, y favoreciendo la inclusión.

**4.2**

Analizar críticamente la solución a un problema, cambiando los procedimientos utilizados o las conclusiones si no fuese viable o ante nuevos datos.

## Saberes básicos prioritarios

### A

#### Proyecto científico

- Hipótesis, preguntas y conjeturas: planteamiento con perspectiva científica.
- Estrategias para la búsqueda de información, la colaboración y la comunicación de procesos, resultados o ideas científicas.
- Fuentes fidedignas de información científica: reconocimiento y utilización.
- Controles experimentales (positivos y negativos): diseño e importancia para resultados objetivos y fiables.
- Respuesta a cuestiones científicas mediante la experimentación y el trabajo de campo.
- Métodos de observación y de toma de datos de fenómenos naturales.
- Métodos de análisis de resultados. Diferenciación entre correlación y causalidad.
- La labor científica y las personas dedicadas a la ciencia; papel de la mujer en la ciencia.
- La evolución histórica del saber científico: ciencia colectiva, interdisciplinar y en continua construcción.



## Objetivos didácticos

- ✓ Plantear hipótesis contrastables y predicciones.
- ✓ Diseñar controles cuando sean aplicables.
- ✓ Identificar fuentes de sesgo y variables de confusión.
- ✓ Analizar resultados y admitir cuando no permiten una conclusión firme.
- ✓ Comunicar resultados con rigor y respeto por la propiedad intelectual.



## Metodología y papel docente

### Enfoque metodológico

Aprendizaje basado en retos e indagación guiada, combinando interpretación de información, modelado, experimentación o trabajo de campo cuando procede, resolución de problemas, cooperación y comunicación científica.

### Papel del docente

- Presenta el reto.
- Modela procedimientos.
- Garantiza la seguridad.
- Aporta fuentes graduadas.
- Observa.
- Retroalimenta.
- Ayuda a distinguir evidencia.
- Inferencia y opinión.



## Secuencia de sesiones y actividades

- Cada sesión genera una **evidencia** que se recoge en las fichas del Anexo 3. En las prácticas, el docente garantiza la seguridad y modela el procedimiento antes de que lo realice el alumnado.

**1**

### SESIÓN 1

#### De una curiosidad a una pregunta

Evaluación de preguntas y transformación en problemas investigables.

**Agrupamiento:** Parejas/grupos

**Evidencia:** Pregunta e hipótesis

**2**

### SESIÓN 2

#### Controlar no es manipular

Análisis de diseños con y sin controles y detección de sesgos.

**Agrupamiento:** Parejas/grupos

**Evidencia:** Crítica de diseños

**3**

### SESIÓN 3

#### Nuestro protocolo

Diseño del experimento o trabajo de campo con réplicas, variables, controles y seguridad.

**Agrupamiento:** Parejas/grupos

**Evidencia:** Protocolo

**4**

### SESIÓN 4

#### Recogida de datos

Ejecución y registro con trazabilidad de cambios respecto al plan.

**Agrupamiento:** Parejas/grupos

**Evidencia:** Cuaderno de laboratorio



5

## SESIÓN 5

**Analizar sin forzar**

Representación de datos, comparación con hipótesis y discusión de incertidumbre.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Análisis

6

## SESIÓN 6

**Revisión por pares**

Intercambio de borradores con lista de revisión sobre método, evidencia y afirmaciones.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Informe de revisión

7

## SESIÓN 7

**Artículo científico escolar**

Entrega y comunicación oral breve.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Artículo final**Recursos, interdisciplinariedad y transversalidad** **Recursos**

Laboratorio o entorno de campo

Plantilla de protocolo

Hojas de cálculo

Ejemplos de controles

Lista de seguridad

**Interdisciplinariedad**

Matemáticas, Lengua y Digitalización.

**Elementos transversales**

Integridad científica, igualdad en equipos, seguridad, propiedad intelectual y cultura del error.

**Alternativa sin dispositivos**

Sustituir herramientas digitales por dosieres impresos y datos preparados. Las prácticas no disponibles pueden convertirse en demostraciones, simulaciones o análisis de datos ya recogidos, manteniendo el razonamiento científico.

**DUA y atención a la diversidad****Implicación**

Metas visibles, elección de formato cuando el criterio lo permita, hitos cortos, roles cooperativos y retroalimentación frecuente.

**Representación**

Texto, fotografía, esquema, modelo, tabla, gráfica, demostración y glosario visual; ejemplos resueltos y materiales de distinta complejidad.

**Acción y expresión**

Informe, modelo, exposición, audio o producto visual cuando sea compatible con el criterio; organizadores y listas de cotejo.

### Medidas específicas en esta SdA

Procedimientos cerrados como opción; conjuntos de datos alternativos; roles; plantillas de redacción; apoyo visual para variables y controles.

#### Refuerzo Anexo 8

Analizar un experimento ya realizado y completar hipótesis, datos y conclusión.

#### Ampliación Anexo 9

Comparar dos diseños experimentales o proponer una réplica mejorada.

## Evaluación

Evaluación continua y formativa: diagnóstico inicial, evidencias durante el proceso, revisión de borradores y valoración final del producto más una evidencia individual. La ponderación debe adaptarse a la normativa autonómica y a los acuerdos del departamento.

#### FASE 1

#### Inicial

Diagnóstico de ideas previas con la primera ficha del Anexo 3 y la ficha de lanzamiento (Anexo 1).



#### FASE 2

#### Formativa

Evidencias de cada sesión, revisión de borradores y retroalimentación con la lista de cotejo (Anexo 5).



#### FASE 3

#### Final

Valoración del producto con la rúbrica (Anexo 6) más una evidencia individual y la reflexión del Anexo 7.

### Criterios, evidencias e instrumentos

| Criterio | Evidencia principal                                                                                                   | Instrumento                                                        |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| 1.1      | Interpretación de gráficas y casos (helados y quemaduras, chocolate y Nobel) distinguiendo correlación de causalidad. | Ficha 2 «Controlar no es manipular» / lista de cotejo              |
| 1.2      | Artículo científico escolar con resumen, apartados completos y terminología precisa, y su defensa oral.               | Artículo (Anexo 4) y comunicación oral / rúbrica                   |
| 2.1      | Introducción del artículo con al menos dos fuentes fiables citadas en formato homogéneo.                              | Apartado «Referencias» del artículo / checklist de fiabilidad      |
| 2.2      | Valoración crítica de titulares y estudios sin control, y del caso de integridad científica de Rosalind Franklin.     | Fichas 2 y 7 / checklist de fiabilidad                             |
| 3.1      | Pregunta investigable, hipótesis contrastable y predicción concreta del equipo.                                       | Ficha 1 / rúbrica de proyecto científico                           |
| 3.2      | Protocolo con variables, control positivo y negativo, réplicas, aleatorización y medidas contra sesgos.               | Ficha 3 «Nuestro protocolo» / rúbrica de proyecto científico       |
| 3.3      | Cuaderno de laboratorio con medidas, unidades, observaciones y registro trazable de cambios.                          | Ficha 4 «Cuaderno de laboratorio» / rúbrica de proyecto científico |
| 3.4      | Cálculo de medias y rangos, gráfica correcta y conclusión que reconoce la incertidumbre.                              | Ficha 5 «Analizar sin forzar» / rúbrica de proyecto científico     |

| Criterio | Evidencia principal                                                                                           | Instrumento                                                                       |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 3.5      | Desempeño del rol (coordinación, medida, registro, seguridad) y trato respetuoso en el equipo.                | Observación sistemática y coevaluación (Anexo 7) / rúbrica de proyecto científico |
| 4.2      | Respuesta argumentada a la revisión por pares y modificación del método o de la conclusión ante datos nuevos. | Ficha 6 «Revisión por pares» / escala de valoración                               |

### Autoevaluación y coevaluación Anexo 7

El alumnado valora sus aprendizajes, dificultades y aportación al equipo, y revisa el producto de otro equipo con la lista de cotejo antes de la entrega final.

## + Rúbrica del producto final

| Indicador                                     | NIVEL 4<br>Avanzado                                                                                                                                                                                                                | NIVEL 3<br>Adecuado                                                                                                                                          | NIVEL 2<br>En proceso                                                                                                                             | NIVEL 1<br>Inicial                                                                           |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Comprensión científica</b>                 | Rigurosa, conectada y con vocabulario preciso.                                                                                                                                                                                     | Correcta en lo esencial.                                                                                                                                     | Parcial o con alguna confusión.                                                                                                                   | Fragmentaria o con errores esenciales.                                                       |
| <b>Uso de evidencias</b>                      | Contrasta fuentes y usa evidencias concretas.                                                                                                                                                                                      | Aporta evidencias suficientes.                                                                                                                               | Evidencias escasas o descriptivas.                                                                                                                | Conclusiones sin evidencia suficiente.                                                       |
| <b>Solidez del diseño y control de sesgos</b> | Diseño con una sola variable independiente, controles positivo y negativo bien justificados, al menos tres réplicas, aleatorización o medida a ciegas, y sesgos posibles identificados y reducidos.                                | Diseño con variables y control negativo correctos y réplicas suficientes; menciona algún sesgo, aunque no siempre explica cómo lo reduce.                    | Diseño con controles incompletos o mal elegidos, pocas réplicas o alguna variable sin controlar; los sesgos apenas se mencionan.                  | Diseño sin control ni réplicas, con varias variables cambiando a la vez; no reconoce sesgos. |
| <b>Calidad del análisis de datos</b>          | Calcula medias y rangos sin errores, trata y explica los datos anómalos sin eliminarlos en silencio, representa con la gráfica adecuada y concluye con prudencia, distinguiendo correlación de causa y señalando la incertidumbre. | Calcula medias correctamente y la gráfica es adecuada; la conclusión responde a la pregunta con alguna generalización excesiva o sin comentar la dispersión. | Cálculos con errores o gráfica poco adecuada; la conclusión describe los datos, pero no los compara con la hipótesis ni comenta la incertidumbre. | No trata los datos o extrae conclusiones que los datos no sostienen.                         |
| <b>Comunicación y producto</b>                | Claro, preciso y responde plenamente al reto.                                                                                                                                                                                      | Claro y responde adecuadamente.                                                                                                                              | Cumple parcialmente o necesita mejorar.                                                                                                           | Incompleto o no responde al reto.                                                            |

## 🔑 Variantes de aplicación

### ↗ Versión abreviada

Trabajar con fuentes/datos cerrados y un producto de una página o modelo único.

### ↗ Versión ampliada

Añadir laboratorio/campo, comparación de casos, mayor tratamiento de datos y una fase pública de comunicación científica.

## Ficha de lanzamiento del reto

SdA 1 · De una pregunta a una evidencia

ALUMNADO

En 2012, una prestigiosa revista médica publicó que los países que más chocolate consumen tienen más premios Nobel por habitante. ¿Os volveréis más listos comiendo chocolate? Cada semana aparecen titulares que mezclan coincidencias con causas, estudios sin grupo de control o conclusiones sacadas de cuatro datos. En esta situación vais a trabajar como un equipo de investigación de verdad: diseñaréis un experimento con controles y réplicas, buscaréis vuestros propios sesgos, analizaréis los datos sin forzarlos, pasaréis una revisión por pares y publicaréis un artículo científico escolar.

“¿Qué hace que una investigación sea suficientemente fiable como para apoyar una conclusión?”

### 🎯 Vuestro reto

Diseñar y ejecutar una investigación biológica o geológica con control experimental cuando proceda, varias medidas y discusión explícita de sesgos y límites.

### 📦 Lo que vais a producir

Artículo científico escolar con resumen, pregunta, hipótesis, método, controles, datos, análisis, conclusión y limitaciones.

### 📍 Hoja de ruta · 7 sesiones

- 1 Convertimos una curiosidad en una pregunta investigable con hipótesis contrastable.
- 2 Analizamos diseños buenos y malos: controles, réplicas y sesgos.
- 3 Escribimos nuestro protocolo con variables, controles positivos y negativos y seguridad.
- 4 Recogemos los datos en el cuaderno de laboratorio y anotamos cualquier cambio respecto al plan.
- 5 Calculamos medias y dispersión, representamos y discutimos la incertidumbre.
- 6 Revisamos por pares el borrador de otro equipo y respondemos a las revisiones.
- 7 Entregamos el artículo científico y lo defendemos en una comunicación oral breve.

### 📖 Al terminar seré capaz de...

- ✓ Plantear hipótesis contrastables y predicciones.
- ✓ Diseñar controles cuando sean aplicables.
- ✓ Identificar fuentes de sesgo y variables de confusión.
- ✓ Analizar resultados y admitir cuando no permiten una conclusión firme.
- ✓ Comunicar resultados con rigor y respeto por la propiedad intelectual.

### 📋 ¿Cómo me evaluarán?

Con la rúbrica del producto final (Anexo 6), la lista de cotejo (Anexo 5) y una reflexión personal (Anexo 7). ¡Revisadlas antes de empezar!



## Dossier de fuentes y materiales base

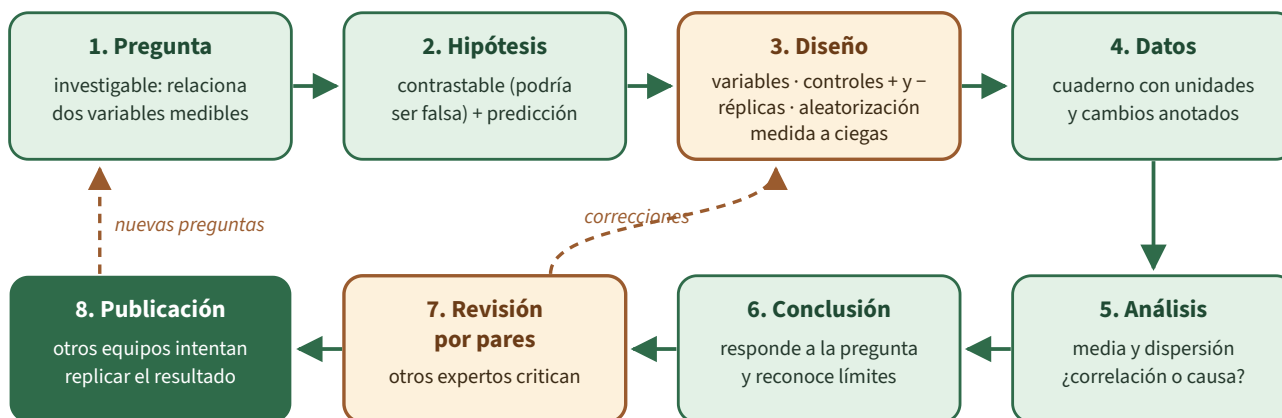
SdA 1 · De una pregunta a una evidencia

ALUMNADO

Materiales base para todo el proyecto: el ciclo de una investigación fiable, diseños buenos y malos, un experimento modelo con controles, datos de respaldo por si falla la práctica, casos de correlación y causalidad, un glosario y la estructura del artículo científico.

### F1 El camino de una pregunta hasta una evidencia publicada

ESQUEMA



Fuente: Esquema de elaboración propia.

- Q Las casillas en color crema son las que más distinguen una investigación de 4.º de un experimento sencillo. ¿Por qué crees que la revisión por pares puede obligar a volver al diseño?

F2

## Dos diseños para la misma pregunta: ¿reduce la sal del agua de riego la germinación del rabanito?

DATOS

| Aspecto            | Diseño A (equipo «Rápido»)                                                       | Diseño B (equipo «Riguroso»)                                                                                                                  |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tratamientos       | Una placa con agua y «una cucharada de sal» en un vaso; otra con agua del grifo. | Tres concentraciones: 0, 5 y 10 g de sal por litro, medidas con balanza y probeta.                                                            |
| Control            | La placa con agua del grifo.                                                     | 0 g/L (control negativo). Además, un lote de semillas que se sabe que germinan bien en agua (control positivo de la calidad de las semillas). |
| Réplicas y muestra | 1 placa por tratamiento, 5 semillas por placa.                                   | 3 placas por tratamiento, 20 semillas por placa.                                                                                              |
| Ubicación          | Placa con sal junto a la ventana; placa control dentro del armario.              | Todas en la misma bandeja; la posición de cada placa se decide por sorteo.                                                                    |
| Medida             | Cuenta quien propuso la hipótesis, cuando «parece» que hay diferencia.           | Germinada = radícula de 2 mm o más. A los 5 días cuenta otra persona, que no sabe qué placa es cuál (placas codificadas).                     |
| Registro           | Se anota solo el resultado final.                                                | Cuaderno con recuentos diarios, temperatura de la sala e incidencias.                                                                         |

Fuente: Casos creados para el aula.



Busca al menos cinco fallos en el diseño A y explica qué problema provoca cada uno.

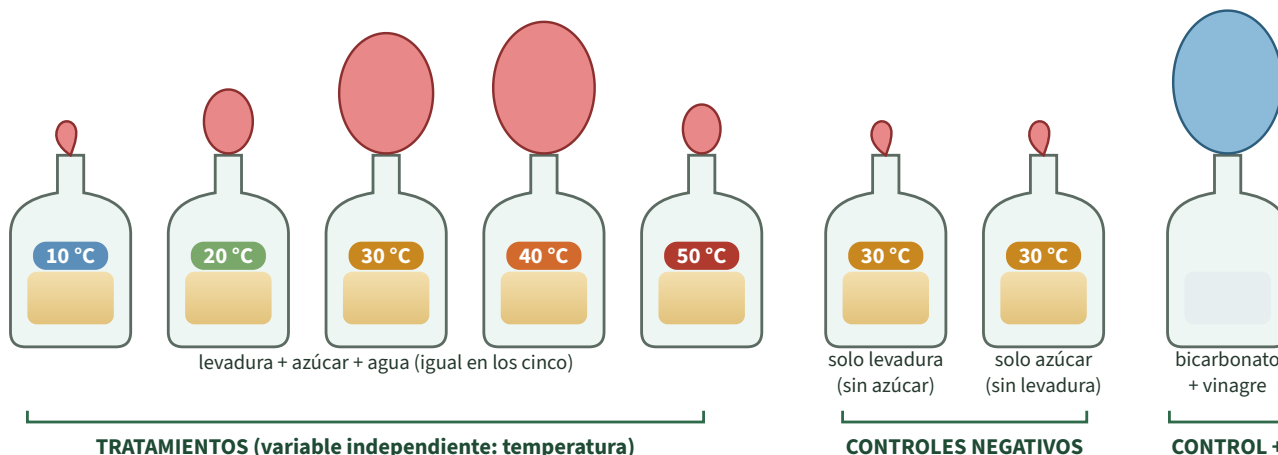
F3

## Experimento modelo: ¿influye la temperatura en la producción de CO<sub>2</sub> por las levaduras?

ESQUEMA

**Variable dependiente:** perímetro del globo a los 30 min (cm), medido con cinta métrica en su parte más ancha.

**Controladas:** 7 g de levadura, 10 g de azúcar, 150 mL de agua, mismo tipo de botella y globo, mismo tiempo.



**Control negativo:** situación en la que NO esperamos el efecto; si aparece, algo falla (contaminación, fugas, otra causa).  
**Control positivo:** situación en la que SÍ sabemos que debe aparecer el efecto. Aquí usamos un **control técnico positivo del sistema de detección** (bicarbonato + vinagre): comprueba que la botella y el globo pueden registrar la producción de gas, pero no que el procedimiento biológico funcione. Como **control biológico positivo** puede añadirse levadura + azúcar a una temperatura que se sabe adecuada (unos 35 °C). Sin controles, un globo pequeño puede deberse a la temperatura... o a un globo pinchado.

*Fuente: Esquema de elaboración propia. El tamaño de los globos representa resultados típicos tras 30 minutos (ver F5).*

## F4 Protocolo de la práctica con levaduras y normas de seguridad

PROTOCOLO

**Material por condición:** botella de plástico de 500 mL, globo, 7 g de levadura seca de panadería, 10 g de azúcar, 150 mL de agua, recipiente para baño de agua, termómetro, cinta métrica, cronómetro, etiquetas.

- 1. Etiqueta las botellas con un **código** (A, B, C...) que solo conoce la persona coordinadora.
- 2. Prepara los baños de agua a 10, 20, 30, 40 y 50 °C (agua con hielo, agua del grifo y agua caliente que prepara el docente). Comprueba la temperatura con el termómetro.
- 3. Echa en cada botella el agua, el azúcar y, por último, la levadura. Agita suavemente 10 s y coloca el globo en la boca.
- 4. Pon cada botella en su baño a la vez y pon en marcha el cronómetro. Mantén la temperatura ( $\pm 2$  °C) añadiendo agua fría o templada.
- 5. A los 30 min, mide el perímetro del globo en su parte más ancha. Si no se infla, anota 0 cm.
- 6. Control técnico positivo del sistema de detección: 50 mL de vinagre en la botella y 5 g de bicarbonato dentro del globo (con un embudo); ajusta el globo a la boca y levántalo para que el bicarbonato caiga.

### Seguridad:

- El agua del baño no superará 50 °C; solo el docente maneja el hervidor. Usa gafas al mezclar vinagre y bicarbonato.
- No pruebes ninguna mezcla. Limpia los derrames al momento para evitar resbalones.
- Quien tenga alergia al látex usará globos sin látex o no manipulará los globos.
- Al terminar, retira los globos lejos de la cara (la mezcla puede salpicar) y lávate las manos.

*Fuente: Adaptado de prácticas escolares habituales de fermentación con levadura de panadería.*

**F5 Datos de respaldo: perímetro del globo a los 30 minutos (cm)**

DATOS

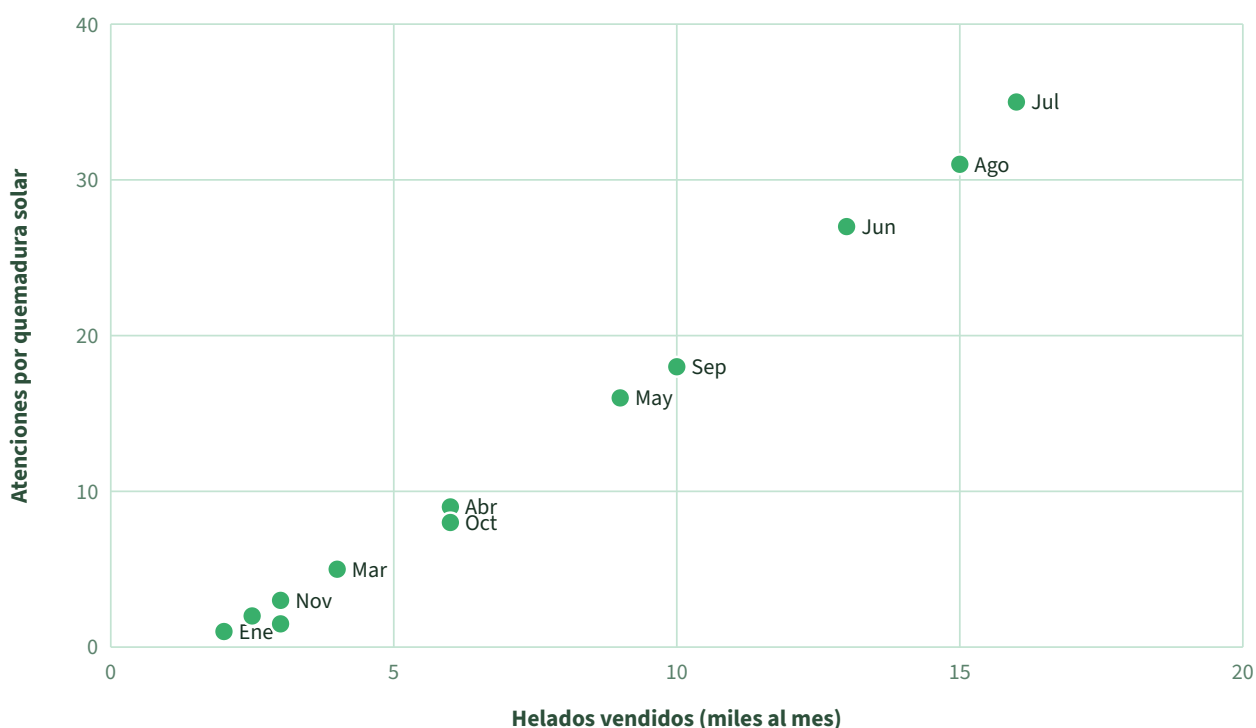
| Condición                | Réplica 1 | Réplica 2 | Réplica 3 | Observaciones del cuaderno                                   |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|--------------------------------------------------------------|
| 10 °C                    | 0         | 2         | 1         | Burbujas escasas.                                            |
| 20 °C                    | 8         | 10        | 2         | Réplica 3: el globo estaba mal ajustado; se oía salir gas.   |
| 30 °C                    | 18        | 21        | 19        | Mucha espuma.                                                |
| 40 °C                    | 22        | 19        | 23        | Mucha espuma desde el minuto 5.                              |
| 50 °C                    | 6         | 4         | 9         | Mucha espuma al principio, que se detuvo hacia el minuto 10. |
| C- sin azúcar (30 °C)    | 0         | 0         | 1         | Alguna burbuja aislada.                                      |
| C- sin levadura (30 °C)  | 0         | 0         | 0         | Sin cambios.                                                 |
| C+ bicarbonato + vinagre | 25        | 26        | 24        | Se infla en menos de 1 min.                                  |

**Media** = suma de las réplicas ÷ número de réplicas. **Rango** = valor máximo – valor mínimo: es una medida sencilla de la **dispersión** (cuánto se separan las réplicas entre sí). Si dos medias están más cerca entre sí que lo que varían sus réplicas, la diferencia puede deberse al azar.

Fuente: Datos ilustrativos, coherentes con resultados escolares típicos. Úsalos si la práctica no puede realizarse o para comparar.

**F6 ¿Venden quemaduras los helados? Correlación y causalidad**

GRÁFICO



En 2012, el cardiólogo Franz Messerli publicó, medio en broma, que el consumo de chocolate por habitante de 23 países se correlacionaba con su número de premios Nobel por cada 10 millones de habitantes (coeficiente de correlación  $r = 0,79$ ). Una **correlación** indica que dos variables cambian juntas; no demuestra que una cause la otra. Puede haber una **variable de confusión** que influya en las dos (por ejemplo, la riqueza del país o, en el gráfico, la radiación solar y el calor), una causa inversa o una simple coincidencia. Un **experimento controlado** aporta una evidencia especialmente fuerte para establecer causalidad (aunque algunas relaciones causales se investigan con estudios observacionales cuando experimentar no es posible o ético).

Fuente: Gráfico: datos ilustrativos de una ciudad costera imaginaria (un punto por mes; sin rótulo: febrero y diciembre). Texto: Messerli, F. H. (2012), *New England Journal of Medicine*, 367, 1562-1564.

🔍 ¿Qué variable de confusión explica el gráfico? ¿Qué experimento (ético) haría falta para estudiar si una variable causa la otra?

## F7 Glosario de la investigación fiable

### GLOSARIO

|                               |                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Hipótesis contrastable</b> | Explicación provisional que permite predecir un resultado que podría no cumplirse. «Las plantas crecen por energía misteriosa» no es contrastable.                             |
| <b>Control negativo</b>       | Grupo en el que no se aplica el factor estudiado y no se espera efecto. Revela efectos debidos a otras causas.                                                                 |
| <b>Control positivo</b>       | Grupo en el que se sabe que el efecto debe aparecer. Comprueba que el método es capaz de detectarlo.                                                                           |
| <b>Réplica</b>                | Repetición independiente de cada tratamiento. Permite estimar la variabilidad y reduce el efecto del azar.                                                                     |
| <b>Aleatorización</b>         | Asignar al azar (por sorteo) qué individuo o posición recibe cada tratamiento, para no introducir diferencias sin querer.                                                      |
| <b>Medida a ciegas</b>        | Quien mide no sabe a qué tratamiento corresponde cada muestra; evita el sesgo del observador.                                                                                  |
| <b>Sesgo</b>                  | Error sistemático que empuja los resultados siempre en la misma dirección: de confirmación (ver lo que esperamos), de selección (muestras no representativas), del observador. |
| <b>Variable de confusión</b>  | Variable no controlada que influye a la vez en la causa supuesta y en el efecto.                                                                                               |
| <b>Dispersión</b>             | Grado en que se separan los datos de las réplicas. Se puede expresar con el rango (máximo – mínimo) o la desviación típica.                                                    |
| <b>Dato anómalo</b>           | Valor muy alejado del resto. No se borra: se anota, se busca la causa y se decide de forma justificada si se incluye en el análisis.                                           |
| <b>Trazabilidad</b>           | Posibilidad de reconstruir qué se hizo, cuándo y por qué, incluidos los cambios respecto al plan.                                                                              |
| <b>Revisión por pares</b>     | Evaluación de un trabajo por otras personas expertas antes de publicarlo; señalan errores y piden mejoras.                                                                     |
| <b>Reproducibilidad</b>       | Otro equipo, siguiendo el mismo método, obtiene resultados compatibles.                                                                                                        |

Fuente: Elaboración propia.



**F8** Integridad científica: Rosalind Franklin y la «Fotografía 51»

## ESTUDIO DE CASO

Rosalind Franklin (1920-1958) fue una química y cristalógrafa británica. En el King's College de Londres obtuvo, con el estudiante Raymond Gosling, imágenes de difracción de rayos X de fibras de ADN de una calidad excepcional. La más famosa, la «Fotografía 51» (mayo de 1952), mostraba un patrón en forma de X característico de una hélice. Sus cuadernos recogían además medidas precisas de la molécula.

A comienzos de 1953, su colega Maurice Wilkins mostró la imagen a James Watson sin el conocimiento de Franklin, y datos de un informe interno de su grupo llegaron también a Watson y Crick. Con esa información construyeron su modelo de doble hélice, publicado en Nature el 25 de abril de 1953, junto a otros dos artículos del King's College, uno de ellos firmado por Franklin y Gosling. El artículo de Watson y Crick no reconocía de forma clara cuánto dependía de los datos de Franklin.

Franklin murió en 1958, con 37 años. En 1962, Watson, Crick y Wilkins recibieron el Premio Nobel (que no se concede a título póstumo). Hoy su caso se estudia como ejemplo de la importancia de **citar** el trabajo ajeno, de la **propiedad intelectual** y de las barreras que sufrían las mujeres en la ciencia.

Fuente: Elaboración propia a partir de la documentación del King's College London y de los artículos originales publicados en Nature el 25 de abril de 1953.

🔍 ¿Qué normas de integridad científica no se respetaron? ¿Cómo debería citar vuestro artículo las ideas y datos de otras personas?

**F9** Anatomía de un artículo científico

## DATOS

| Apartado                    | Responde a...                                                                      | Error típico que hay que evitar                            |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Título                      | ¿De qué trata exactamente?                                                         | Título vago: «Experimento de levaduras».                   |
| Resumen (máx. 120 palabras) | Pregunta, método, resultado principal y conclusión en un párrafo.                  | Contar la historia del trabajo en lugar de los resultados. |
| Introducción                | ¿Qué se sabe ya (con fuentes citadas)? ¿Qué pregunta y qué hipótesis planteamos?   | Copiar textos sin citar.                                   |
| Material y métodos          | ¿Qué hicimos, con qué, cuántas réplicas y qué controles? Debe poder repetirse.     | Omitir cantidades, tiempos o controles.                    |
| Resultados                  | ¿Qué obtuvimos? Tablas y gráficas con unidades, sin opinar todavía.                | Mezclar datos con interpretaciones.                        |
| Discusión y conclusión      | ¿Apoyan los datos la hipótesis? ¿Con qué incertidumbre? ¿Qué sesgos y límites hay? | Afirmar más de lo que muestran los datos.                  |
| Referencias                 | ¿De dónde proceden las ideas y datos ajenos?                                       | Enlaces sueltos sin autor, título ni fecha.                |

Fuente: Elaboración propia a partir de la estructura IMRyD (Introducción, Métodos, Resultados y Discusión) de las revistas científicas.

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Usa F1 y el glosario (F7). Una pregunta investigable relaciona una variable que cambiamos con otra que podemos medir.

### 1 Diagnóstico inicial. Rodea la opción correcta.

Una hipótesis científica debe ser...

- ☐ verdadera    ☐ contrastable: podría resultar falsa    ☐ la opinión de la mayoría

Si dos variables aumentan a la vez...

- ☐ una causa la otra    ☐ están correlacionadas, pero no sabemos si hay causa    ☐ el experimento está mal hecho

Un control positivo sirve para...

- ☐ comprobar que el método puede detectar el efecto    ☐ obtener el resultado que queremos    ☐ sustituir a las réplicas

La media de 4, 6 y 11 es...

- ☐ 6    ☐ 7    ☐ 21

### 2 Valora cada pregunta. Si no es investigable en el aula, reescríbela para que lo sea.

| Pregunta                                                                                                | ¿Investigable? (Sí/No) y por qué | Versión mejorada |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------|
| ¿Es mejor la levadura fresca que la seca?                                                               |                                  |                  |
| ¿Influye la temperatura del agua en el volumen de CO <sub>2</sub> que producen las levaduras en 30 min? |                                  |                  |
| ¿Las plantas sienten dolor?                                                                             |                                  |                  |
| ¿Crecen más los rabanitos con música?                                                                   |                                  |                  |
| ¿Contienen más bacterias las mesas del aula que los móviles?                                            |                                  |                  |

### 3 Escribid la pregunta del equipo, la hipótesis y la predicción. Añadid qué resultado os obligaría a rechazar la hipótesis.

| Elemento                                            | Nuestra propuesta |
|-----------------------------------------------------|-------------------|
| Pregunta investigable                               |                   |
| Hipótesis (explicación + «porque...»)               |                   |
| Predicción (si..., entonces...)                     |                   |
| Resultado que nos obligaría a rechazar la hipótesis |                   |

Usa F2, F3, F6 y F7. Un buen diseño intenta demostrar que tu hipótesis es falsa... y no lo consigue.

- 1 Con F2, localiza cinco fallos del diseño A, el sesgo o problema que provoca cada uno y cómo lo resuelve el diseño B.

| Fallo del diseño A | Problema o sesgo que provoca | Solución del diseño B |
|--------------------|------------------------------|-----------------------|
|                    |                              |                       |
|                    |                              |                       |
|                    |                              |                       |
|                    |                              |                       |
|                    |                              |                       |

- 2 Relaciona cada situación con el tipo de sesgo o problema.

1 La investigadora mide «a ojo» y espera que gane su tratamiento.

2 Solo se encuesta a socios de un gimnasio para saber cuánto deporte hace la población.

3 Se pone una sola semilla por tratamiento.

4 Las placas tratadas están al sol y las de control a la sombra.

5 Se olvidan los datos que no encajan con la hipótesis.

a Sesgo de selección

b Variable de confusión

c Sesgo de confirmación

d Sesgo del observador

e Muestra insuficiente (sin réplicas)

- 3 En F3, explica qué pasaría con la interpretación si el control técnico positivo (bicarbonato + vinagre) NO hubiera inflado el globo. ¿Y si el control «solo azúcar» lo hubiera inflado?

---



---



---



---

- 4 Con F6: ¿qué variable de confusión explica la relación entre helados y quemaduras? Escribe un titular falso y uno correcto sobre estos datos.

---



---



---



---

Escribid un protocolo que otro equipo pueda repetir sin preguntaros nada. Podéis adaptar F4 o diseñar otro experimento aprobado por el docente.

### 1 Completad el diseño experimental.

| Elemento                                                        | En nuestra investigación |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Pregunta investigable                                           |                          |
| Variable independiente y sus niveles (con unidades)             |                          |
| Variable dependiente: qué medimos, con qué instrumento y cuándo |                          |
| Variables controladas (al menos 4, con su valor)                |                          |
| Control negativo y qué esperamos en él                          |                          |
| Control positivo y qué esperamos en él                          |                          |
| Número de réplicas por condición                                |                          |
| Cómo aleatorizamos o medimos a ciegas                           |                          |

### 2 Escribid el procedimiento en pasos numerados, con cantidades y tiempos.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

3

**Análisis de riesgos: marcad las medidas que aplicaréis y añadid las propias de vuestro experimento.**

- ☐ Gafas al mezclar o calentar líquidos
- ☐ Agua del baño a 50 °C como máximo; hervidor solo en manos del docente
- ☐ Nada se prueba ni se huele directamente
- ☐ Alergias comprobadas (látex, levadura)
- ☐ Derrames limpiados al momento
- ☐ Lavado de manos al terminar
- ☐ Otra: \_\_\_\_\_

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Un cuaderno honesto se escribe en el momento, con bolígrafo: lo que se tacha se tacha con una línea y sigue siendo legible.

**1 Registro de datos. Anotad la unidad en la cabecera y la hora de cada medida.**

| Condición (código) | Réplica 1 | Réplica 2 | Réplica 3 | Hora y temperatura real | Observaciones |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|-------------------------|---------------|
|                    |           |           |           |                         |               |
|                    |           |           |           |                         |               |
|                    |           |           |           |                         |               |
|                    |           |           |           |                         |               |
|                    |           |           |           |                         |               |
|                    |           |           |           |                         |               |
|                    |           |           |           |                         |               |
|                    |           |           |           |                         |               |

**2 Registro de cambios respecto al protocolo (trazabilidad).**

| Qué cambió | Por qué | Cómo puede afectar a los resultados |
|------------|---------|-------------------------------------|
|            |         |                                     |
|            |         |                                     |
|            |         |                                     |

**3 Si la práctica no ha podido hacerse o ha fallado, trabajad con F5. ¿Qué dato de F5 tiene una incidencia anotada? ¿Lo borraríais? Justificadlo.**

---



---



---

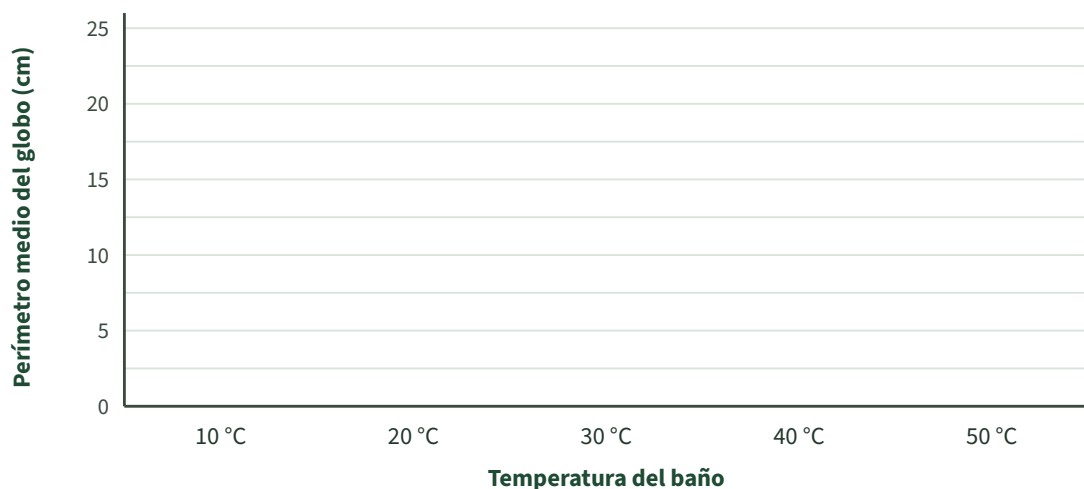


Trabaja con vuestros datos o con F5. Analizar es comparar lo que esperábamos con lo que ha salido, sin retocarlo.

- 1 Completa la tabla con los datos de F5 (redondea a una cifra decimal).

| Condición                  | Media (cm) | Rango (cm) | ¿Diferencia clara con el control negativo? |
|----------------------------|------------|------------|--------------------------------------------|
| 10 °C                      |            |            |                                            |
| 20 °C (con las 3 réplicas) |            |            |                                            |
| 20 °C (sin la réplica 3)   |            |            |                                            |
| 30 °C                      |            |            |                                            |
| 40 °C                      |            |            |                                            |
| 50 °C                      |            |            |                                            |
| C- sin azúcar              |            |            |                                            |
| C+ bicarbonato + vinagre   |            |            |                                            |

- 2 Representa las medias de los cinco tratamientos con un diagrama de barras. Dibuja sobre cada barra una línea vertical del valor mínimo al máximo (el rango).



- 3 Verdadero o falso. Corrige las falsas en tu cuaderno.

|                                                                                                     | V                        | F                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Como a 40 °C la media es la mayor, 40 °C es exactamente la temperatura óptima de la levadura.       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| La diferencia entre 30 °C y 40 °C es pequeña comparada con la dispersión de sus réplicas.           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| El control negativo «sin azúcar» indica que casi todo el gas procede de la fermentación del azúcar. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Medir el perímetro del globo es igual de preciso que medir el volumen de gas.                       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Si el resultado no confirma la hipótesis, el experimento ha fracasado.                              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

- 4 Redactad la conclusión en tres frases: qué apoyan los datos, con qué grado de seguridad y qué NO podemos afirmar.

---

---

---

---

---

## FICHA 6

## Revisión por pares

Sesión 6

Intercambiad borradores con otro equipo. Criticad el trabajo, no a las personas: cada comentario debe señalar dónde está el problema y proponer una mejora.

- 1 Lista de revisión del borrador del equipo \_\_\_\_\_.

- ☐ La hipótesis es contrastable y está escrita antes de los resultados
- ☐ El método se puede repetir (cantidades, tiempos, instrumentos)
- ☐ Hay control negativo y, si procede, control positivo
- ☐ Hay al menos tres réplicas por condición
- ☐ Se explica cómo se reducen los sesgos
- ☐ Los datos llevan unidades y se registran los cambios
- ☐ Las medias y rangos están bien calculados
- ☐ La conclusión no va más allá de los datos
- ☐ No se confunde correlación con causa
- ☐ Las fuentes están citadas

- 2 Escribid tres comentarios de revisión concretos.

| Apartado y línea | Problema detectado | Propuesta de mejora | Gravedad (menor/importante) |
|------------------|--------------------|---------------------|-----------------------------|
|                  |                    |                     |                             |
|                  |                    |                     |                             |
|                  |                    |                     |                             |

- 3 Respuesta de los autores (cuando recibáis vuestra revisión): ¿qué cambiáis y qué mantenéis? Justificad al menos un cambio de método o de conclusión.

---

---

---

---

---

Usa F9 y la plantilla del Anexo 4. Después, una evidencia individual.

- 1** Escribe el resumen del artículo (máximo 120 palabras): pregunta, método, resultado principal con números y conclusión.

---

---

---

---

---

---

---

---

- 2** Guion de la comunicación oral (3 minutos): tres ideas clave y la limitación más importante.

| Idea o dato | Apoyo visual (gráfica, foto, tabla) |
|-------------|-------------------------------------|
| 1.          |                                     |
| 2.          |                                     |
| 3.          |                                     |
| Limitación: |                                     |

- 3** Evidencia individual. Un anuncio dice: «Estudio científico: los alumnos que desayunan zumo de naranja SuperC sacan mejores notas. Se observó a 30 estudiantes durante una semana». Escribe tres preguntas que harías como revisor y explica qué diseño haría falta para comprobarlo.

---

---

---

---

---

---

---

---

**Plantilla del producto final**

SdA 1 · De una pregunta a una evidencia

ALUMNADO

Nombre:

Curso/grupo:

Fecha:

Artículo científico escolar (2-4 páginas en el documento definitivo). Este esquema muestra el orden y lo esencial de cada apartado.

**Título informativo, autores, centro y palabras clave**

El título incluye las dos variables.

**Resumen**

Máximo 120 palabras: pregunta, método, resultado y conclusión.

**1. Introducción**

Qué se sabe (con citas), pregunta, hipótesis y predicción.

**2. Material y métodos**

Variables, controles + y -, réplicas, aleatorización, seguridad.

**3. Resultados: tabla**

Medias y rangos con unidades.

**3. Resultados: gráfica**

Con título, ejes, unidades y rangos.

**4. Discusión y conclusión**

¿Apoyan los datos la hipótesis? ¿Con qué incertidumbre?

**5. Limitaciones, sesgos y mejoras**

Incluye los cambios tras la revisión por pares.

**Referencias**

Autor, año, título, fuente y enlace.

**Contribución de cada autor**

Quién hizo qué.

## Lista de cotejo para el proceso y la entrega

SdA 1 · De una pregunta a una evidencia

ALUMNADO

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Antes de entregar **Artículo científico escolar con resumen, pregunta, hipótesis, método, controles, datos, análisis, conclusión y limitaciones.**, comprueba cada punto y marca la casilla. Si alguno falla, todavía estás a tiempo de mejorarlo.

### Contenido del producto

- ☐ La hipótesis es contrastable y se acompaña de una predicción concreta; el resumen recoge pregunta, método y resultado.
- ☐ El método indica cantidades, tiempos, instrumentos y número de réplicas (al menos tres).
- ☐ Hay control negativo y, si procede, control positivo, y se explica qué comprueba cada uno.
- ☐ Se describe cómo se han reducido los sesgos (aleatorización, medida a ciegas, criterios fijados antes).
- ☐ Las medidas llevan unidades y se informa de los cambios respecto al protocolo y de los datos anómalos.
- ☐ Las medias y la dispersión (rango) están bien calculadas y la gráfica es adecuada.
- ☐ La conclusión responde a la pregunta, reconoce la incertidumbre y no confunde correlación con causa.
- ☐ Se han respondido los comentarios de la revisión por pares y se han seguido las normas de seguridad.

### Calidad y rigor

- ☐ He utilizado vocabulario específico de la materia y lo he explicado cuando era necesario.
- ☐ He apoyado mis afirmaciones con evidencias (datos, citas, mapas o ejemplos concretos).
- ☐ He citado o identificado todas las fuentes utilizadas.
- ☐ He revisado la ortografía, la presentación y el orden del producto.
- ☐ He incorporado las mejoras propuestas en la coevaluación o por el docente.

#### Lo que más me ha costado

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

#### Firma del equipo / fecha de entrega

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Rúbrica imprimible**

SdA 1 · De una pregunta a una evidencia

ALUMNADO · DOCENTE

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Rúbrica para valorar **Artículo científico escolar con resumen, pregunta, hipótesis, método, controles, datos, análisis, conclusión y limitaciones.** Marca el nivel alcanzado en cada indicador.

| Indicador                                     | NIVEL 4<br>Avanzado                                                                                                                                                                                                                | NIVEL 3<br>Adecuado                                                                                                                                          | NIVEL 2<br>En proceso                                                                                                                             | NIVEL 1<br>Inicial                                                                           | Nivel |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>Comprensión científica</b>                 | Rigurosa, conectada y con vocabulario preciso.                                                                                                                                                                                     | Correcta en lo esencial.                                                                                                                                     | Parcial o con alguna confusión.                                                                                                                   | Fragmentaria o con errores esenciales.                                                       |       |
| <b>Uso de evidencias</b>                      | Contrasta fuentes y usa evidencias concretas.                                                                                                                                                                                      | Aporta evidencias suficientes.                                                                                                                               | Evidencias escasas o descriptivas.                                                                                                                | Conclusiones sin evidencia suficiente.                                                       |       |
| <b>Solidez del diseño y control de sesgos</b> | Diseño con una sola variable independiente, controles positivo y negativo bien justificados, al menos tres réplicas, aleatorización o medida a ciegas, y sesgos posibles identificados y reducidos.                                | Diseño con variables y control negativo correctos y réplicas suficientes; menciona algún sesgo, aunque no siempre explica cómo lo reduce.                    | Diseño con controles incompletos o mal elegidos, pocas réplicas o alguna variable sin controlar; los sesgos apenas se mencionan.                  | Diseño sin control ni réplicas, con varias variables cambiando a la vez; no reconoce sesgos. |       |
| <b>Calidad del análisis de datos</b>          | Calcula medias y rangos sin errores, trata y explica los datos anómalos sin eliminarlos en silencio, representa con la gráfica adecuada y concluye con prudencia, distinguiendo correlación de causa y señalando la incertidumbre. | Calcula medias correctamente y la gráfica es adecuada; la conclusión responde a la pregunta con alguna generalización excesiva o sin comentar la dispersión. | Cálculos con errores o gráfica poco adecuada; la conclusión describe los datos, pero no los compara con la hipótesis ni comenta la incertidumbre. | No trata los datos o extrae conclusiones que los datos no sostienen.                         |       |
| <b>Comunicación y producto</b>                | Claro, preciso y responde plenamente al reto.                                                                                                                                                                                      | Claro y responde adecuadamente.                                                                                                                              | Cumple parcialmente o necesita mejorar.                                                                                                           | Incompleto o no responde al reto.                                                            |       |

**Observaciones del docente**


---



---



---

**Valoración global**


---



---



---

**Autoevaluación y coevaluación**

SdA 1 · De una pregunta a una evidencia

ALUMNADO

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

**Parte 1 · Autoevaluación**

| Afirmación                                                                                                     | Aún no                | Con ayuda             | Bien                  | Muy bien              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Sé diseñar un experimento con control negativo y positivo y explicar para qué sirve cada uno.                  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Sé calcular la media y el rango de unas réplicas y decidir si una diferencia es clara o puede deberse al azar. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| He cumplido mi rol y mis tareas dentro del equipo.                                                             | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| He escuchado y tenido en cuenta las ideas de los demás.                                                        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| He usado fuentes y evidencias para justificar mis ideas.                                                       | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| He revisado y mejorado mi trabajo a partir de la retroalimentación.                                            | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

**Dos aprendizajes que he logrado**


---



---



---

**Una dificultad que he tenido**


---



---



---

**Una mejora que haré la próxima vez**


---



---

**Parte 2 · Coevaluación de otro equipo****Equipo evaluado:** \_\_\_\_\_**Fortaleza 1**


---



---

**Fortaleza 2**


---



---

**Propuesta de mejora**


---



---



## Material de apoyo y refuerzo

SdA 1 · De una pregunta a una evidencia

ALUMNADO

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Analizarás un experimento ya realizado. Los apoyos te recuerdan los conceptos clave y te muestran un ejemplo resuelto.

### ⊗ Glosario visual

- **Tratamiento:** lo que cambiamos a propósito (p. ej., 0, 5 y 10 g/L de sal).
- **Control negativo:** sin el factor → no debe haber efecto.
- **Control positivo:** con un factor que seguro funciona → debe haber efecto.
- **Réplica:** repetir cada tratamiento (mínimo 3 veces).
- **Media:** sumo y divido entre el número de datos.  
**Rango:** mayor – menor.

### ⊗ Ejemplo modelado

Datos: 4, 5 y 6 semillas germinadas. **Media** =  $(4 + 5 + 6) \div 3 = 15 \div 3 = 5$ . **Rango** =  $6 - 4 = 2$ . Si otro tratamiento tiene media 5,3 y rango 3, la diferencia (0,3) es menor que el rango: **no podemos decir que sean distintos**.

- 1 Experimento: «Se pusieron 20 semillas de rabanito en placas regadas con 0 g/L (control), 5 g/L y 10 g/L de sal; 3 placas por tratamiento. A los 5 días se contaron las germinadas». Completa la hipótesis y la predicción.

Hipótesis: la sal \_\_\_\_\_ la germinación porque dificulta que la semilla absorba \_\_\_\_\_. Predicción: si la concentración de sal aumenta, el número de semillas germinadas \_\_\_\_\_.

- 2 Calcula las medias y los rangos (resultados reales del equipo).

| Tratamiento     | Placa 1 | Placa 2 | Placa 3 | Media | Rango |
|-----------------|---------|---------|---------|-------|-------|
| 0 g/L (control) | 18      | 19      | 17      |       |       |
| 5 g/L           | 15      | 13      | 14      |       |       |
| 10 g/L          | 6       | 9       | 6       |       |       |

- 3 Completa la conclusión.

Al aumentar la sal, la media de semillas germinadas \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_. La diferencia entre el control y 10 g/L es \_\_\_\_\_ (mayor/menor) que los rangos, así que los datos \_\_\_\_\_ (apoyan/no apoyan) la hipótesis. Una limitación es \_\_\_\_\_.

## Actividad de ampliación

SdA 1 · De una pregunta a una evidencia

ALUMNADO

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

 ¿Qué diseño es mejor? Una réplica mejorada

Dos laboratorios estudiaron la misma pregunta: ¿afecta la temperatura a la producción de CO<sub>2</sub> por las levaduras? Compararás sus diseños, calcularás una medida de dispersión más precisa (la desviación típica) y propondrás una réplica mejorada de vuestro propio experimento.

**A1** Dos diseños y sus resultados a 30 °C

DATOS

|                        | Laboratorio X                                 | Laboratorio Y                                                                |
|------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Medida                 | Perímetro del globo (cm) a los 30 min         | Volumen de gas recogido en una probeta invertida bajo agua (mL) a los 30 min |
| Réplicas               | 3                                             | 6                                                                            |
| Control de temperatura | Baño de agua revisado al principio y al final | Baño termostático ( $\pm 0,5$ °C)                                            |
| Medida a ciegas        | No                                            | Sí (botellas codificadas)                                                    |
| Datos a 30 °C          | 18 · 21 · 19                                  | 62 · 58 · 65 · 60 · 63 · 61                                                  |

Fuente: Diseños y datos ilustrativos creados para el aula.

 Pasos

- 1 Calcula la media y el rango de cada laboratorio a 30 °C.
- 2 Calcula la desviación típica del laboratorio Y: resta la media a cada dato, eleva al cuadrado, suma, divide entre el número de datos menos 1 y haz la raíz cuadrada (puedes usar la función DESVEST de una hoja de cálculo).
- 3 Compara: ¿qué diseño reduce más la incertidumbre y por qué? ¿Por qué no podemos comparar directamente 19 cm y 62 mL?
- 4 Propón una réplica mejorada de vuestro experimento: qué cambiarías, qué error reduce cada cambio y qué coste tiene.

**1** Cálculos.

| Laboratorio | Media | Rango | Desviación típica | Dispersión relativa (rango ÷ media) |
|-------------|-------|-------|-------------------|-------------------------------------|
| X           |       |       |                   |                                     |
| Y           |       |       |                   |                                     |

2

**Mi réplica mejorada.**

| Cambio propuesto | Error o sesgo que reduce | Coste o dificultad |
|------------------|--------------------------|--------------------|
|                  |                          |                    |
|                  |                          |                    |
|                  |                          |                    |
|                  |                          |                    |

 **Entrega**

Una página con los cálculos, la comparación razonada de los dos diseños y la propuesta de réplica mejorada, que podéis añadir como anexo del artículo.

 **Ficha 1**

1. Diagnóstico: b, b, a, b ( $21 \div 3 = 7$ ).
2. Levadura fresca/seca: no investigable tal cual («mejor» no es medible); mejora: ¿produce más  $\text{CO}_2$  en 30 min la levadura fresca que la seca, con la misma masa y temperatura? Temperatura y  $\text{CO}_2$ : sí, relaciona dos variables medibles. Dolor de las plantas: no investigable en el aula (concepto no medible directamente); mejora posible: ¿cambia la producción de etileno (u otra respuesta medible) de una planta tras un corte?, aunque requiere laboratorio especializado. Música: investigable con dificultad; mejora: ¿cambia la altura de los rabanitos a los 15 días con 2 h diarias de música a 60 dB frente a silencio? Bacterias: investigable con cultivos, pero requiere medidas de seguridad microbiológica; mejora: comparar número de colonias en placas cerradas, sin abrirlas, tras tomar muestras con hisopo, siempre supervisado.
3. Respuesta abierta. Debe existir un resultado concreto que refute la hipótesis (p. ej., «si a  $40^\circ\text{C}$  el globo no es mayor que a  $20^\circ\text{C}$ , rechazamos la hipótesis»).

 **Ficha 2**

1. Fallos del diseño A: cantidad de sal imprecisa (no reproducible; usar g/L con balanza); una sola placa y 5 semillas (azar, sin réplicas; 3 placas  $\times$  20 semillas); placas en lugares distintos (luz y temperatura como variables de confusión; misma bandeja y sorteo); mide quien espera el resultado y sin criterio (sesgo de confirmación y del observador; criterio de 2 mm y medida a ciegas); duración no fijada (se puede parar cuando «conviene»; 5 días fijos); solo se anota el resultado final (sin trazabilidad; registro diario); sin control positivo de la calidad de las semillas.
2. Relaciona: 1-sesgo del observador (también admite «de confirmación»); 2-sesgo de selección; 3-muestra insuficiente; 4-variable de confusión; 5-sesgo de confirmación.
3. Si el control técnico positivo no se inflara, el sistema de detección falla (globos que pierden gas, mal ajustados): ningún resultado sería fiable, ni siquiera los globos pequeños. Si «solo azúcar» se inflara, habría otra fuente de gas (contaminación con levaduras o bacterias, fugas de calor que dilatan el aire): el gas de los tratamientos no podría atribuirse solo a la levadura.
4. La variable de confusión es la radiación solar/el calor del verano, que aumenta tanto la venta de helados como las quemaduras. Titular falso: «Comer helado provoca quemaduras». Correcto: «En los meses de más sol aumentan a la vez la venta de helados y las quemaduras».

 **Ficha 3**

1. Ejemplo con F4: VI temperatura (10, 20, 30, 40,  $50^\circ\text{C}$ ); VD perímetro del globo a los 30 min (cm, cinta métrica); controladas: masa de levadura (7 g) y azúcar (10 g), volumen de agua (150 mL), tipo de botella y globo, tiempo; C– sin azúcar y sin levadura (no se espera gas); C+ bicarbonato + vinagre (se espera globo inflado); 3 réplicas; códigos en las botellas y medida por una persona que no conoce el código.
2. El procedimiento debe incluir cantidades, orden de adición, tiempo y forma de medir. Valorar que otro equipo pueda repetirlo.

 **Ficha 4**

1. La réplica 3 de  $20^\circ\text{C}$  (2 cm) tiene anotada una fuga. No se borra: se conserva en el cuaderno y se puede excluir del análisis justificándolo (causa técnica identificada), informando de ello en el artículo y mostrando el resultado con y sin ese dato.

### Ficha 5

1. Medias y rangos: 10 °C → 1,0 y 2; 20 °C con las 3 réplicas → 6,7 y 8; sin la réplica 3 → 9,0 y 2; 30 °C → 19,3 y 3; 40 °C → 21,3 y 4; 50 °C → 6,3 y 5; C- sin azúcar → 0,3 y 1; C+ → 25,0 y 2. Diferencia clara con el control negativo: sí en 20, 30, 40 y 50 °C y en C+; dudosa en 10 °C (1,0 frente a 0,3, con rangos de 2 y 1).
2. Gráfica: barras de 1,0 / 9,0 (o 6,7 indicando el criterio) / 19,3 / 21,3 / 6,3 cm, con líneas de rango 0-2, 8-10, 18-21, 19-23 y 4-9.
3. V/F: F (solo se probaron cinco temperaturas; el óptimo está entre 30 y 40 °C o cerca, sin poder precisarlo); V (2 cm de diferencia frente a rangos de 3 y 4); V; F (el perímetro no es proporcional al volumen y la elasticidad del globo varía); F (un resultado que refuta la hipótesis también aporta conocimiento).
4. Conclusión esperable: la producción de gas aumenta de 10 a 30-40 °C y cae a 50 °C (la espuma se detiene, lo que sugiere daño a las enzimas o a las células); no podemos distinguir entre 30 y 40 °C ni afirmar una temperatura óptima exacta; con 3 réplicas y una medida indirecta la incertidumbre es apreciable.

### Fichas 6 y 7

1. Revisión: valorar comentarios localizados, constructivos y con propuesta; la respuesta de los autores debe justificar los cambios con argumentos o datos.
2. Evidencia individual: preguntas posibles: ¿quién financia el estudio? ¿Había grupo de control sin zumo? ¿Cómo se eligieron los estudiantes? ¿Cómo se midieron las notas en una semana? ¿Se publicó con revisión por pares? Diseño: muchos estudiantes asignados al azar a zumo SuperC, otro zumo o placebo indistinguible, durante un periodo largo, con evaluación a ciegas y análisis de otras variables (sueño, desayuno completo, nivel previo).

### Refuerzo

1. Hipótesis: reduce; agua. Predicción: disminuye.
2. Medias y rangos: 0 g/L → 18,0 y 2; 5 g/L → 14,0 y 2; 10 g/L → 7,0 y 3.
3. Conclusión: disminuye; 18; 7; mayor; apoyan. Limitación: pocas placas, una sola especie, solo 5 días...

### Ampliación

1. X: media 19,3 cm; rango 3; desviación típica ≈ 1,5; rango/media ≈ 0,16. Y: media 61,5 mL; rango 7; desviación típica ≈ 2,4; rango/media ≈ 0,11.
2. Y reduce más la incertidumbre: más réplicas, temperatura más estable, medida directa del volumen y a ciegas. No se comparan 19 cm y 62 mL porque son magnitudes y unidades distintas; por eso se usa la dispersión relativa.

**⚠ Errores frecuentes**

- Confundir el control negativo (sin efecto esperado) con el positivo (efecto seguro), o pensar que el grupo control es «el que sale peor».
- Cambiar varias variables a la vez o dejar variables de confusión (lugar, luz, persona que mide).
- Borrar los datos anómalos en lugar de anotarlos y justificar su tratamiento.
- Sacar conclusiones de diferencias menores que la dispersión de las réplicas.
- Interpretar una correlación como prueba de causa.
- Copiar ideas o imágenes sin citar la fuente.

**⚖ Criterios para valorar respuestas abiertas**

- Valorar la coherencia entre pregunta, hipótesis, controles, análisis y conclusión por encima de que la hipótesis se confirme.
- Premiar la honestidad: reconocer incertidumbre, errores y cambios de plan es un rasgo de calidad científica.
- En la revisión por pares, valorar comentarios concretos, respetuosos y con propuesta de mejora.
- Seguridad: comprobar alergias (látex), limitar el agua a 50 °C, gafas con vinagre y bicarbonato y supervisión docente del hervidor. Si no hay laboratorio, usar F5 como datos de respaldo.

# 02

## SITUACIÓN DE APRENDIZAJE

# El paisaje es un libro abierto

### PREGUNTA GUÍA

**?** ¿Cómo podemos reconstruir una historia de millones de años a partir de un corte geológico?



**CURSO / NIVEL**  
4.º ESO



**SESIONES**  
8 sesiones · 1.º trimestre



**COMPETENCIAS ESPECÍFICAS**  
CE1, CE4, CE6



**BLOQUES DE SABERES**  
B · Geología · A · Proyecto científico



**PRODUCTO FINAL**  
Dossier de historia geológica con cortes interpretados, secuencias temporales y explicación del relieve actual.



**CRITERIOS DE EVALUACIÓN**  
1.1, 1.2, 1.3, 4.1, 4.2, 6.1



## Contexto, reto y sentido

Los paisajes conservan relaciones entre estratos, fallas, intrusiones, erosión y fósiles. La situación convierte los principios geológicos en una investigación temporal.

### 🎯 Reto

Reconstruir la secuencia de acontecimientos de varios cortes y elaborar la historia geológica razonada de un paisaje.

### 📦 Producto final

Dossier de historia geológica con cortes interpretados, secuencias temporales y explicación del relieve actual.

## Vinculación curricular

### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS Y DESCRIPTORES DEL PERFIL DE SALIDA

#### CE1

Interpretar y transmitir información y datos científicos, argumentando sobre ellos y utilizando diferentes formatos, para analizar conceptos y procesos de las ciencias biológicas y geológicas.

CCL1

CCL2

CCL5

STEM4

CD2

CD3

CCEC4

#### CE4

Utilizar el razonamiento y el pensamiento computacional, analizando críticamente las respuestas y soluciones y reformulando el procedimiento, si fuera necesario, para resolver problemas o dar explicación a procesos de la vida cotidiana relacionados con la biología y la geología.

STEM1

STEM2

CD5

CPSAA5

CE1

CE3

CCEC4

#### CE6

Analizar los elementos de un paisaje concreto valorándolo como patrimonio natural y utilizando conocimientos sobre geología y ciencias de la Tierra para explicar su historia geológica, proponer acciones encaminadas a su protección e identificar posibles riesgos naturales.

STEM1

STEM2

STEM4

STEM5

CD1

CC4

CE1

CCEC1

### Criterios de evaluación seleccionados

#### 1.1

Analizar conceptos y procesos biológicos y geológicos interpretando información en diferentes formatos, manteniendo una actitud crítica, obteniendo conclusiones y formando opiniones propias fundamentadas.

#### 1.2

Transmitir opiniones propias fundamentadas e información sobre Biología y Geología de forma clara y rigurosa, facilitando su comprensión y análisis mediante el uso de la terminología y el formato adecuados.

#### 1.3

Analizar y explicar fenómenos biológicos y geológicos representándolos mediante el diseño y la realización de modelos y diagramas y utilizando, cuando sea necesario, los pasos del diseño de ingeniería.

#### 4.1

Resolver problemas o dar explicación a procesos biológicos o geológicos utilizando conocimientos, datos e información, razonamiento lógico, pensamiento computacional o recursos digitales.

#### 4.2

Analizar críticamente la solución a un problema, cambiando los procedimientos utilizados o las conclusiones si no fuese viable o ante nuevos datos.

#### 6.1

Deducir y explicar la historia geológica de un relieve identificando sus elementos más relevantes a partir de cortes, mapas u otros sistemas de información geológica y utilizando principios geológicos básicos y teorías relevantes.



## Saberes básicos prioritarios

### B

#### Geología

- Relieve y paisaje: diferencias, importancia como recursos y factores que intervienen en su formación y modelado.
- Estructura y dinámica de la geosfera. Métodos de estudio.
- Los efectos globales de la dinámica de la geosfera desde la perspectiva de la tectónica de placas.
- Los cortes geológicos: interpretación y trazado de la historia geológica mediante principios de estudio de la historia de la Tierra.

### A

#### Proyecto científico

- Respuesta a cuestiones científicas mediante la experimentación y el trabajo de campo.
- Modelado para la representación y comprensión de procesos o elementos de la naturaleza.



## Objetivos didácticos

- ✓ Aplicar horizontalidad, superposición, intersección y sucesión faunística.
- ✓ Distinguir edad relativa de edad absoluta.
- ✓ Interpretar cortes geológicos y ordenar eventos.
- ✓ Relacionar procesos internos y externos con el relieve.
- ✓ Explicar incertidumbres cuando faltan evidencias.



## Metodología y papel docente

### 🔗 Enfoque metodológico

Aprendizaje basado en retos e indagación guiada, combinando interpretación de información, modelado, experimentación o trabajo de campo cuando procede, resolución de problemas, cooperación y comunicación científica.

### 🎓 Papel del docente

- Presenta el reto.
- Modela procedimientos.
- Garantiza la seguridad.
- Aporta fuentes graduadas.
- Observa.
- Retroalimenta.
- Ayuda a distinguir evidencia.
- Inferencia y opinión.



## Secuencia de sesiones y actividades

- 📍 Cada sesión genera una **evidencia** que se recoge en las fichas del Anexo 3. En las prácticas, el docente garantiza la seguridad y modela el procedimiento antes de que lo realice el alumnado.

1

## SESIÓN 1

**Leer antes de fechar**

Identificación de estratos, fallas, pliegues, intrusiones y superficies de erosión.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Glosario visual

2

## SESIÓN 2

**Principios como reglas de inferencia**

Aplicación guiada de superposición, horizontalidad e intersección.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Problemas de edad relativa

3

## SESIÓN 3

**Fósiles y correlación**

Uso de fósiles guía educativos para correlacionar columnas.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Correlación estratigráfica

4

## SESIÓN 4

**Cortes con historia**

Resolución en parejas de cortes de dificultad creciente.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Secuencias de eventos

5

## SESIÓN 5

**Del corte al paisaje**

Relación entre materiales, procesos y formas de relieve mediante fotografías.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Comentario de paisaje

6

## SESIÓN 6

**Un caso incompleto**

Corte con evidencia ambigua; dos historias posibles y dato que permitiría decidir.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Hipótesis alternativas

7

## SESIÓN 7

**Construimos el dossier**

Redacción de historia geológica y línea temporal relativa.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Borrador

8

## SESIÓN 8

**Defensa geológica**

Presentación y resolución individual de un corte nuevo.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Dossier final

## Recursos, interdisciplinariedad y transversalidad

### Recursos

Cortes geológicos graduados

Columnas estratigráficas

Fotografías reales de afloramientos

Tarjetas de principios geológicos

Modelos de pliegues/fallas

### Interdisciplinariedad

Matemáticas, Geografía y Educación Plástica/Tecnología.

### Elementos transversales

Patrimonio geológico, pensamiento temporal profundo y respeto por evidencias.

### Alternativa sin dispositivos

Sustituir herramientas digitales por dosieres impresos y datos preparados. Las prácticas no disponibles pueden convertirse en demostraciones, simulaciones o análisis de datos ya recogidos, manteniendo el razonamiento científico.

## DUA y atención a la diversidad

### Implicación

Metas visibles, elección de formato cuando el criterio lo permita, hitos cortos, roles cooperativos y retroalimentación frecuente.

### Representación

Texto, fotografía, esquema, modelo, tabla, gráfica, demostración y glosario visual; ejemplos resueltos y materiales de distinta complejidad.

### Acción y expresión

Informe, modelo, exposición, audio o producto visual cuando sea compatible con el criterio; organizadores y listas de cotejo.

### Medidas específicas en esta SdA

Cortes coloreados; pasos numerados; piezas manipulativas; menor número de eventos; explicación oral alternativa.

### Refuerzo Anexo 8

Cortes de 4-5 eventos con pistas de principios ya indicadas.

### Ampliación Anexo 9

Interpretar un corte real simplificado de una zona cercana o trabajar discordancias y datación absoluta de forma divulgativa.

## Evaluación

Evaluación continua y formativa: diagnóstico inicial, evidencias durante el proceso, revisión de borradores y valoración final del producto más una evidencia individual. La ponderación debe adaptarse a la normativa autonómica y a los acuerdos del departamento.

**FASE 1**  
**Inicial**

Diagnóstico de ideas previas con la primera ficha del Anexo 3 y la ficha de lanzamiento (Anexo 1).

**FASE 2**  
**Formativa**

Evidencias de cada sesión, revisión de borradores y retroalimentación con la lista de cotejo (Anexo 5).

**FASE 3**  
**Final**

Valoración del producto con la rúbrica (Anexo 6) más una evidencia individual y la reflexión del Anexo 7.

**Criterios, evidencias e instrumentos**

| Criterio | Evidencia principal                                                                                                                                                      | Instrumento                                                   |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 1.1      | Interpretación de los cortes A y B, de las columnas estratigráficas y de la tabla de isótopos para extraer información sobre el orden y la edad de los materiales.       | Fichas 2, 3 y 4 / rúbrica y lista de cotejo                   |
| 1.2      | Historia geológica escrita en el dossier con conectores temporales y terminología precisa (estrato, discordancia, intrusión, edad relativa, edad absoluta, hiato).       | Dossier final (Anexo 4) y Ficha 7 / rúbrica y lista de cotejo |
| 1.3      | Cortes interpretados y rotulados, croquis de tres etapas del corte B y línea temporal relativa elaborados como modelo de la historia de un paisaje.                      | Fichas 4 y 7 y dossier final / rúbrica y lista de cotejo      |
| 4.1      | Resolución razonada de la secuencia de eventos de los cortes A, B y E aplicando superposición, horizontalidad original, intersección y fósiles guía.                     | Fichas 2, 4 y 8 / escala de valoración                        |
| 4.2      | Revisión de la interpretación ante nuevos datos: dos historias posibles en el caso del granito (corte D) y elección razonada cuando se conoce el dato de campo decisivo. | Ficha 6 «Un caso incompleto» / escala de valoración           |
| 6.1      | Explicación de la historia geológica del Sistema Central y de un corte nuevo relacionando materiales, procesos internos y externos y formas del relieve.                 | Fichas 5 y 8 y dossier final / rúbrica geológica              |

 **Autoevaluación y coevaluación**

Anexo 7

El alumnado valora sus aprendizajes, dificultades y aportación al equipo, y revisa el producto de otro equipo con la lista de cotejo antes de la entrega final.

 **Rúbrica del producto final**

| Indicador                                           | NIVEL 4<br>Avanzado                                                                                                                                                                            | NIVEL 3<br>Adecuado                                                                                                                            | NIVEL 2<br>En proceso                                                                                                                | NIVEL 1<br>Inicial                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Comprensión científica</b>                       | Rigurosa, conectada y con vocabulario preciso.                                                                                                                                                 | Correcta en lo esencial.                                                                                                                       | Parcial o con alguna confusión.                                                                                                      | Fragmentaria o con errores esenciales.                                                                              |
| <b>Uso de evidencias</b>                            | Contrasta fuentes y usa evidencias concretas.                                                                                                                                                  | Aporta evidencias suficientes.                                                                                                                 | Evidencias escasas o descriptivas.                                                                                                   | Conclusiones sin evidencia suficiente.                                                                              |
| <b>Aplicación correcta de principios geológicos</b> | Aplica sin ayuda superposición, horizontalidad original, intersección y fósiles guía; cita el principio que justifica cada relación de edad y distingue con claridad edad relativa y absoluta. | Aplica correctamente los principios en casi todas las relaciones; justifica con algún descuido (olvida citar el principio en alguna de ellas). | Aplica los principios de forma parcial: confunde alguna relación (p. ej., lo que corta con lo cortado) o necesita pistas frecuentes. | No aplica los principios o los invierte (lo de arriba más antiguo, el dique anterior a los estratos que atraviesa). |

| Indicador                                    | NIVEL 4<br>Avanzado                                                                                                                                                  | NIVEL 3<br>Adecuado                                                                                                           | NIVEL 2<br>En proceso                                                                                 | NIVEL 1<br>Inicial                                                     |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| <b>Coherencia de la secuencia de eventos</b> | Secuencia completa y sin contradicciones, con discordancias, intrusiones y fallas bien situadas; señala los hiatos, las incertidumbres y el dato que las resolvería. | Secuencia correcta en lo esencial; falta algún evento (p. ej., la erosión de la discordancia) o no señala las incertidumbres. | Secuencia con uno o dos eventos mal ordenados o con saltos sin justificar; omite alguna discordancia. | Secuencia desordenada o que se contradice con lo que muestra el corte. |
| <b>Comunicación y producto</b>               | Claro, preciso y responde plenamente al reto.                                                                                                                        | Claro y responde adecuadamente.                                                                                               | Cumple parcialmente o necesita mejorar.                                                               | Incompleto o no responde al reto.                                      |



## Variantes de aplicación

### ↗ Versión abreviada

Trabajar con fuentes/datos cerrados y un producto de una página o modelo único.

### ↖ Versión ampliada

Añadir laboratorio/campo, comparación de casos, mayor tratamiento de datos y una fase pública de comunicación científica.

## Ficha de lanzamiento del reto

SdA 2 · El paisaje es un libro abierto

ALUMNADO

En el talud de una carretera la roca parece un pastel de capas: unas claras, otras oscuras, alguna partida por una grieta y, entre ellas, una línea irregular que lo corta todo. Nadie estuvo allí para verlo y, sin embargo, la roca lo cuenta. En la Sierra de Guadarrama hay granitos de hace unos 300 millones de años, y en el borde norte de la sierra aparecen calizas marinas de hace unos 90 millones de años: el mar llegó a cubrir lo que hoy es una montaña. Vuestro reto es leer cortes geológicos como si fueran páginas de un libro, ordenar los acontecimientos y escribir la historia de un paisaje, diciendo también qué no podemos saber.

### “ ¿Cómo podemos reconstruir una historia de millones de años a partir de un corte geológico? ”

#### 🎯 Vuestro reto

Reconstruir la secuencia de acontecimientos de varios cortes y elaborar la historia geológica razonada de un paisaje.

#### 📁 Lo que vais a producir

Dossier de historia geológica con cortes interpretados, secuencias temporales y explicación del relieve actual.

#### 📍 Hoja de ruta · 8 sesiones

- 1 Leemos antes de fechar: identificamos estratos, pliegues, fallas, intrusiones y discordancias.
- 2 Aplicamos superposición, horizontalidad original e intersección para ordenar acontecimientos y distinguimos edad relativa y absoluta.
- 3 Usamos fósiles guía para correlacionar columnas y situar las rocas en la escala del tiempo geológico.
- 4 Resolvemos cortes de dificultad creciente y escribimos su secuencia de eventos.
- 5 Pasamos del corte al paisaje: ¿qué materiales y procesos explican el relieve del Sistema Central?
- 6 Analizamos un caso incompleto: dos historias posibles y el dato que permitiría decidir.
- 7 Construimos el dossier: historia geológica razonada y línea temporal.
- 8 Defendemos el dossier y resolvemos individualmente un corte nuevo.

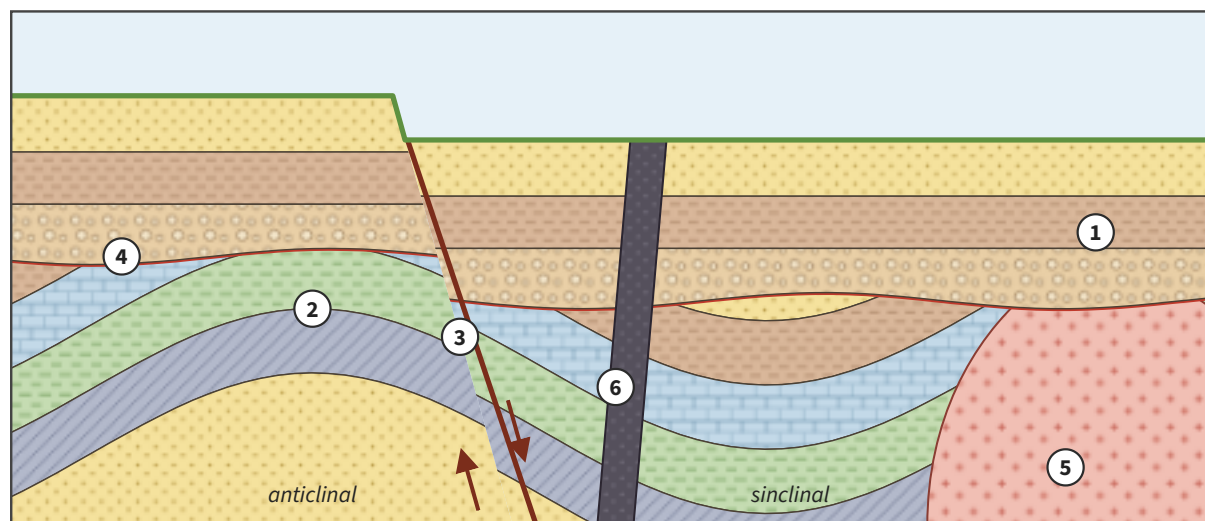
#### 📖 Al terminar seré capaz de...

- ✓ Aplicar horizontalidad, superposición, intersección y sucesión faunística.
- ✓ Distinguir edad relativa de edad absoluta.
- ✓ Interpretar cortes geológicos y ordenar eventos.
- ✓ Relacionar procesos internos y externos con el relieve.
- ✓ Explicar incertidumbres cuando faltan evidencias.

#### 📝 ¿Cómo me evaluarán?

Con la rúbrica del producto final (Anexo 6), la lista de cotejo (Anexo 5) y una reflexión personal (Anexo 7). ¡Revisadlas antes de empezar!

Material base para leer cortes geológicos: elementos, principios, cortes graduados, fósiles guía, escala del tiempo geológico, datación radiométrica y el caso real del Sistema Central.

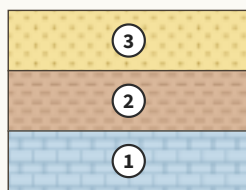
**F1 Anatomía de un corte geológico**
**ESQUEMA**


|          |          |         |              |        |
|----------|----------|---------|--------------|--------|
| Arenisca | Arcillas | Caliza  | Conglomerado | Margas |
| Pizarras | Granito  | Basalto | Discordancia |        |

**1 Estratos · 2 Pliegue · 3 Falla · 4 Discordancia · 5 Intrusión (plutón) · 6 Intrusión (dique)**

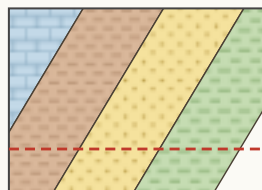
Fuente: Esquema de elaboración propia. Corte ilustrativo, no corresponde a un lugar real.

- Q 1 Estratos: capas de roca sedimentaria separadas por planos de estratificación. 2 Pliegue: estratos deformados sin romperse; anticlinal (en arco, con lo más antiguo en el núcleo) y sinclinal (en cubeta, con lo más moderno en el núcleo). 3 Falla: fractura con desplazamiento de los bloques; en una falla normal baja el bloque de techo. 4 Discordancia: superficie de erosión que separa materiales de edades muy distintas; es angular si los estratos de abajo están inclinados o plegados y los de arriba son horizontales. 5 Plutón: masa de roca ígnea (granito) que cristalizó bajo tierra. 6 Dique: magma que se abrió paso cortando los estratos y se solidificó.

**F2 Cuatro reglas para leer el orden de los sucesos****ESQUEMA****1. Superposición de estratos**

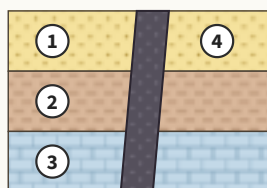
1 = el más antiguo · 3 = el más moderno

En una serie sin deformar, cada estrato es más moderno que el de abajo y más antiguo que el de arriba.

**2. Horizontalidad original**

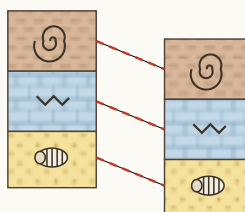
--- horizontal original

Los sedimentos se depositan en capas casi horizontales. Si hoy están inclinados o plegados, la deformación es posterior.

**3. Intersección**

Orden: 3 → 2 → 1 → dique (4)

Lo que corta es más moderno que lo cortado: el dique (o la falla) es posterior a los estratos que atraviesa.

**4. Sucesión faunística**

Dos lugares, mismos fósiles guía

Los seres vivos cambian con el tiempo. Estratos con los mismos fósiles guía son de la misma edad, aunque estén lejos.

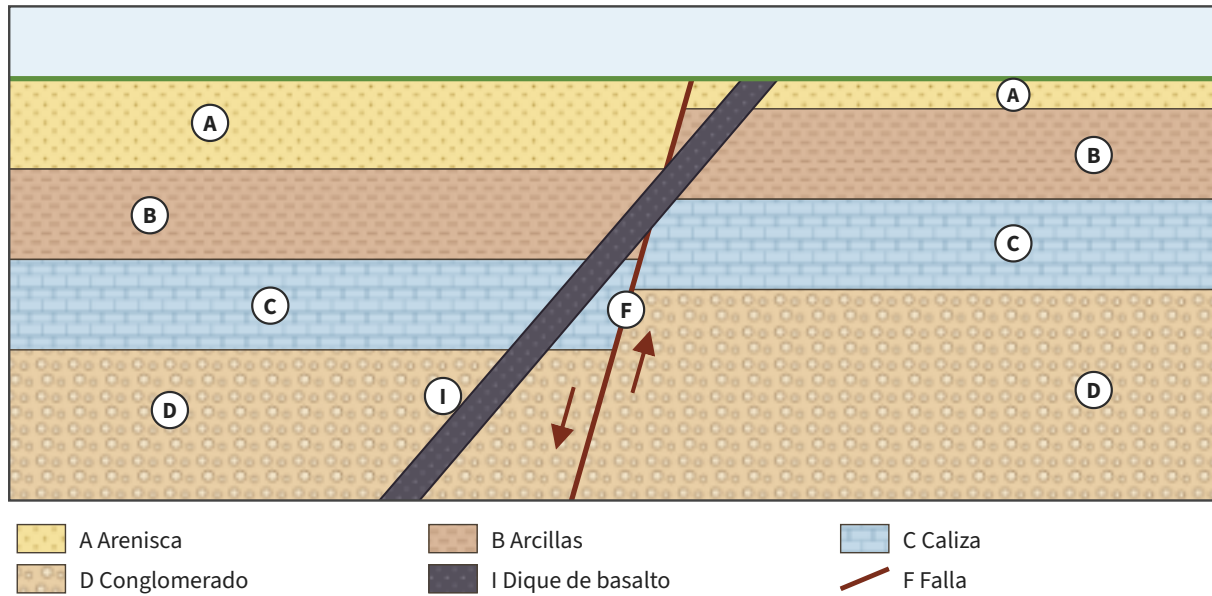
Fuente: Esquemas de elaboración propia a partir de los principios estratigráficos clásicos (Steno, Hutton, Smith).

- 🔍 Son reglas de inferencia, no verdades absolutas. Si los estratos han sido volcados por un empuje tectónico, la superposición se aplica al orden original (techo y muro de cada capa): hay que buscar más indicios. Otra regla útil: los fragmentos (cantos) incluidos en una roca son más antiguos que ella.



**F3 Corte A: estratos, falla y dique**

ESQUEMA

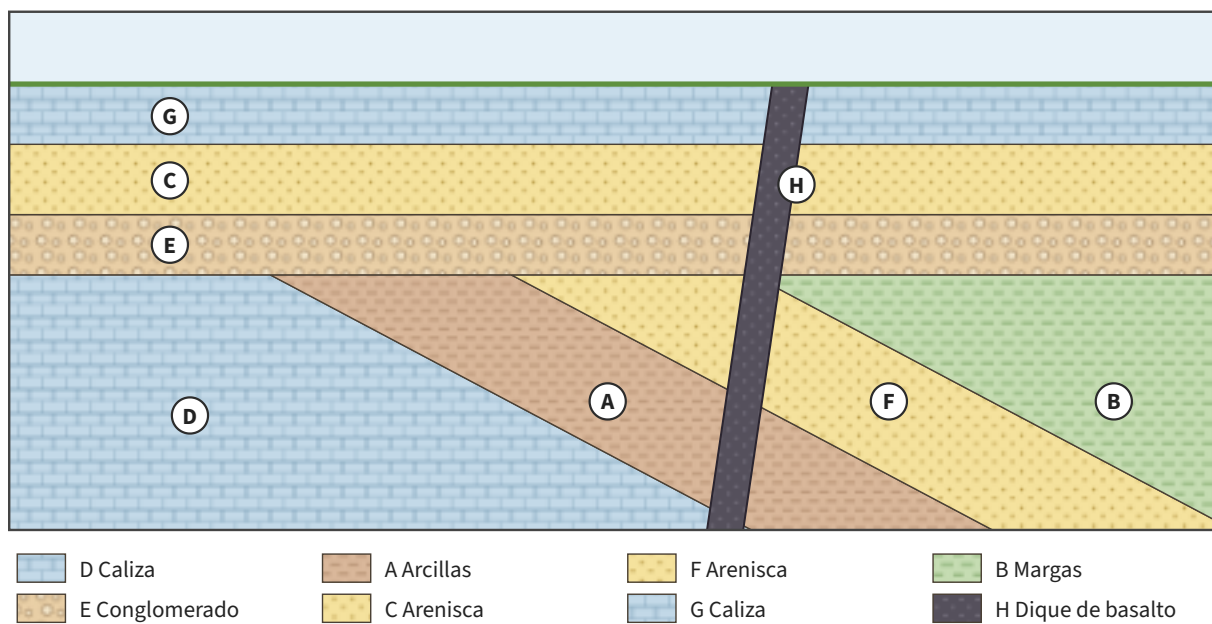


Fuente: Corte ilustrativo de elaboración propia.

Q Corte de nivel inicial: ordena los acontecimientos de más antiguo a más moderno (Ficha 2).

**F4 Corte B: estratos inclinados, discordancia y dique**

ESQUEMA

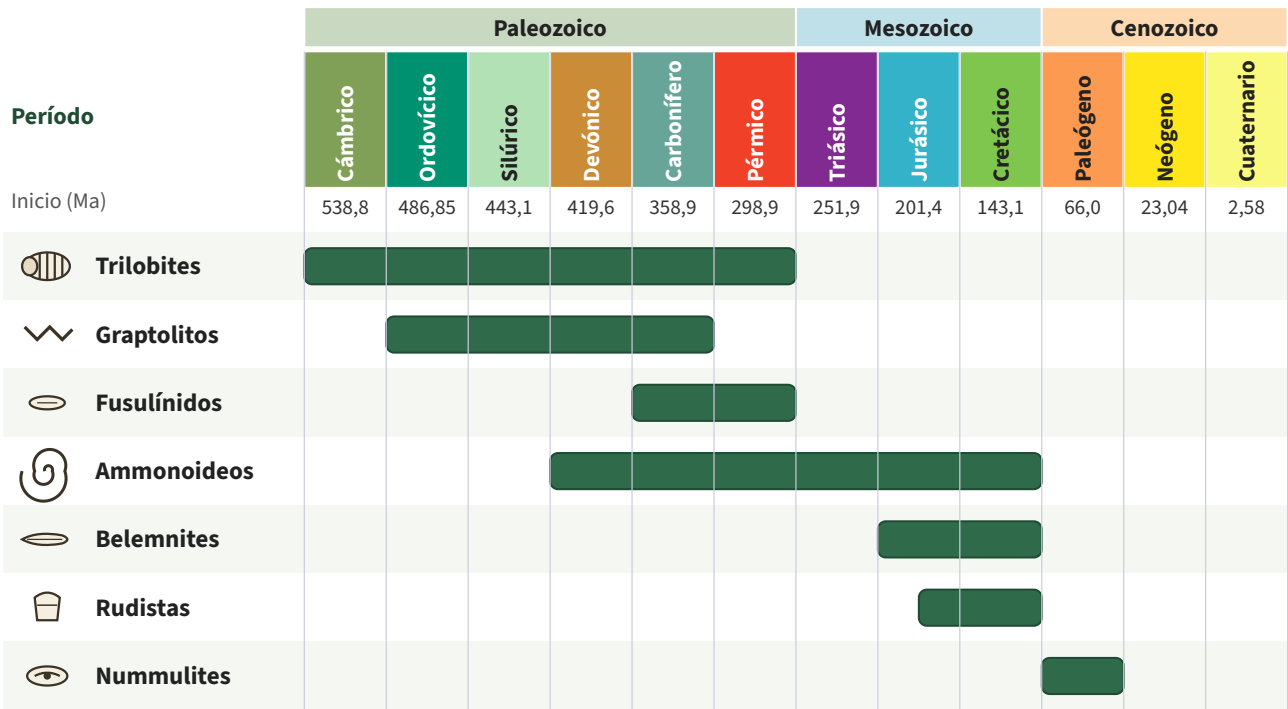


Fuente: Corte ilustrativo de elaboración propia. Las letras de los estratos no siguen el orden de edad.

Q Corte de nivel intermedio: la superficie que separa los estratos inclinados de los horizontales es una pista importante (Ficha 4).

F5 Fósiles guía y su alcance en el tiempo

ESQUEMA



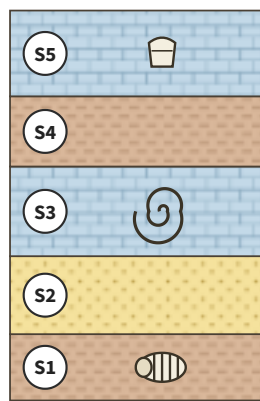
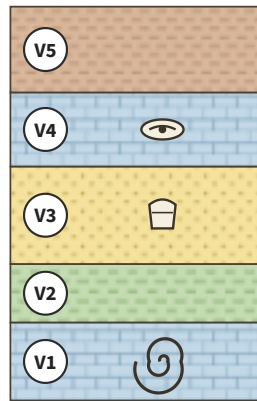
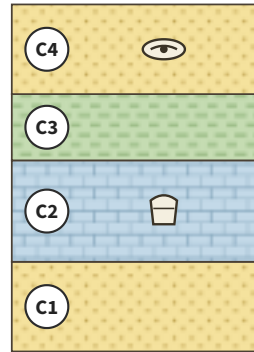
Columnas de igual ancho (no están a escala temporal). Barras: intervalo de abundancia, aproximado.  
Fechas de inicio de cada período: Comisión Internacional de Estratigrafía (ICS), versión 2024/12.

Fuente: Elaboración propia a partir de la escala cronoestratigráfica internacional de la ICS (versión 2024/12) y de los intervalos de abundancia de cada grupo. Rangos aproximados y simplificados.

Un buen fósil guía vivió poco tiempo, fue abundante y se extendió por zonas muy amplias. Cuanto más corto es el intervalo, más preciso es el dato.

**F6 Tres columnas estratigráficas para correlacionar**

ESQUEMA

**Sierra (S)****Valle (V)****Cerro (C)****Fósiles guía****T Trilobites**  
Paleozoico**A Ammonites**  
Jurásico**R Rudistas**  
Cretácico**N Nummulites**  
Eoceno (Paleógeno)

Arenisca



Arcillas



Caliza



Margas

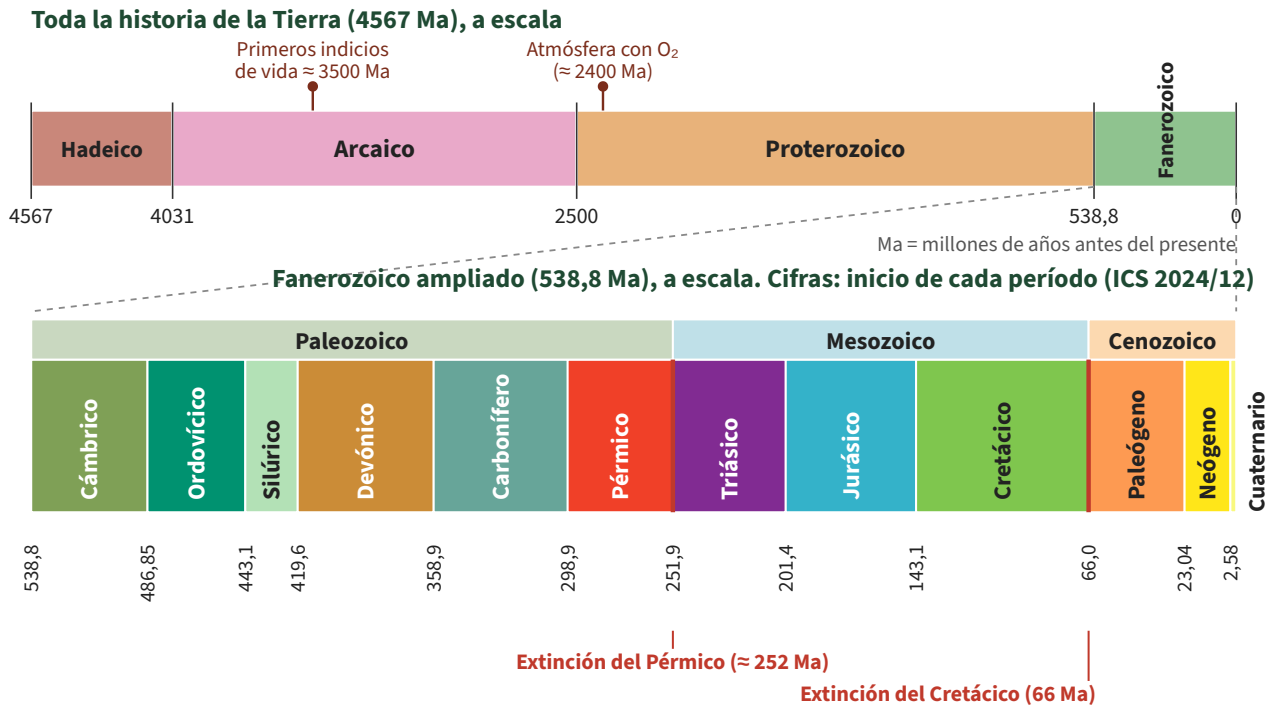
En cada columna, los estratos más jóvenes están arriba.

Fuente: Columnas ilustrativas creadas para el aula. Los fósiles guía y sus edades son reales (F5); se simplifica suponiendo que cada fósil corresponde a un único período.

🔍 La litología (arenisca, caliza...) se repite en edades distintas: no sirve por sí sola para correlacionar.

F7 La escala del tiempo geológico

ESQUEMA



Fuente: Elaboración propia a partir de la Tabla Cronoestratigráfica Internacional de la ICS (versión 2024/12). El Hadeico es una denominación informal.

Ma = millones de años antes del presente. El Fanerozoico, donde se concentra casi todo el registro fósil, ocupa menos del 12 % de la historia de la Tierra.

F8 Relojes de roca: la datación radiométrica

DATOS

| Isótopo padre | Isótopo hijo | Período de semidesintegración | Útil para fechar                      | Material típico                                       |
|---------------|--------------|-------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Carbono-14    | Nitrógeno-14 | 5730 años                     | Hasta unos 50 000 años                | Madera, huesos, conchas, carbón                       |
| Potasio-40    | Argón-40     | 1250 Ma                       | Desde miles de años hasta miles de Ma | Rocas volcánicas y minerales como micas y feldespatos |
| Uranio-238    | Plomo-206    | 4468 Ma                       | Millones a miles de Ma                | Circones de rocas ígneas, cenizas volcánicas          |
| Rubidio-87    | Estroncio-87 | Unos 49 000 Ma                | Rocas muy antiguas                    | Rocas ígneas y metamórficas                           |

Al cristalizar un magma, el isótopo padre empieza a desintegrarse a un ritmo constante. Tras **un** periodo de semidesintegración queda el 50 % del padre; tras **dos**, el 25 %; tras **tres**, el 12,5 %... Midiendo la proporción padre/hijo se calcula cuántos periodos han pasado y se obtiene una edad absoluta, en años. Las rocas sedimentarias casi nunca se datan directamente: se acotan con rocas ígneas (cenizas, coladas de lava, diques) que las cortan o las cubren.

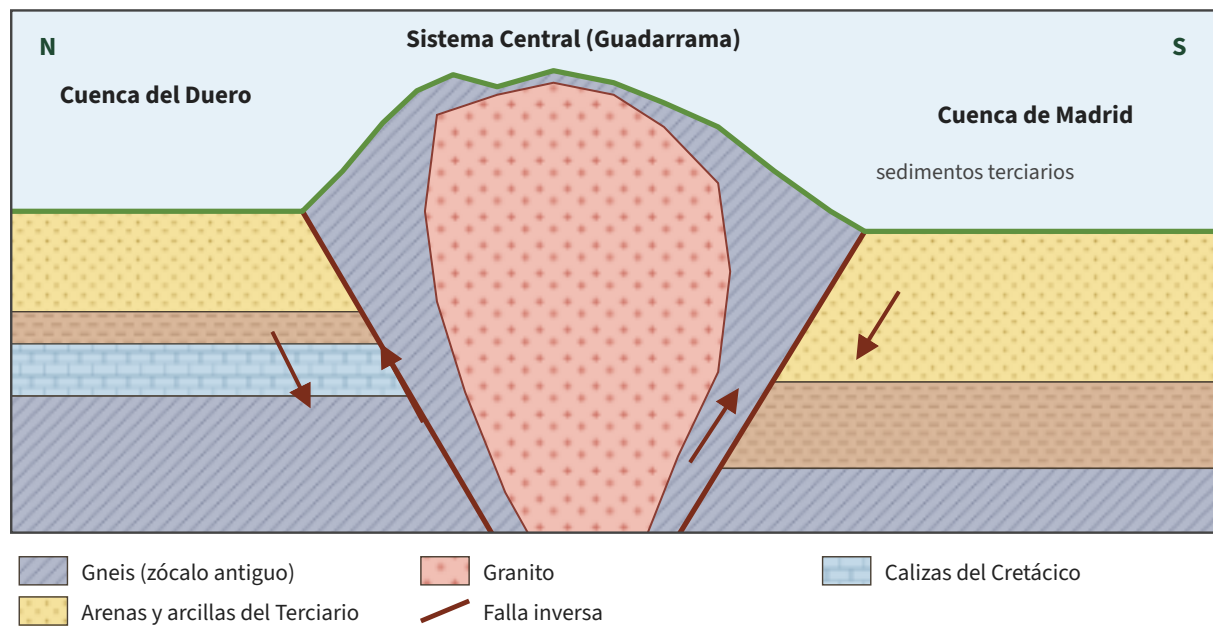
Fuente: Elaboración propia a partir de valores redondeados de uso habitual en geocronología (USGS, ICS).

**F9 Historia geológica del Sistema Central (Guadarrama)**

DATOS

| Cuándo (aprox.)                                              | Qué ocurrió                                                                                                                                                                       | Qué huella o evidencia deja                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Neoproterozoico - Ordovícico (hace más de 480 Ma)</b>     | Se acumulan sedimentos y se forman granitos antiguos que serán el zócalo de la sierra.                                                                                            | Los gneises actuales proceden de rocas sedimentarias y graníticas transformadas por presión y temperatura.                         |
| <b>Carbonífero (hace unos 330-300 Ma)</b>                    | Orogenia varisca: choque entre grandes continentes; las rocas se pliegan, se calientan y se transforman (metamorfismo).                                                           | Pliegues y foliación de los gneises y esquistos.                                                                                   |
| <b>Carbonífero superior - Pérmico (hace unos 310-290 Ma)</b> | Ascienden magmas que se enfrían lentamente bajo tierra y forman los plutones graníticos.                                                                                          | Granitos que cortan y recuecen los gneises (aureola de contacto); dataciones radiométricas de unos 300 Ma.                         |
| <b>Pérmico - Jurásico (hace unos 290-150 Ma)</b>             | La antigua cordillera se erosiona hasta quedar casi arrasada.                                                                                                                     | Una superficie de erosión sobre el zócalo, que luego quedará cubierta por sedimentos más modernos.                                 |
| <b>Cretácico superior (hace unos 100-66 Ma)</b>              | El mar invade la zona y se depositan arenas y carbonatos marinos sobre el zócalo.                                                                                                 | Calizas y dolomías con fósiles marinos apoyadas en discordancia sobre gneises y granitos, hoy en el borde norte de la sierra.      |
| <b>Paleógeno y Neógeno (hace unos 60-5 Ma)</b>               | La compresión alpina (choque de Iberia con Eurasia y África) rompe el zócalo con fallas inversas: la sierra se eleva y las cuencas del Duero y de Madrid se hunden y se rellenan. | Fallas inversas en los bordes de la sierra y sedimentos terciarios de arenas ricas en feldespato (arcosas) en la cuenca de Madrid. |
| <b>Cuaternario (últimos 2,58 Ma)</b>                         | Glaciares en las cumbres hasta hace unos 12 000 años; después, erosión y meteorización del granito.                                                                               | Circos, morrenas y lagunas glaciares en Peñalara; bolos y tors graníticos en La Pedriza.                                           |

Fuente: Elaboración propia a partir de la cartografía y las guías geológicas del IGME. Fechas aproximadas y esquema muy simplificado; los detalles se discuten entre especialistas.

**F10 Corte norte-sur del Sistema Central (esquema)****ESQUEMA**

Esquema simplificado, sin escala (vertical muy exagerada). Las flechas indican el movimiento relativo en las fallas.

Fuente: Esquema simplificado de elaboración propia, basado en el modelo estructural general del Sistema Central descrito por el IGME. No está a escala y exagera la vertical.

- Q El zócalo antiguo (gneis y granito) asciende entre dos fallas inversas. ¿Qué ha pasado con las rocas de las cuencas a ambos lados?

## FICHA 1

## Leer antes de fechar

## Sesión 1

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Usa el corte anatómico (F1) y el corte A (F3). Primero se observa; después se interpreta.

## 1 Diagnóstico inicial. Marca la opción correcta.

En una serie de estratos sin deformar, el estrato más antiguo es...

- ☐ el de arriba    ☐ el de abajo    ☐ el más grueso

Una falla es...

- ☐ una capa de roca blanda    ☐ una fractura con desplazamiento de los bloques    ☐ un tipo de fósil

Un fósil guía sirve para...

- ☐ saber qué comía el animal    ☐ datar y correlacionar estratos    ☐ medir la profundidad del mar

La edad absoluta de una roca se expresa en...

- ☐ antes y después    ☐ años    ☐ número de estratos

## 2 Relaciona cada elemento de un corte con su definición.

1 Estrato ●

2 Pliegue ●

3 Falla ●

4 Discordancia ●

5 Dique ●

6 Plutón ●

● a Gran masa de roca ígnea cristalizada bajo tierra

● b Superficie de erosión que separa materiales de edades muy distintas

● c Capa de roca sedimentaria limitada por superficies casi paralelas

● d Magma solidificado que corta a los estratos

● e Deformación de los estratos sin romperse

● f Fractura con desplazamiento de los bloques

## 3 Observa el corte A (F3) y completa.

| Elemento                                  | ¿Aparece? (Sí/No) | Dónde está y cómo lo reconoces |
|-------------------------------------------|-------------------|--------------------------------|
| Estratos (nombra su roca de arriba abajo) |                   |                                |
| Falla (¿qué bloque ha bajado?)            |                   |                                |
| Intrusión ígnea                           |                   |                                |
| Pliegues                                  |                   |                                |
| Discordancia                              |                   |                                |

- 4 En el corte A, ¿qué estructura te parece más fácil de reconocer y cuál más difícil? Explica por qué en dos frases.

---



---



---

## FICHA 2 Los principios como reglas de inferencia

Sesión 2

Aplica las cuatro reglas de F2 al corte A (F3) y compara con las dataciones absolutas de F8.

- 1 Verdadero o falso.

|                                                                                                    | V                        | F                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| En un corte sin deformar, el estrato superior es el más moderno.                                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Un dique que atraviesa tres estratos es anterior a ellos.                                          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Si unos estratos aparecen inclinados, se depositaron inclinados.                                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Una falla que desplaza estratos y es cortada sin desplazamiento por un dique es anterior al dique. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Un canto de granito dentro de una arenisca indica que el granito es más antiguo que la arenisca.   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| La edad relativa dice cuántos años tiene una roca.                                                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

- 2 Ordena los acontecimientos del corte A (F3) de más antiguo (1) a más moderno (7) y escribe el principio que usas.

| Orden | Acontecimiento                             | Principio aplicado |
|-------|--------------------------------------------|--------------------|
|       | Se intruye el dique de basalto I           |                    |
|       | Se depositan las arcillas B                |                    |
|       | La erosión deja la superficie plana actual |                    |
|       | Se deposita el conglomerado D              |                    |
|       | Se deposita la arenisca A                  |                    |
|       | Se mueve la falla F                        |                    |
|       | Se deposita la caliza C                    |                    |

- 3 Clasifica cada afirmación como edad relativa o edad absoluta.

| Afirmación                                                 | Relativa o absoluta |
|------------------------------------------------------------|---------------------|
| El dique es posterior a la falla.                          |                     |
| El basalto del dique cristalizó hace 120 millones de años. |                     |
| La caliza C es más antigua que las arcillas B.             |                     |
| La arenisca A se depositó hace unos 200 millones de años.  |                     |



#### 4 Reloj de roca (F8). Dibuja la curva de desintegración y resuelve.



| Caso                                                                          | Periodos transcurridos | Edad (cálculo) |
|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------------|
| Un hueso conserva el 25 % del carbono-14 inicial.                             |                        |                |
| Un circón de Jack Hills (Australia) conserva cerca del 50 % de su uranio-238. |                        |                |

### FICHA 3 Fósiles guía y correlación

Sesión 3

Usa las columnas de F6, los fósiles guía de F5 y la escala de F7.

#### 1 Marca la opción correcta.

Un buen fósil guía debe...

- ☐ ser muy raro y de un solo lugar   
 ☐ haber vivido poco tiempo y estar muy extendido   
 ☐ ser siempre de gran tamaño

Un estrato con Nummulites se formó, según F5, en el...

- ☐ Paleozoico   
 ☐ Jurásico   
 ☐ Paleógeno (Eoceno)

Si la caliza de una columna y la caliza de otra tienen fósiles guía distintos...

- ☐ son de la misma edad   
 ☐ pueden ser de edades muy distintas   
 ☐ son iguales porque son calizas

#### 2 Correlaciona las columnas de F6: identifica el fósil y la edad de cada capa y escribe con qué capas de otras columnas coincide.

| Capa | Fósil guía | Edad aproximada | Equivalente a... |
|------|------------|-----------------|------------------|
| S1   |            |                 |                  |
| S3   |            |                 |                  |
| S5   |            |                 |                  |
| V1   |            |                 |                  |
| V3   |            |                 |                  |
| V4   |            |                 |                  |
| C2   |            |                 |                  |
| C4   |            |                 |                  |

- 3 ¿Qué columna no registra el Eoceno (nummulites)? Propón dos explicaciones posibles: que nunca se depositó o que se depositó y luego se erosionó.

---



---



---

- 4 En la columna Sierra, S1 tiene trilobites (Paleozoico) y S3 ammonites (Jurásico). Con F5 y F7, ¿qué período falta por completo entre ambas capas, cuántos millones de años representa como mínimo y cómo se llama ese vacío en el registro?

---



---



---

**FICHA 4 Cortes con historia**

Sesión 4

Resuelve el corte B (F4). Las letras de los estratos no siguen el orden de edad.

- 1 Ordena los 10 acontecimientos del corte B de más antiguo (1) a más moderno (10) y escribe la pista que usas.

| Orden | Acontecimiento                            | Principio o pista |
|-------|-------------------------------------------|-------------------|
|       | Se deposita el conglomerado E             |                   |
|       | Se deposita la caliza D                   |                   |
|       | Los estratos D, A, F y B se inclinan      |                   |
|       | Se intruye el dique H                     |                   |
|       | Se depositan las margas B                 |                   |
|       | La erosión arrasa los estratos inclinados |                   |
|       | Se deposita la caliza G                   |                   |
|       | Se depositan las arcillas A               |                   |
|       | Se deposita la arenisca C                 |                   |
|       | Se deposita la arenisca F                 |                   |

- 2 Completa.

La superficie bajo el conglomerado E es una discordancia \_\_\_\_\_ porque los estratos de abajo están \_\_\_\_\_ y los de arriba son \_\_\_\_\_. Entre el depósito de B y el de E hay un \_\_\_\_\_ cuya duración no podemos conocer sin fósiles o dataciones.

- 3 Dibuja tres croquis del corte B: (1) justo después de depositarse B; (2) tras la inclinación y la erosión; (3) corte actual.

- 4 Redacta la historia del corte B en cinco o seis líneas con conectores temporales (primero, después, más tarde, finalmente).

## FICHA 5 Del corte al paisaje

Sesión 5

Usa la historia del Sistema Central (F9) y su corte (F10). Un paisaje es el resultado de los materiales, los procesos internos y los procesos externos.

- 1 Relaciona cada material o estructura con la forma de relieve que suele originar.

1 Granito con diaclasas que se meteorizan



a Cuestas y crestas



2 Caliza disuelta por el agua



b Circos, morrenas y lagunas (Peñalara)



3 Arcillas blandas sin vegetación



c Bolos y tors (La Pedriza)



4 Estratos inclinados duros y blandos alternos



d Cárcavas y bad lands



5 Falla normal reciente



e Lapiaces, dolinas y simas (karst)



6 Glaciar cuaternario en alta montaña



f Escarpe de falla



**2** Completa la tabla con los acontecimientos de F9.

| Acontecimiento                      | ¿Proceso interno o externo? | Huella que deja en el paisaje actual |
|-------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| Orogenia varisca                    |                             |                                      |
| Intrusión de los granitos           |                             |                                      |
| Mar del Cretácico superior          |                             |                                      |
| Compresión alpina y fallas inversas |                             |                                      |
| Glaciaciones cuaternarias           |                             |                                      |

**3** Con F10, explica por qué hay gneis y granito en la sierra y sedimentos en las cuencas, y qué papel tienen las fallas. Usa las palabras zócalo, falla inversa y cuenca.

---



---



---



---



---

**4** Comentario de un paisaje de tu entorno o de una fotografía de relieve que aporte el docente.

| Aspecto                                  | Tu observación |
|------------------------------------------|----------------|
| Materiales (rocas)                       |                |
| Estructuras (estratos, fallas, pliegues) |                |
| Procesos internos que actuaron           |                |
| Procesos externos que actúan hoy         |                |

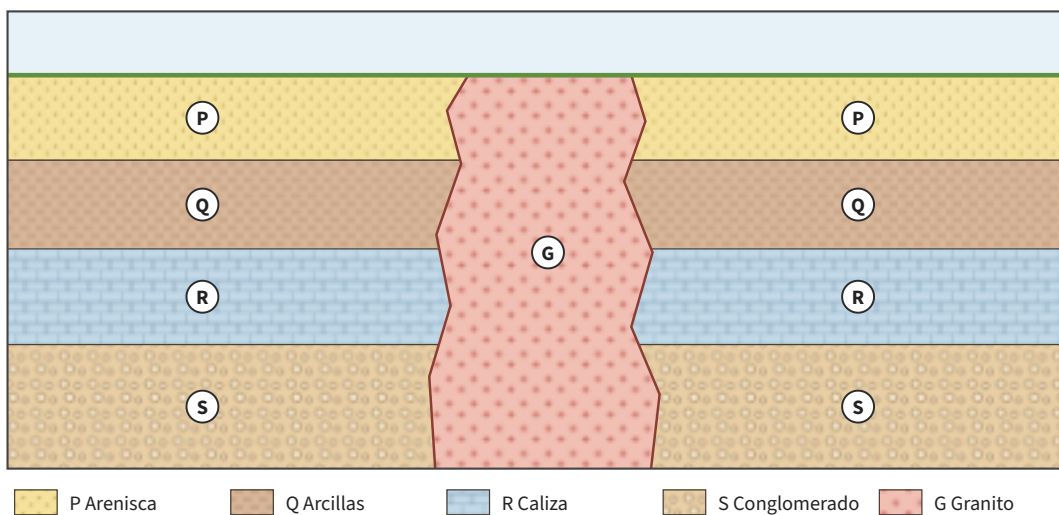
Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

A veces el corte admite más de una historia. Ser buen geólogo o geóloga es saber decir qué se sabe, qué se supone y qué dato falta.

- 1 Observa el corte D: el granito G está en contacto vertical con las capas P, Q, R y S. Completa las dos historias posibles.



| Historia                          | ¿Qué pasó primero? | ¿Qué pasó después? | Evidencia que esperaríamos ver |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------------------|
| Historia 1: el granito intruyó    |                    |                    |                                |
| Historia 2: el granito ya existía |                    |                    |                                |

- 2 Marca los datos de campo que permitirían decidir y escribe a qué historia apoyaría cada uno.

- ☐ Un halo de roca recocida (aureola de contacto) en las capas pegadas al granito
- ☐ Cantos de granito dentro del conglomerado S
- ☐ Pequeños diques de granito que se meten entre las capas
- ☐ Granito alterado y erosionado bajo la base de las capas
- ☐ Una datación radiométrica del granito y un fósil guía en las capas

---



---



---



---

### 3 Separa lo que sabéis de lo que suponéis.

| Tipo de afirmación        | Ejemplo del corte D |
|---------------------------|---------------------|
| Hecho observado           |                     |
| Inferencia razonable      |                     |
| Lo que no podemos afirmar |                     |

## FICHA 7 Construimos el dossier

Sesión 7

Elegid el corte o paisaje de vuestro dossier (corte B, corte E de la sesión 8, el Sistema Central u otro que aporte el docente) y preparad el borrador.

### 1 Línea temporal relativa: acontecimientos de más antiguo a más moderno.

| N.º | Acontecimiento | Principio o evidencia | Edad (relativa o absoluta, si se conoce) |
|-----|----------------|-----------------------|------------------------------------------|
|     |                |                       |                                          |
|     |                |                       |                                          |
|     |                |                       |                                          |
|     |                |                       |                                          |
|     |                |                       |                                          |
|     |                |                       |                                          |
|     |                |                       |                                          |

### 2 Escribe la historia geológica del paisaje elegido en un párrafo con conectores temporales.

---

---

---

---

---

---

---

---

### 3 Revisa el borrador antes de pasarlo a limpio.

- ☐ Cada acontecimiento está justificado con un principio
- ☐ He distinguido edad relativa y edad absoluta
- ☐ Incluyo una incertidumbre y el dato que la resolvería
- ☐ He situado algún acontecimiento en la escala de F7
- ☐ He rotulado el corte (falla, discordancia, intrusión)

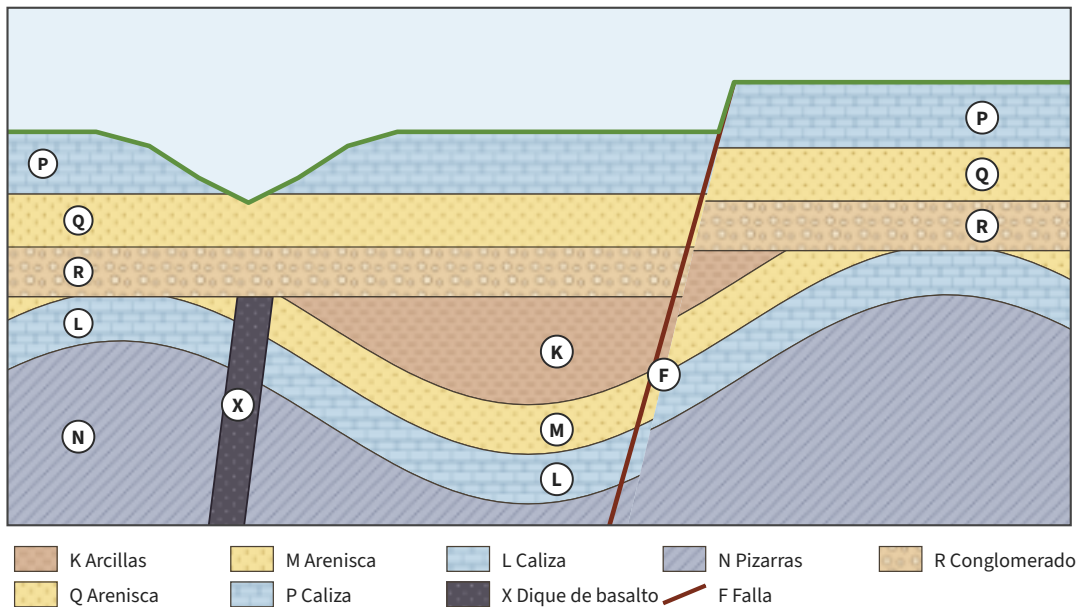
Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Resuelve este corte de forma individual. Justifica cada relación con un principio.

**1** Ordena los 12 acontecimientos del corte E de más antiguo (1) a más moderno (12).



| Orden | Acontecimiento                          | Pista |
|-------|-----------------------------------------|-------|
|       | Se deposita la caliza P                 |       |
|       | Se depositan las arcillas K             |       |
|       | Se intruye el dique X                   |       |
|       | Se deposita la caliza L                 |       |
|       | Se mueve la falla F                     |       |
|       | Se depositan las pizarras N             |       |
|       | Se pliegan los estratos N, L, M y K     |       |
|       | Se deposita el conglomerado R           |       |
|       | Se erosiona el valle actual             |       |
|       | Se deposita la arenisca M               |       |
|       | La erosión arrasa los estratos plegados |       |
|       | Se deposita la arenisca Q               |       |

- 2** Responde con una frase cada pregunta. a) ¿Qué tipo de discordancia hay y dónde está? b) ¿Por qué el dique X es anterior al conglomerado R? c) ¿La falla F es normal o inversa y qué bloque ha bajado? d) ¿Qué proceso externo ha excavado el valle de la izquierda?

---

---

---

---

---

---

---

---

- 3** Escribe una cosa que este corte no te permite saber y qué dato la resolvería.

---

---

---



**Plantilla del producto final**

SdA 2 · El paisaje es un libro abierto

ALUMNADO

Nombre:

Curso/grupo:

Fecha:

*Dossier de historia geológica (una página). Copiad o calcad el corte, rotulad las estructuras y justificad cada paso con un principio geológico.*

**Título del dossier y autores****Pregunta y localización**

*Qué queréis explicar y de dónde procede el corte.*

**Corte interpretado**

*Rotulad estratos, falla, discordancia e intrusiones.*

**Secuencia de acontecimientos**

*De más antiguo a más moderno.*

**Principios aplicados**

*Uno por cada relación importante.*

**Línea temporal (relativa y absoluta)**

*Con fechas en Ma cuando se conozcan.*

---

**Fuentes y figuras citadas****Explicación del relieve actual e incertidumbres**

*Materiales, procesos internos y externos; qué no sabemos y qué dato lo resolvería.*

## Lista de cotejo para el proceso y la entrega

SdA 2 · El paisaje es un libro abierto

ALUMNADO

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Antes de entregar **Dossier de historia geológica con cortes interpretados, secuencias temporales y explicación del relieve actual.**, comprueba cada punto y marca la casilla. Si alguno falla, todavía estás a tiempo de mejorarlo.

### Contenido del producto

- ☐ El corte está rotulado: estratos, falla, discordancia, intrusión y pliegue, si los hay.
- ☐ La secuencia de acontecimientos va de más antiguo a más moderno, sin saltos ni contradicciones.
- ☐ Cada relación de edad cita su principio (superposición, horizontalidad, intersección o fósiles guía).
- ☐ Se identifican las discordancias y se indica el tiempo que falta en el registro (hiato).
- ☐ Se distingue edad relativa de absoluta y las fechas en Ma coinciden con la escala de F7.
- ☐ El relieve actual se explica relacionando materiales, procesos internos y externos.
- ☐ Se señalan al menos dos incertidumbres o hipótesis alternativas y el dato que permitiría decidir.
- ☐ Las fuentes y las figuras están citadas y todas tienen título.

### Calidad y rigor

- ☐ He utilizado vocabulario específico de la materia y lo he explicado cuando era necesario.
- ☐ He apoyado mis afirmaciones con evidencias (datos, citas, mapas o ejemplos concretos).
- ☐ He citado o identificado todas las fuentes utilizadas.
- ☐ He revisado la ortografía, la presentación y el orden del producto.
- ☐ He incorporado las mejoras propuestas en la coevaluación o por el docente.

#### Lo que más me ha costado

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

#### Firma del equipo / fecha de entrega

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Rúbrica imprimible**

SdA 2 · El paisaje es un libro abierto

ALUMNADO · DOCENTE

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Rúbrica para valorar **Dossier de historia geológica con cortes interpretados, secuencias temporales y explicación del relieve actual.** Marca el nivel alcanzado en cada indicador.

| Indicador                                           | NIVEL 4<br>Avanzado                                                                                                                                                                            | NIVEL 3<br>Adecuado                                                                                                                            | NIVEL 2<br>En proceso                                                                                                                | NIVEL 1<br>Inicial                                                                                                  | Nivel |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>Comprensión científica</b>                       | Rigurosa, conectada y con vocabulario preciso.                                                                                                                                                 | Correcta en lo esencial.                                                                                                                       | Parcial o con alguna confusión.                                                                                                      | Fragmentaria o con errores esenciales.                                                                              |       |
| <b>Uso de evidencias</b>                            | Contrasta fuentes y usa evidencias concretas.                                                                                                                                                  | Aporta evidencias suficientes.                                                                                                                 | Evidencias escasas o descriptivas.                                                                                                   | Conclusiones sin evidencia suficiente.                                                                              |       |
| <b>Aplicación correcta de principios geológicos</b> | Aplica sin ayuda superposición, horizontalidad original, intersección y fósiles guía; cita el principio que justifica cada relación de edad y distingue con claridad edad relativa y absoluta. | Aplica correctamente los principios en casi todas las relaciones; justifica con algún descuido (olvida citar el principio en alguna de ellas). | Aplica los principios de forma parcial: confunde alguna relación (p. ej., lo que corta con lo cortado) o necesita pistas frecuentes. | No aplica los principios o los invierte (lo de arriba más antiguo, el dique anterior a los estratos que atraviesa). |       |
| <b>Coherencia de la secuencia de eventos</b>        | Secuencia completa y sin contradicciones, con discordancias, intrusiones y fallas bien situadas; señala los hiatos, las incertidumbres y el dato que las resolvería.                           | Secuencia correcta en lo esencial; falta algún evento (p. ej., la erosión de la discordancia) o no señala las incertidumbres.                  | Secuencia con uno o dos eventos mal ordenados o con saltos sin justificar; omite alguna discordancia.                                | Secuencia desordenada o que se contradice con lo que muestra el corte.                                              |       |
| <b>Comunicación y producto</b>                      | Claro, preciso y responde plenamente al reto.                                                                                                                                                  | Claro y responde adecuadamente.                                                                                                                | Cumple parcialmente o necesita mejorar.                                                                                              | Incompleto o no responde al reto.                                                                                   |       |

**Observaciones del docente**


---



---



---

**Valoración global**


---



---



---

**Autoevaluación y coevaluación**

SdA 2 · El paisaje es un libro abierto

ALUMNADO

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

**Parte 1 · Autoevaluación**

| Afirmación                                                                                                     | Aún no                | Con ayuda             | Bien                  | Muy bien              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Sé aplicar superposición, horizontalidad original e intersección para ordenar los acontecimientos de un corte. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Sé explicar la diferencia entre edad relativa y edad absoluta y dar un ejemplo de cada una.                    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| He cumplido mi rol y mis tareas dentro del equipo.                                                             | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| He escuchado y tenido en cuenta las ideas de los demás.                                                        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| He usado fuentes y evidencias para justificar mis ideas.                                                       | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| He revisado y mejorado mi trabajo a partir de la retroalimentación.                                            | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

**Dos aprendizajes que he logrado**


---



---



---

**Una dificultad que he tenido**


---



---



---

**Una mejora que haré la próxima vez**


---



---

**Parte 2 · Coevaluación de otro equipo****Equipo evaluado:** \_\_\_\_\_**Fortaleza 1**


---



---

**Fortaleza 2**


---



---

**Propuesta de mejora**


---



---

## Material de apoyo y refuerzo

SdA 2 · El paisaje es un libro abierto

ALUMNADO

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Trabajarás con cortes sencillos de 4 y 5 eventos con las pistas ya indicadas. Sigue los cuatro pasos y completa la secuencia.

### ⊗ Cuatro pasos y un mini glosario

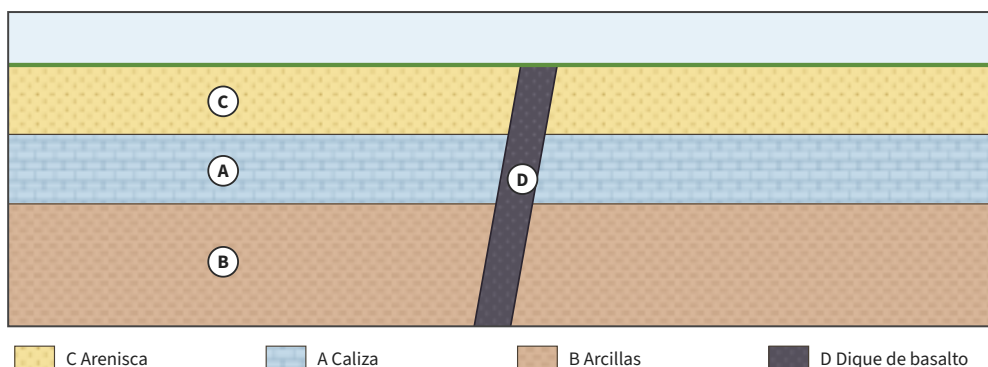
1. **Mira** el corte y localiza los estratos, la falla o la intrusión. 2. **Superposición**: en estratos sin deformar, lo de abajo es más antiguo. 3. **Intersección**: lo que corta es más moderno que lo cortado. 4. **Comprueba** que el orden no se contradice con el corte.

**Estrato**: capa de roca sedimentaria. **Falla**: fractura con desplazamiento. **Dique**: magma solidificado que corta las capas. **Granito**: roca ígnea formada bajo tierra.

### ⊗ Ejemplo modelado

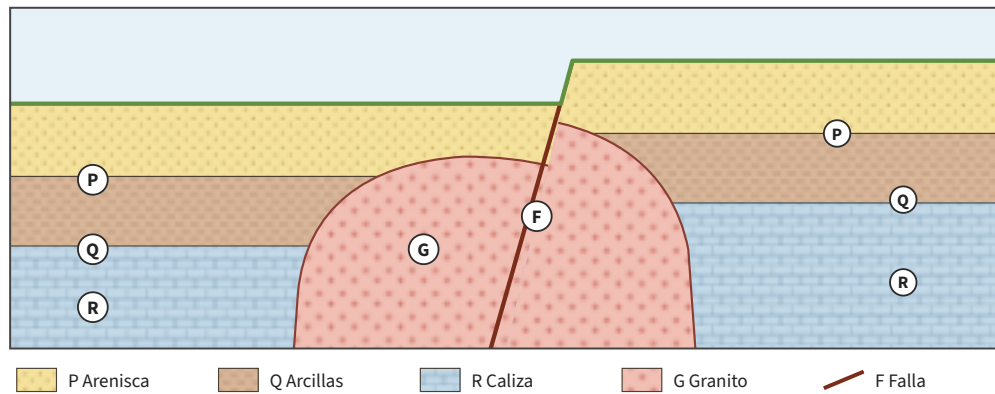
Un corte tiene tres estratos horizontales, X (arriba), Y (en medio) y Z (abajo), y una falla que desplaza a los tres. **Paso 1**: hay estratos y una falla. **Paso 2**: por superposición, Z es el más antiguo, luego Y y por último X. **Paso 3**: la falla desplaza a X, Y y Z, así que es posterior a los tres. **Secuencia**: Z, Y, X, falla. **Paso 4**: no hay contradicciones.

- 1 Corte R1. Pistas: en un corte sin deformar, lo de abajo es más antiguo (superposición); lo que corta es más moderno (intersección). Completa la secuencia.



| Orden (1 = más antiguo) | Acontecimiento                              | Pista aplicada |
|-------------------------|---------------------------------------------|----------------|
| 1                       | Se depositan las arcillas B (capa más baja) | Superposición  |
| 2                       |                                             | Superposición  |
| 3                       |                                             | Superposición  |
| 4                       |                                             | Intersección   |

2 Corte R2. Pistas: el granito G corta las tres capas; la falla F corta al granito y a las capas. Completa la secuencia.



| Orden (1 = más antiguo) | Acontecimiento | Pista aplicada |
|-------------------------|----------------|----------------|
| 1                       |                | Superposición  |
| 2                       |                | Superposición  |
| 3                       |                | Superposición  |
| 4                       |                | Intersección   |
| 5                       |                | Intersección   |

3 Completa.

En R2, el granito G \_\_\_\_\_ las capas P, Q y R, así que es más \_\_\_\_\_ que ellas. La falla F \_\_\_\_\_ al granito, por tanto es más \_\_\_\_\_ que el granito.

## Actividad de ampliación

SdA 2 · El paisaje es un libro abierto

ALUMNADO

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

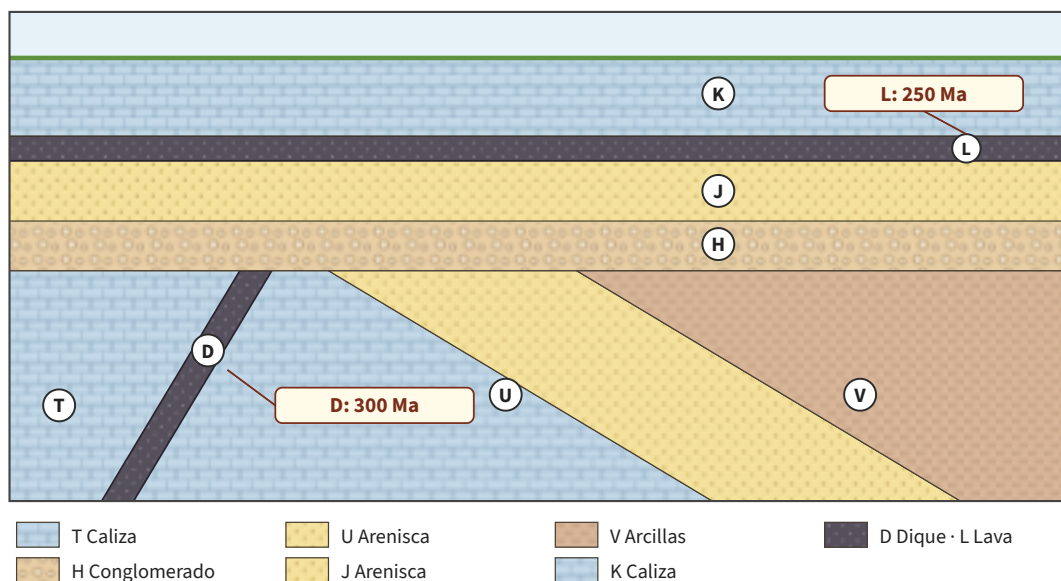
### Discordancias y relojes de roca

Las edades relativas ordenan los sucesos; las absolutas los anclan en el tiempo. Combinándolas puedes acotar cuándo ocurrió cada cosa y cuánto tiempo falta en una discordancia.

### Pasos

- 1 Observa el corte X: rotula el dique D, la discordancia, la colada de lava L y los estratos horizontales H, J y K.
- 2 Ordena los acontecimientos con los principios geológicos.
- 3 Con las edades de D (300 Ma) y L (250 Ma), acota la edad mínima y máxima de cada material.
- 4 Calcula el tiempo máximo que puede representar la discordancia y razona por qué no es una cifra exacta.
- 5 Sitúa D y L en la escala del tiempo geológico (F7).

- 1 Corte X. Los dos materiales fechados por radiometría son el dique D (300 Ma) y la colada de lava L (250 Ma).



## 2 Acota las edades.

| Material       | Más antiguo que... | Más moderno que... | Razonamiento |
|----------------|--------------------|--------------------|--------------|
| Estrato T      |                    |                    |              |
| Estratos U y V |                    |                    |              |
| Conglomerado H |                    |                    |              |
| Arenisca J     |                    |                    |              |
| Caliza K       |                    |                    |              |

## 3 ¿Cuánto tiempo, como máximo, puede representar la discordancia? ¿En qué períodos de F7 caen D y L?

---



---



---



---

### Entrega

Una ficha con la tabla de edades y un párrafo de seis a ocho líneas que explique qué sabemos y qué no sabemos sobre el hiato de la discordancia.

---



---



---



---



---



---



 **Ficha 1**

1. Diagnóstico: b, b, b, b.
2. Relaciona: 1-c (estrato), 2-e (pliegue), 3-f (falla), 4-b (discordancia), 5-d (dique), 6-a (plutón).
3. Corte A, de arriba abajo: arenisca A, arcillas B, caliza C y conglomerado D. Hay una falla normal (F): el bloque izquierdo ha bajado, porque sus capas aparecen más profundas que las del derecho. El dique de basalto I es la intrusión. No hay pliegues ni discordancias.
4. Respuesta abierta de la última tarea: valorar que cite rasgos visibles (el dique se distingue por su color oscuro y por cortar capas; la falla, por el desplazamiento de las capas).

 **Ficha 2**

1. V/F: V, F, F, V, V, F.
2. Orden del corte A: 1 conglomerado D (superposición); 2 caliza C (superposición); 3 arcillas B (superposición); 4 arenisca A (superposición); 5 falla F (corta a las cuatro capas: intersección); 6 dique I (corta capas y falla sin desplazarse: intersección); 7 erosión que deja la superficie plana actual.
3. Relativa: el dique es posterior a la falla; la caliza C es más antigua que las arcillas B. Absoluta: el basalto cristalizó hace 120 millones de años; la arenisca A se depositó hace unos 200 millones de años.
4. Gráfica: 100 %, 50 %, 25 %, 12,5 %, 6,25 %. Hueso: el 25 % corresponde a dos periodos,  $2 \times 5730 = 11\,460$  años. Circón: el 50 % corresponde a un periodo, es decir, unos 4468 Ma (cifra redondeada; las dataciones reales de esos circones rondan los 4400 Ma).

 **Ficha 3**

1. Test: b, c, b.
2. Correlación: S1 trilobites, Paleozoico, sin equivalente en V ni C; S3 ammonites, Jurásico, equivale a V1; S5 rudistas, Cretácico, equivale a V3 y C2; V1 ammonites (= S3); V3 rudistas (= S5 y C2); V4 nummulites, Eoceno, equivale a C4; C2 rudistas (= S5 y V3); C4 nummulites (= V4).
3. La columna Sierra no registra el Eoceno. Explicaciones: nunca se depositó allí (no había sedimentación) o se depositó y la erosión posterior lo eliminó.
4. Falta por completo el Triásico (de 251,9 a 201,4 Ma): al menos unos 50 millones de años, porque los trilobites no pasan del final del Pérmico y el Jurásico empieza hace 201,4 Ma. Ese vacío del registro se llama hiato (puede haber una discordancia o simplemente no depositarse nada).

 **Ficha 4**

1. Orden del corte B: 1 caliza D; 2 arcillas A; 3 arenisca F; 4 margas B; 5 inclinación de D, A, F y B; 6 erosión (discordancia); 7 conglomerado E; 8 arenisca C; 9 caliza G; 10 dique H (corta a todo, hasta la superficie).
2. Huecos: angular; inclinados; horizontales; hiato.
3. Croquis: (1) cuatro capas horizontales; (2) capas inclinadas y arrasadas por una superficie plana; (3) corte actual con capas horizontales encima y dique. Valorar la coherencia entre etapas.
4. Historia: se depositan D, A, F y B; luego se inclinan; la erosión las arrasa; después se depositan E, C y G; por último un dique de basalto atraviesa todo el conjunto.

### Ficha 5

1. Relaciona: 1-c (granito, bolos y tors), 2-e (caliza, karst), 3-d (arcillas, cárcavas), 4-a (estratos inclinados duros y blandos, cuevas y crestas), 5-f (falla normal, escarpe de falla), 6-b (glaciar, circos, morrenas y lagunas).
2. Tabla: orogenia varisca (interno; pliegues y foliación del zócalo); intrusión de granitos (interno; plutones y bolos tras la erosión); mar del Cretácico (externo; calizas marinas del borde norte); compresión alpina (interno; levantamiento de la sierra y fallas inversas); glaciaciones (externo; circos y lagunas).
3. F10: el zócalo antiguo (gneis y granito) asciende entre dos fallas inversas, mientras las cuencas se hundén y se rellenan de sedimentos más modernos erosionados de la sierra.
4. Comentario de paisaje: respuesta abierta; valorar que relacione materiales, estructuras y procesos.

### Ficha 6

1. Historia 1: primero se depositan las capas; después el magma las corta y se enfría. Evidencia: aureola de contacto, apófisis de granito que penetran en las capas. Historia 2: el granito ya existía y se erosionó; después se depositaron las capas contra él. Evidencia: cantos de granito en la base de las capas y granito alterado bajo ellas.
2. Aureola y diques de granito apoyan la historia 1; cantos de granito y granito alterado, la historia 2; la datación del granito junto con un fósil guía en las capas permite decidir con edades.
3. Hechos: granito en contacto con capas horizontales. Inferencia: hay dos historias compatibles. No se puede afirmar: cuál fue anterior sin otro dato.

### Fichas 7 y 8

1. Ficha 7: respuestas abiertas; comprobar la lista de cotejo y la coherencia entre línea temporal y texto.
2. Corte E: 1 pizarras N; 2 caliza L; 3 arenisca M; 4 arcillas K; 5 plegamiento; 6 dique X; 7 erosión (discordancia); 8 conglomerado R; 9 arenisca Q; 10 caliza P; 11 falla F; 12 valle actual.
3. Tipo de discordancia: angular, bajo el conglomerado R. El dique X termina en la discordancia: es anterior a R. La falla F es normal y el bloque izquierdo ha bajado. El valle lo ha excavado un río (erosión fluvial).

### Refuerzo y ampliación

1. R1: 1 arcillas B; 2 caliza A; 3 arenisca C; 4 dique D. R2: 1 caliza R; 2 arcillas Q; 3 arenisca P; 4 granito G; 5 falla F. Huecos: corta; moderno; corta; moderna.
2. Corte X: T es más antiguo que 300 Ma (lo corta D); H es más moderno que 300 Ma (cubre el dique truncado) y más antiguo que 250 Ma (la lava L está encima); J, entre 300 y 250 Ma; K, más moderno que 250 Ma; U y V, más antiguos que H y por tanto de más de 250 Ma. La discordancia representa como máximo 50 millones de años; la cifra no es exacta porque las edades de D y L tienen márgenes de error. D cae en el Carbonífero (hasta 298,9 Ma) y L en el Triásico (desde 251,9 Ma).

### Errores frecuentes

- Invertir la superposición: pensar que el estrato superior es el más antiguo.
- Confundir lo que corta con lo cortado: el dique o la falla son más modernos que las capas que atraviesan.
- Olvidar la erosión como acontecimiento: una discordancia indica que hubo erosión y que falta tiempo en el registro.
- Pensar que dos calizas iguales tienen la misma edad: la litología no basta, hay que usar fósiles guía.
- Confundir edad relativa (antes o después) con edad absoluta (años).
- Presentar una hipótesis como si fuera un hecho cuando el corte admite varias historias.

### Criterios para valorar respuestas abiertas

- En las secuencias, valorar el orden lógico y la justificación con un principio por encima de la presentación.
- En las respuestas abiertas, aceptar vocabulario sencillo si el razonamiento es correcto y hace referencia a rasgos visibles del corte.
- En el caso incompleto, valorar que diferencien hecho, inferencia y duda, y que propongan un dato decisivo realista.
- En el dossier, valorar la coherencia entre corte, secuencia, línea temporal y explicación del relieve.

# 03 SITUACIÓN DE APRENDIZAJE

## Vivir sobre placas tectónicas

### PREGUNTA GUÍA

**?** ¿Por qué algunos lugares concentran terremotos y volcanes y cómo puede reducirse el riesgo?



**CURSO / NIVEL**  
4.º ESO



**SESIONES**  
8 sesiones · 1.º trimestre



**COMPETENCIAS ESPECÍFICAS**  
CE1, CE2, CE3, CE4, CE5, CE6



**BLOQUES DE SABERES**  
B · Geología · A · Proyecto científico



**PRODUCTO FINAL**  
Atlas de riesgo geológico con mapa de placas y peligros, análisis de vulnerabilidad y plan de prevención.



**CRITERIOS DE EVALUACIÓN**  
1.1, 1.2, 2.1, 3.4, 4.1, 5.1, 6.1



### Contexto, reto y sentido

La tectónica de placas conecta estructura interna, dinámica geológica, relieve y riesgos. La situación diferencia peligro, exposición, vulnerabilidad y riesgo para evitar explicaciones deterministas.

#### 🎯 Reto

Analizar un territorio con riesgo sísmico o volcánico y proponer medidas de prevención ajustadas a sus características geológicas y sociales.

#### 📦 Producto final

Atlas de riesgo geológico con mapa de placas y peligros, análisis de vulnerabilidad y plan de prevención.

## Vinculación curricular

### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS Y DESCRIPTORES DEL PERFIL DE SALIDA

#### CE1

Interpretar y transmitir información y datos científicos, argumentando sobre ellos y utilizando diferentes formatos, para analizar conceptos y procesos de las ciencias biológicas y geológicas.

CCL1

CCL2

CCL5

STEM4

CD2

CD3

CCEC4

#### CE2

Identificar, localizar y seleccionar información, contrastando su veracidad, organizándola y evaluándola críticamente, para resolver preguntas relacionadas con las ciencias biológicas y geológicas.

CCL3

STEM4

CD1

CD2

CD3

CD4

CD5

CPSAA4

#### CE3

Planificar y desarrollar proyectos de investigación, siguiendo los pasos de las metodologías científicas y cooperando cuando sea necesario, para indagar en aspectos relacionados con las ciencias geológicas y biológicas.

CCL1

CCL2

STEM2

STEM3

STEM4

CD1

CD2

CPSAA3

CE3

#### CE4

Utilizar el razonamiento y el pensamiento computacional, analizando críticamente las respuestas y soluciones y reformulando el procedimiento, si fuera necesario, para resolver problemas o dar explicación a procesos de la vida cotidiana relacionados con la biología y la geología.

STEM1

STEM2

CD5

CPSAA5

CE1

CE3

CCEC4

#### CE5

Analizar los efectos de determinadas acciones sobre el medio ambiente y la salud, basándose en los fundamentos de las ciencias biológicas y de la Tierra, para promover y adoptar hábitos que eviten o minimicen los impactos medioambientales negativos, sean compatibles con un desarrollo sostenible y permitan mantener y mejorar la salud individual y colectiva.

STEM2

STEM5

CD4

CPSAA1

CPSAA2

CC4

CE1

CC3

#### CE6

Analizar los elementos de un paisaje concreto valorándolo como patrimonio natural y utilizando conocimientos sobre geología y ciencias de la Tierra para explicar su historia geológica, proponer acciones encaminadas a su protección e identificar posibles riesgos naturales.

STEM1

STEM2

STEM4

STEM5

CD1

CC4

CE1

CCEC1

### Criterios de evaluación seleccionados

#### 1.1

Analizar conceptos y procesos biológicos y geológicos interpretando información en diferentes formatos, manteniendo una actitud crítica, obteniendo conclusiones y formando opiniones propias fundamentadas.

#### 1.2

Transmitir opiniones propias fundamentadas e información sobre Biología y Geología de forma clara y rigurosa, facilitando su comprensión y análisis mediante el uso de la terminología y el formato adecuados.

**2.1** Resolver cuestiones y profundizar en aspectos biológicos y geológicos localizando, seleccionando, organizando y analizando críticamente la información de distintas fuentes y citándolas con respeto por la propiedad intelectual.

**3.4** Interpretar y analizar los resultados obtenidos en un proyecto de investigación utilizando, cuando sea necesario, herramientas matemáticas y tecnológicas y obteniendo conclusiones razonadas o valorar la imposibilidad de hacerlo.

**4.1** Resolver problemas o dar explicación a procesos biológicos o geológicos utilizando conocimientos, datos e información, razonamiento lógico, pensamiento computacional o recursos digitales.

**5.1** Identificar los posibles riesgos naturales potenciados por determinadas acciones humanas sobre una zona geográfica, teniendo en cuenta sus características litológicas, relieve, vegetación y factores socioeconómicos.

**6.1** Deducir y explicar la historia geológica de un relieve identificando sus elementos más relevantes a partir de cortes, mapas u otros sistemas de información geológica y utilizando principios geológicos básicos y teorías relevantes.

## Saberes básicos prioritarios

### B

#### Geología

- Estructura y dinámica de la geosfera. Métodos de estudio.
- Los efectos globales de la dinámica de la geosfera desde la perspectiva de la tectónica de placas.
- Procesos geológicos externos e internos: diferencias y relación con riesgos naturales. Medidas de prevención y mapas de riesgos.

### A

#### Proyecto científico

- Estrategias para la búsqueda de información, la colaboración y la comunicación de procesos, resultados o ideas científicas.
- Fuentes fidedignas de información científica: reconocimiento y utilización.
- Métodos de observación y de toma de datos de fenómenos naturales.



## Objetivos didácticos

- ✓ Explicar la tectónica de placas como modelo integrador.
- ✓ Relacionar límites de placas con sismicidad, vulcanismo y relieve.
- ✓ Diferenciar peligro, exposición, vulnerabilidad y riesgo.
- ✓ Interpretar mapas de riesgo sin hacer predicciones deterministas.
- ✓ Proponer prevención y planificación territorial.



## Metodología y papel docente

### Enfoque metodológico

Aprendizaje basado en retos e indagación guiada, combinando interpretación de información, modelado, experimentación o trabajo de campo cuando procede, resolución de problemas, cooperación y comunicación científica.

### Papel del docente

- Presenta el reto.
- Modela procedimientos.
- Garantiza la seguridad.
- Aporta fuentes graduadas.
- Observa.
- Retroalimenta.
- Ayuda a distinguir evidencia.
- Inferencia y opinión.



## Secuencia de sesiones y actividades

- ❗ Cada sesión genera una **evidencia** que se recoge en las fichas del Anexo 3. En las prácticas, el docente garantiza la seguridad y modela el procedimiento antes de que lo realice el alumnado.

**1**

### SESIÓN 1

#### Un mapa lleno de patrones

Superposición de mapas de terremotos, volcanes y placas para formular hipótesis.

**Agrupamiento:** Parejas/grupos

**Evidencia:** Hipótesis espacial

**2**

### SESIÓN 2

#### ¿Qué mueve las placas?

Modelo de estructura y dinámica de geosfera y mecanismos generales.

**Agrupamiento:** Parejas/grupos

**Evidencia:** Modelo tectónico

**3**

### SESIÓN 3

#### Tres tipos de límite

Estaciones divergente, convergente y transformante con relieve y procesos.

**Agrupamiento:** Parejas/grupos

**Evidencia:** Tabla de límites

**4**

### SESIÓN 4

#### Peligro no es riesgo

Dos ciudades con mismo peligro y distinta vulnerabilidad/exposición.

**Agrupamiento:** Parejas/grupos

**Evidencia:** Matriz de riesgo

5

## SESIÓN 5

**Leemos mapas de riesgo**

Interpretación de un mapa oficial o adaptado y sus limitaciones.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Comentario cartográfico

6

## SESIÓN 6

**Diseñamos prevención**

Medidas estructurales, urbanísticas, educativas y de emergencia.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Plan preliminar

7

## SESIÓN 7

**Simulación de comité**

Defensa de prioridades con presupuesto ficticio limitado.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Decisión justificada

8

## SESIÓN 8

**Atlas de riesgo**

Montaje final y reflexión individual.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Atlas final**Recursos, interdisciplinariedad y transversalidad** **Recursos**

Mapas de placas/sismicidad/vulcanismo

Mapas de riesgo adaptados

Casos de ciudades

Plantilla peligro-exposición-vulnerabilidad

Presupuesto ficticio

 **Interdisciplinariedad**

Geografía, Matemáticas y Tecnología.

 **Elementos transversales**

Prevención, protección civil, desigualdad en vulnerabilidad y planificación responsable.

 **Alternativa sin dispositivos**

Sustituir herramientas digitales por dosieres impresos y datos preparados. Las prácticas no disponibles pueden convertirse en demostraciones, simulaciones o análisis de datos ya recogidos, manteniendo el razonamiento científico.



## DUA y atención a la diversidad

### Implicación

Metas visibles, elección de formato cuando el criterio lo permita, hitos cortos, roles cooperativos y retroalimentación frecuente.

### Representación

Texto, fotografía, esquema, modelo, tabla, gráfica, demostración y glosario visual; ejemplos resueltos y materiales de distinta complejidad.

### Acción y expresión

Informe, modelo, exposición, audio o producto visual cuando sea compatible con el criterio; organizadores y listas de cotejo.

### Medidas específicas en esta SdA

Mapas con capas separadas; leyendas ampliadas; casos reducidos; decisión por tarjetas; explicación oral.

### Refuerzo Anexo 8

Un solo límite de placa y un territorio con tabla de riesgo ya preparada.

### Ampliación Anexo 9

Comparar dos terremotos de magnitud parecida con impactos distintos y explicar variables sociales y geológicas.

## Evaluación

Evaluación continua y formativa: diagnóstico inicial, evidencias durante el proceso, revisión de borradores y valoración final del producto más una evidencia individual. La ponderación debe adaptarse a la normativa autonómica y a los acuerdos del departamento.

### FASE 1 Inicial

Diagnóstico de ideas previas con la primera ficha del Anexo 3 y la ficha de lanzamiento (Anexo 1).

### FASE 2 Formativa

Evidencias de cada sesión, revisión de borradores y retroalimentación con la lista de cotejo (Anexo 5).

### FASE 3 Final

Valoración del producto con la rúbrica (Anexo 6) más una evidencia individual y la reflexión del Anexo 7.

## Criterios, evidencias e instrumentos

| Criterio | Evidencia principal                                                                                                                                                     | Instrumento                                                           |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 1.1      | Interpretación de los mapas de placas, terremotos y volcanes (F1 y F5) y de los casos reales para extraer patrones y formular una hipótesis espacial razonada.          | Fichas 1 y 5 / rúbrica y lista de cotejo                              |
| 1.2      | Atlas de riesgo escrito con terminología precisa (límite divergente, convergente, transformante, subducción, peligrosidad, exposición, vulnerabilidad) y datos citados. | Atlas final (Anexo 4) y Ficha 8 / rúbrica y lista de cotejo           |
| 2.1      | Selección y cita de fuentes fiables (IGN, USGS, Smithsonian GVP, IGME) con distinción entre datos, cifras aproximadas y opiniones.                                      | Apartado «Limitaciones y fuentes» del atlas / checklist de fiabilidad |

| Criterio | Evidencia principal                                                                                                                                                  | Instrumento                                        |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 3.4      | Cálculo de velocidades de placas y de intervalos entre terremotos históricos, y matriz de riesgo, con conclusiones prudentes que reconocen que no se puede predecir. | Fichas 2, 4 y 5 / rúbrica de proyecto científico   |
| 4.1      | Resolución razonada de problemas: coste por persona protegida, elección de medidas con presupuesto limitado y justificación del riesgo residual.                     | Fichas 6 y 7 / escala de valoración                |
| 5.1      | Identificación de los riesgos de un territorio teniendo en cuenta su litología, suelo, relieve y factores socioeconómicos, y propuesta de prevención ajustada.       | Fichas 4, 5 y 6 y atlas final / rúbrica específica |
| 6.1      | Explicación del relieve y de la actividad geológica de un territorio (cordillera, fosa, arco volcánico, falla activa) a partir del tipo de límite y de los mapas.    | Fichas 3 y 5 y atlas final / rúbrica geológica     |

### ↻ Autoevaluación y coevaluación Anexo 7

El alumnado valora sus aprendizajes, dificultades y aportación al equipo, y revisa el producto de otro equipo con la lista de cotejo antes de la entrega final.

## + Rúbrica del producto final

| Indicador                                        | NIVEL 4<br>Avanzado                                                                                                                                                                                                                                                                                        | NIVEL 3<br>Adecuado                                                                                                                                                               | NIVEL 2<br>En proceso                                                                                                                                                         | NIVEL 1<br>Inicial                                                                                                                             |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Comprensión científica</b>                    | Rigurosa, conectada y con vocabulario preciso.                                                                                                                                                                                                                                                             | Correcta en lo esencial.                                                                                                                                                          | Parcial o con alguna confusión.                                                                                                                                               | Fragmentaria o con errores esenciales.                                                                                                         |
| <b>Uso de evidencias</b>                         | Contrasta fuentes y usa evidencias concretas.                                                                                                                                                                                                                                                              | Aporta evidencias suficientes.                                                                                                                                                    | Evidencias escasas o descriptivas.                                                                                                                                            | Conclusiones sin evidencia suficiente.                                                                                                         |
| <b>Comprensión de la tectónica de placas</b>     | Relaciona sin ayuda cada tipo de límite con su movimiento, sus procesos (subducción, expansión, colisión, deslizamiento), su relieve y su actividad sísmica y volcánica; explica los motores de las placas y justifica con datos los casos que no encajan (puntos calientes, zonas de deformación difusa). | Relaciona correctamente los tipos de límite con sus procesos y fenómenos; explica el movimiento de las placas con algún descuido en los motores o en los casos excepcionales.     | Identifica los límites en el mapa, pero confunde algún proceso o fenómeno (p. ej., volcanes en límites transformantes) o no explica por qué hay actividad lejos de un límite. | Asocia terremotos y volcanes a cualquier lugar sin referirse a los límites, o describe las placas como bloques que flotan sobre magma líquido. |
| <b>Análisis diferenciado de peligro y riesgo</b> | Distingue con precisión peligrosidad, exposición, vulnerabilidad y riesgo; explica con ejemplos y cifras por qué el mismo fenómeno produce consecuencias distintas, propone medidas que actúan sobre cada factor y reconoce el riesgo residual y los límites de los mapas.                                 | Distingue los cuatro conceptos y los aplica a un caso con datos; las medidas son adecuadas, aunque no siempre justifica sobre qué factor actúan o no menciona el riesgo residual. | Confunde algún concepto (p. ej., exposición con vulnerabilidad) o analiza el caso de forma parcial; las medidas son genéricas y no se ajustan al territorio.                  | Usa peligro y riesgo como sinónimos, atribuye las víctimas únicamente a la magnitud del fenómeno o hace predicciones deterministas.            |

| Indicador               | NIVEL 4<br>Avanzado                           | NIVEL 3<br>Adecuado             | NIVEL 2<br>En proceso                   | NIVEL 1<br>Inicial                |
|-------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|
| Comunicación y producto | Claro, preciso y responde plenamente al reto. | Claro y responde adecuadamente. | Cumple parcialmente o necesita mejorar. | Incompleto o no responde al reto. |



## Variantes de aplicación

### ↗ Versión abreviada

Trabajar con fuentes/datos cerrados y un producto de una página o modelo único.

### ↘ Versión ampliada

Añadir laboratorio/campo, comparación de casos, mayor tratamiento de datos y una fase pública de comunicación científica.

## Ficha de lanzamiento del reto

SdA 3 · Vivir sobre placas tectónicas

ALUMNADO

El 19 de septiembre de 2021 una grieta se abrió en la ladera de Cumbre Vieja, en La Palma, y durante 85 días la lava avanzó hacia el mar sobre casas, cultivos y carreteras. Diez años antes, en mayo de 2011, un terremoto de magnitud 5,1, que en el mundo no habría sido noticia, mató a nueve personas en Lorca. Y en 2010 dos terremotos de magnitud 7 sacudieron Haití y Nueva Zelanda: uno causó cientos de miles de víctimas y el otro, ninguna. Vuestro reto es entender por qué la Tierra se mueve donde se mueve y, sobre todo, por qué el mismo fenómeno natural puede ser un susto o una catástrofe. Construiréis un atlas de riesgo geológico de un territorio, con su mapa de placas y peligros, el análisis de su vulnerabilidad y un plan de prevención.

“ *¿Por qué algunos lugares concentran terremotos y volcanes y cómo puede reducirse el riesgo?* ”

### 🎯 Vuestro reto

Analizar un territorio con riesgo sísmico o volcánico y proponer medidas de prevención ajustadas a sus características geológicas y sociales.

### 📦 Lo que vais a producir

Atlas de riesgo geológico con mapa de placas y peligros, análisis de vulnerabilidad y plan de prevención.

## Hoja de ruta · 8 sesiones

- 1 Superponemos mapas de terremotos, volcanes y límites de placas y formulamos una hipótesis espacial.
- 2 Construimos un modelo de la estructura de la Tierra y de lo que mueve las placas, con cifras de velocidad.
- 3 Comparamos los tres tipos de límite (divergente, convergente y transformante) con su relieve y sus procesos.
- 4 Distinguimos peligrosidad, exposición, vulnerabilidad y riesgo en ciudades con el mismo peligro y distinto riesgo.
- 5 Leemos mapas de riesgo y casos reales (Lorca 2011, sureste peninsular, La Palma 2021) y discutimos sus límites.
- 6 Diseñamos medidas de prevención estructurales, urbanísticas, educativas y de emergencia.
- 7 Defendemos prioridades en un comité con presupuesto limitado y reconocemos el riesgo que queda.
- 8 Montamos el atlas de riesgo y lo cerramos con una reflexión individual.

## Al terminar seré capaz de...

- ✓ Explicar la tectónica de placas como modelo integrador.
- ✓ Relacionar límites de placas con sismicidad, vulcanismo y relieve.
- ✓ Diferenciar peligro, exposición, vulnerabilidad y riesgo.
- ✓ Interpretar mapas de riesgo sin hacer predicciones deterministas.
- ✓ Proponer prevención y planificación territorial.

## ¿Cómo me evaluarán?

Con la rúbrica del producto final (Anexo 6), la lista de cotejo (Anexo 5) y una reflexión personal (Anexo 7).  
¡Revisadlas antes de empezar!

## Dossier de fuentes y materiales base

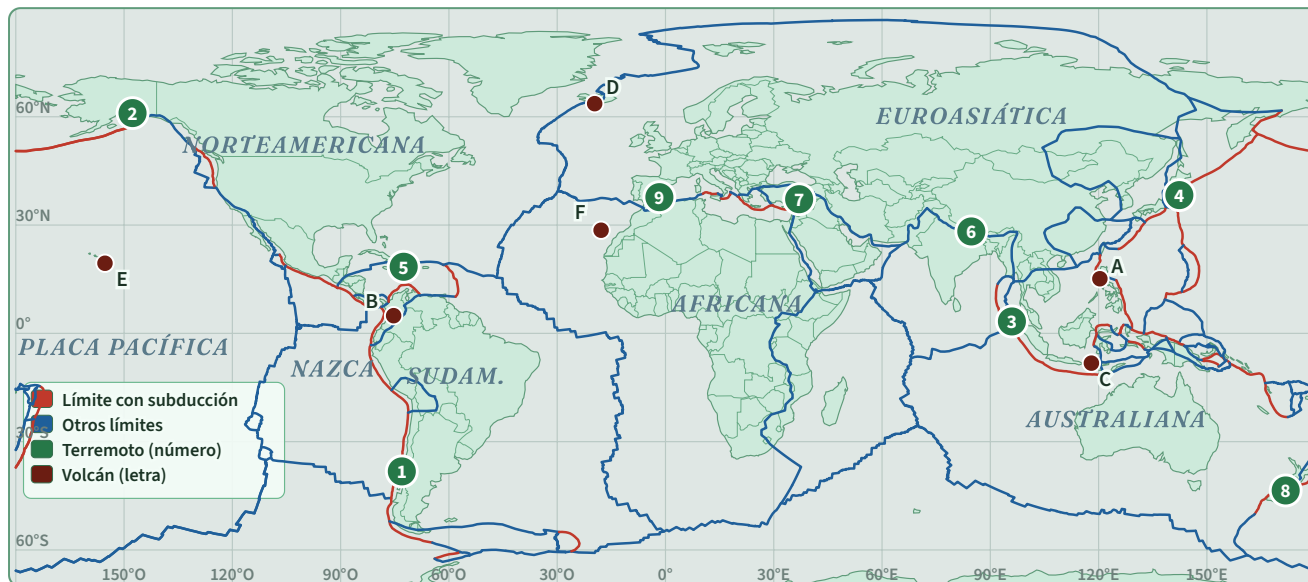
SdA 3 · Vivir sobre placas tectónicas

ALUMNADO

Material base para entender dónde y por qué tiembla la Tierra y cómo se reduce el riesgo: mapa mundial de placas con terremotos y volcanes, modelo de la dinámica de las placas, los tres tipos de límite, casos reales, el sureste peninsular, la fórmula del riesgo y una ciudad ficticia para decidir qué proteger primero.

### F1 El mundo en placas: límites, terremotos y volcanes

MAPA



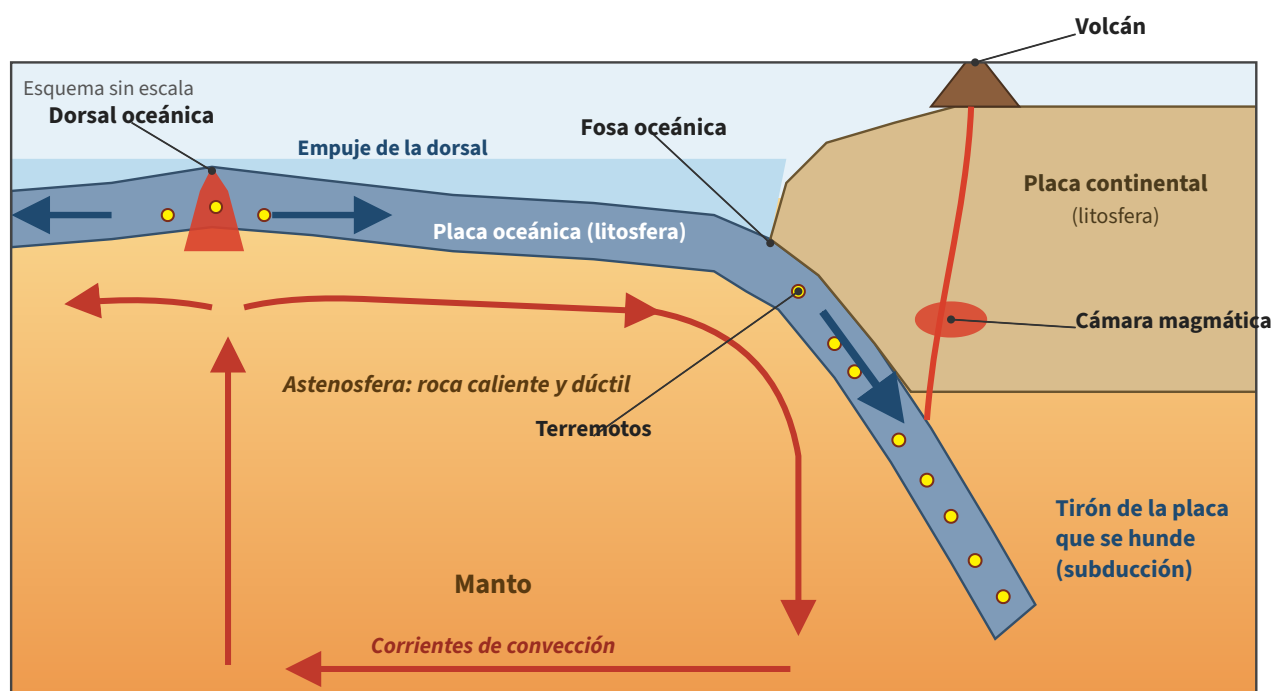
**Terremotos.** 1 Valdivia, Chile (1960). 2 Alaska (1964). 3 Sumatra (2004). 4 Tohoku, Japón (2011). 5 Haití (2010). 6 Nepal (2015). 7 Turquía y Siria (2023). 8 Darfield, Nueva Zelanda (2010). 9 Lorca (2011). **Volcanes.** A Pinatubo (Filipinas). B Nevado del Ruiz (Colombia). C Tambora (Indonesia). D Eyjafjallajökull (Islandia). E Kīlauea (Hawái). F Cumbre Vieja (La Palma, Canarias). El color de los límites separa los de subducción (rojo) de todos los demás: dorsales, fallas transformantes y colisiones continentales (azul).

Fuente: Límites de placas: modelo PB2002 (Bird, 2003). Mapa base de Natural Earth (dominio público). Localización de terremotos y volcanes a partir de los catálogos del USGS y del Programa Global de Vulcanismo de la Smithsonian (GVP). Epicentros y cráteres aproximados.

🔍 Cuenta cuántos terremotos y volcanes tocan un límite de placas. ¿Cuáles no? Los datos de cada caso están en F4.

## F2 Qué mueve las placas

## ESQUEMA



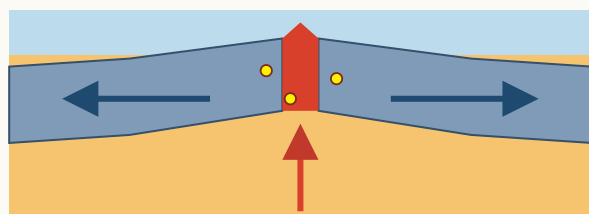
Fuente: Esquema de elaboración propia a partir del modelo de la tectónica de placas (corteza, litosfera, astenosfera y manto). Sin escala; el grosor de la litosfera está muy exagerado.

- Q La litosfera (corteza y parte superior del manto) es rígida y está rota en placas. Bajo ella, la astenosfera es sólida, caliente y dúctil: fluye muy despacio, a escala de centímetros por año. No hay un océano de magma bajo las placas.

### F3 Los tres tipos de límite de placa

#### 1. Límite divergente

se separan

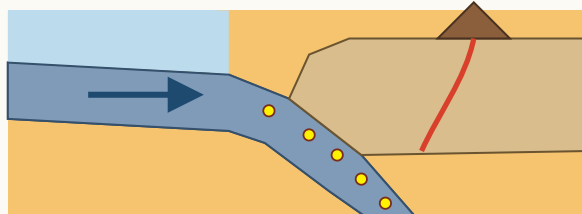


##### Las placas se alejan.

Sube magma y se crea corteza nueva.  
Sismos poco profundos y volcanes submarinos.  
Ejemplos: dorsal Atlántica, rift de África Oriental.

#### 2. Límite convergente: subducción

una se hunde

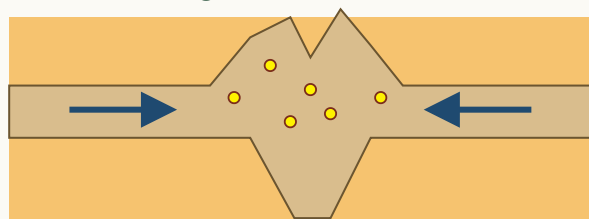


##### Una placa oceánica, más densa, se hunde.

Fosa, cadena de volcanes y terremotos desde superficiales hasta muy profundos.  
Ejemplos: Andes, Japón, Cascadia.

#### 3. Límite convergente: colisión

chocan continentes



##### Dos continentes chocan.

La corteza se pliega y se engrosa.  
Cordilleras y terremotos; casi sin volcanes.  
Ejemplos: Himalaya, Alpes.

#### 4. Límite transformante

se deslizan (vista en planta)



##### Las placas se deslizan en horizontal.

Sentidos opuestos; no se crea ni destruye litosfera.  
Terremotos superficiales; no hay volcanes.  
Ejemplos: falla de San Andrés, falla de Anatolia.

Fuente: Esquemas de elaboración propia, simplificados y sin escala.

Los límites convergentes se dividen en dos casos según las placas implicadas: oceánica con continental (subducción) o continental con continental (colisión).



**F4 Catorce fenómenos reales y sus consecuencias**

DATOS

| Fenómeno (mapa F1)                                      | Magnitud o VEI      | Límite próximo                                      | Consecuencias aproximadas                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 Valdivia, Chile, 1960                                 | Mw 9,5              | Subducción (Nazca-Sudamérica)                       | El mayor terremoto registrado; tsunami en todo el Pacífico; miles de víctimas.                                              |
| 2 Alaska, 1964                                          | Mw 9,2              | Subducción (Pacífica-Norteamericana)                | Cerca de 130 víctimas, la mayoría por el tsunami.                                                                           |
| 3 Sumatra, 2004                                         | Mw 9,1              | Subducción (India-Birmania)                         | Tsunami en el océano Índico; más de 200 000 víctimas.                                                                       |
| 4 Tohoku, Japón, 2011                                   | Mw 9,1              | Subducción (Pacífica-Norteamericana)                | Tsunami; cerca de 18 000 víctimas y el accidente nuclear de Fukushima.                                                      |
| 5 Haití, 2010                                           | Mw 7,0              | Falla transformante (Caribe-Norteamericana)         | Epicentro a unos 25 km de Puerto Príncipe; entre decenas de miles y más de 300 000 víctimas según la fuente.                |
| 6 Nepal, 2015                                           | Mw 7,8              | Colisión (India-Euroasiática)                       | Cerca de 9 000 víctimas; miles de edificios destruidos.                                                                     |
| 7 Turquía y Siria, 2023                                 | Mw 7,8 y 7,5        | Falla transformante (Anatolia-Arabia)               | Más de 59 000 víctimas; miles de edificios colapsados.                                                                      |
| 8 Darfield, Nueva Zelanda, 2010                         | Mw 7,0-7,1          | Zona de deformación del límite Pacífica-Australiana | Epicentro a unos 40 km de Christchurch; daños materiales, ninguna víctima mortal.                                           |
| 9 Lorca, 2011                                           | Mw 5,1              | Zona de deformación difusa Eurasia-África           | Nueve víctimas mortales y daños graves en edificios.                                                                        |
| A Pinatubo, Filipinas, 1991                             | VEI 6               | Subducción (Filipina-Euroasiática)                  | Cerca de 800 víctimas, muchas por el derrumbe de tejados bajo la ceniza; evacuación previa de decenas de miles de personas. |
| B Nevado del Ruiz, Colombia, 1985                       | VEI 3               | Subducción (Nazca-Sudamericana)                     | Un lahar (flujo de barro) sepultó Armero: unas 23 000 víctimas.                                                             |
| C Tambora, Indonesia, 1815                              | VEI 7               | Subducción (arco de la Sonda)                       | La mayor erupción histórica; unas 70 000 víctimas incluidas hambrunas; enfriamiento global al año siguiente.                |
| D Eyjafjallajökull, Islandia, 2010                      | VEI 4               | Dorsal mesoatlántica (divergente)                   | Nube de ceniza: cerca de 100 000 vuelos cancelados en Europa; sin víctimas directas.                                        |
| E Kīlauea, Hawái, 2018 · F Cumbre Vieja, La Palma, 2021 | Erupciones efusivas | Ninguno (dentro de la placa)                        | Kīlauea: unas 700 viviendas destruidas. Cumbre Vieja: casi 3 000 edificaciones destruidas, sin víctimas directas.           |

Mw es la magnitud de momento (energía liberada por el terremoto). VEI es el índice de explosividad volcánica, de 0 a 8. La magnitud o el VEI miden el fenómeno, no sus consecuencias.

Fuente: Elaboración propia a partir de los catálogos del USGS y de la Smithsonian GVP, y de informes del IGN. Cifras redondeadas y aproximadas; en los recuentos de víctimas las fuentes difieren.

## F5 Terremotos históricos en el sureste de la península

MAPA



**1** Vera, 1518: más de 165 víctimas. **2** Alhama de Almería, 1522: unas 1 000 víctimas, magnitud estimada 6,2-6,5. **3** Dalías, 1804: unas 400 víctimas. **4** Torrevieja, 1829: unas 400 víctimas, intensidad IX-X, magnitud estimada cercana a 6,6. **5** Arenas del Rey (Granada), 1884: terremoto de Andalucía, unas 750 víctimas. **6** Adra, 1910: intensidad VIII-IX, magnitud estimada cercana a 6. **7** Lorca, 2011: Mw 5,1, nueve víctimas. Las cifras de los terremotos anteriores a los instrumentos son estimaciones a partir de crónicas.

Fuente: Elaboración propia a partir del catálogo y de las fichas del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y del IGME. Epicentros aproximados; el trazado de la falla es esquemático.

🔍 Iberia no está en el borde nítido de una placa. La convergencia de África y Eurasia, de unos 4-5 mm al año, se reparte entre varias fallas del sureste. Es un límite difuso, con terremotos de magnitud moderada y poco frecuentes.

## F6 Lorca, 11 de mayo de 2011

ESTUDIO DE CASO

A las 15:05 (hora UTC; 17:05 hora local) un terremoto de magnitud 4,5 sacudió la zona de Lorca (Murcia): un aviso. Parte de la población salió a la calle. A las 16:47 UTC (18:47 hora local) llegó el terremoto principal, de **magnitud Mw 5,1 y muy superficial: unos 5 km de profundidad**, con epicentro a unos pocos kilómetros de la ciudad (37,73° N, 1,69° O).

En la escala EMS-98 la intensidad máxima fue **VII** (daños en muchos edificios). Murieron **nueve personas**, la mayoría por la caída de cornisas, antepechos y fachadas desprendidas a la calle cuando salían de los edificios; un edificio llegó a derrumbarse. Miles de viviendas sufrieron daños y muchos vecinos tuvieron que dormir fuera durante días.

La rotura se produjo en la zona de la **falla de Alhama de Murcia**, una falla activa conocida. Sismos de esa magnitud son frecuentes en todo el mundo y rara vez causan víctimas; aquí pesaron la poca profundidad, la cercanía a la ciudad y el estado de elementos de las fachadas.

Fuente: Elaboración propia a partir del informe del Instituto Geográfico Nacional (IGN) sobre la serie sísmica de Lorca.

🔍 ¿Qué factores del riesgo ves en este caso? Separa los de peligrosidad, exposición y vulnerabilidad.

**F7 La Palma, 2021: 85 días de erupción****ESTUDIO DE CASO**

El 19 de septiembre de 2021, a las 15:10 (hora local), se abrió una fisura en Cabeza de Vaca, en la ladera de **Cumbre Vieja**, y comenzó una erupción que duró **85 días** (hasta el 13 de diciembre). Fue una erupción de explosividad moderada (VEI 3), con coladas de lava que llegaron al mar y crearon una **fajana** de nuevo terreno.

La lava cubrió más de 1 200 hectáreas y destruyó casi **3 000 edificaciones**, además de carreteras y cultivos de plátano; se evacuó a entre 5 000 y 7 000 personas y las pérdidas se estiman en cientos de millones de euros (unos 840 millones de euros). **No hubo víctimas directas de la lava**, porque los avisos permitieron evacuar con antelación: se registró una muerte durante tareas de limpieza dentro de la zona de exclusión.

Antes del inicio, una **serie de enjambres sísmicos** y la deformación del terreno ya habían hecho subir el nivel de **alerta a amarillo** el 13 de septiembre. El PEVOLCA usa un **semáforo** (verde, amarillo, naranja y rojo) y zonas de exclusión para decidir qué evacuar y cuándo.

*Fuente: Elaboración propia a partir de información del Instituto Geográfico Nacional (IGN), del Instituto Volcanológico de Canarias (INVOLCAN) y del Plan PEVOLCA. Cifras aproximadas.*

- 🔍 Canarias está sobre una placa (la africana) y lejos de un límite, pero hay volcanes activos. ¿Cuál fue el papel del aviso temprano en las víctimas?

**F8 Riesgo = peligrosidad × exposición × vulnerabilidad****ESQUEMA****RIESGO = PELIGROSIDAD × EXPOSICIÓN × VULNERABILIDAD****Peligrosidad** ¿Qué puede ocurrir y con qué probabilidad?

Probabilidad de que un fenómeno de cierta intensidad (un terremoto, una erupción) ocurra en un lugar y en un periodo de tiempo. Depende de la geología: límites de placas, fallas, volcanes activos.  
Ejemplo: el sureste peninsular está cerca de fallas activas.

**Exposición** ¿Quién y qué hay en la zona afectable?

Personas, viviendas, infraestructuras, servicios y actividad económica situados donde puede llegar el fenómeno. Aumenta con la densidad de población y con la ocupación del territorio.  
Ejemplo: una ciudad grande sobre una falla expone a más personas que un pueblo aislado.

**Vulnerabilidad** ¿Qué fragilidad tiene lo que está expuesto?

Propensión al daño: calidad de los edificios, pobreza, edad y salud de la población, información, preparación y capacidad de respuesta de la sociedad.  
Ejemplo: edificios sin refuerzo sismorresistente o sin plan de evacuación.

**Qué podemos cambiar**

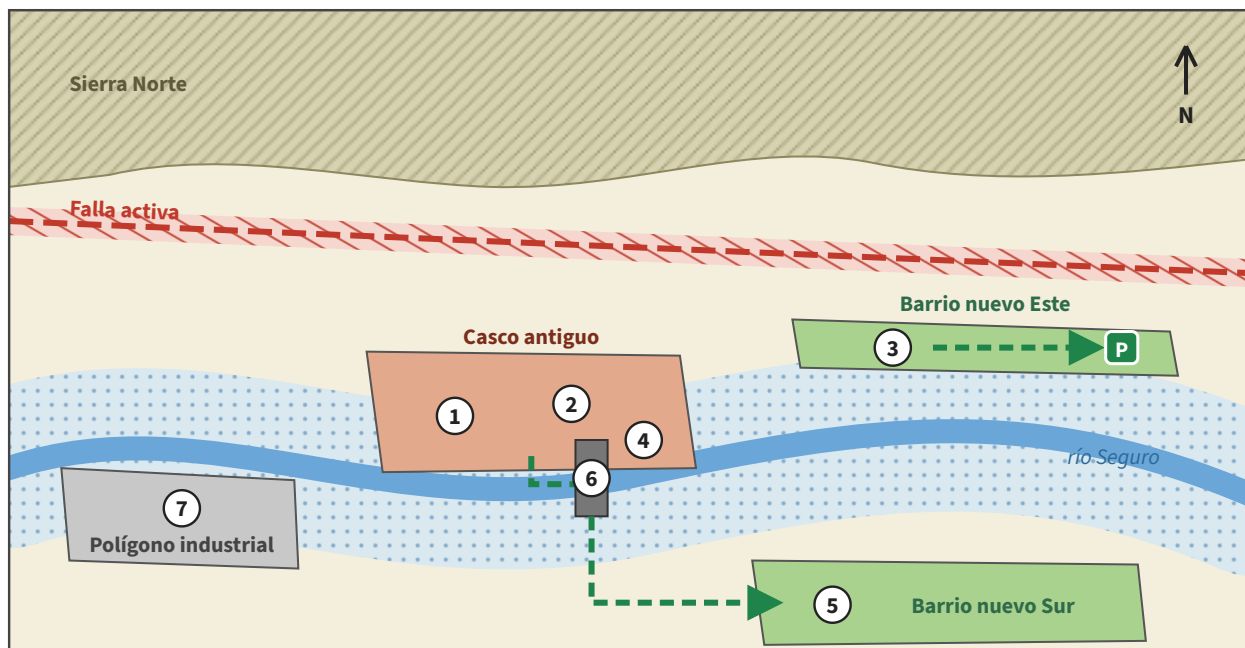
No podemos reducir la peligrosidad natural, pero sí la exposición (ordenar el territorio) y la vulnerabilidad (construir mejor, educar, alertar y prepararse).

*Fuente: Esquema de elaboración propia a partir de las definiciones habituales de gestión del riesgo de desastres (UNDRR, IGN y protección civil).*

- 🔍 El riesgo es una probabilidad de daño, no una predicción: se multiplica porque si uno de los tres factores es cero, el riesgo es cero.

**F9 Villa Segura: una ciudad ficticia con una falla activa**

ESQUEMA



Laderas inestables (desprendimientos)

Suelo blando aluvial (amplifica la sacudida)

Edificios nuevos, sismorresistentes

Franja de la falla activa (rotura en superficie)

Edificios antiguos, sin refuerzo sismorresistente

Industria y almacenes

**1 Hospital · 2 Colegio A · 3 Colegio B · 4 Residencia de mayores**

**5 Parque de bomberos · 6 Puente (única vía hacia el Sur) · 7 Depósito de gas**

Ruta de evacuación prevista

P Punto de reunión actual

Ciudad ficticia, sin escala

Fuente: Mapa de elaboración propia. Ciudad inventada con fines didácticos; no corresponde a ninguna localidad real. Datos de población ficticios.

- 30 000 habitantes. La falla activa, a 5 km al norte, puede producir un terremoto de magnitud 6,5 (probabilidad estimada del 15 % en 50 años). Los suelos blandos aluviales amplifican las ondas sísmicas. El casco antiguo se construyó antes de que existiera una norma sismorresistente; los barrios nuevos siguen la norma actual.

**F10** Diez medidas posibles para Villa Segura

DATOS

| N.º | Medida                                                        | Coste (M€) | Personas protegidas (aprox.)                                  |
|-----|---------------------------------------------------------------|------------|---------------------------------------------------------------|
| M1  | Reforzar la estructura del hospital (1)                       | 3,0        | 800 dentro del edificio y atención a toda la ciudad           |
| M2  | Reforzar el colegio A y la residencia de mayores (2 y 4)      | 2,4        | 530 (450 escolares y 80 mayores)                              |
| M3  | Reforzar las 60 viviendas del casco antiguo en peor estado    | 3,6        | 1 200                                                         |
| M4  | Construir un segundo puente sobre el río (6)                  | 2,8        | 8 000 (Barrio Sur y parque de bomberos)                       |
| M5  | Trasladar el depósito de gas (7) fuera del suelo blando       | 1,5        | 2 500 (entorno inmediato)                                     |
| M6  | Plan de evacuación y simulacros anuales                       | 0,6        | 30 000                                                        |
| M7  | Campaña educativa en colegios y barrios                       | 0,4        | 30 000                                                        |
| M8  | Estudio de microzonificación (mapa de suelos blandos y duros) | 0,8        | 30 000 (ayuda a decidir dónde y cómo construir)               |
| M9  | Estabilizar las laderas de la Sierra Norte                    | 1,6        | 50 (senderistas; no hay edificios bajo las laderas)           |
| M10 | Sistema de alerta temprana sísmica                            | 1,2        | 30 000, pero solo con segundos de aviso: la falla está a 5 km |

Presupuesto disponible: **10 M€**. El coste total de las diez medidas es de 17,9 M€: no se puede hacer todo.

Fuente: Elaboración propia. Costes y número de personas protegidas ficticios y redondeados, con fines didácticos.

## Fichas de actividades del alumnado

SdA 3 · Vivir sobre placas tectónicas

ALUMNADO

## FICHA 1

## Un mapa lleno de patrones

Sesión 1

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Observa el mapa F1 y la tabla F4. Primero se mira, después se formula una hipótesis.

## 1 Diagnóstico inicial. Marca la opción correcta.

Las placas tectónicas son...

- ☐ capas de magma líquido    ☐ fragmentos rígidos de litosfera    ☐ los continentes y nada más

La mayoría de los terremotos se produce...

- ☐ en el centro de las placas    ☐ en los bordes de las placas    ☐ solo en el fondo del mar

Las placas se desplazan a una velocidad parecida a la de...

- ☐ un coche en ciudad    ☐ el crecimiento de las uñas    ☐ un caracol corriendo

Un volcán es...

- ☐ siempre una montaña con nieve    ☐ una abertura por la que sale material fundido del interior    ☐ un tipo de terremoto

## 2 Con F1 y F4, anota para cada fenómeno si está junto a un límite de placas y de qué color es el más cercano (rojo = subducción; azul = otros límites; «ninguno»).

| Fenómeno                   | ¿Junto a un límite? (Sí/No) | Color del límite más cercano |
|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 1 Valdivia (Chile)         |                             |                              |
| 2 Alaska                   |                             |                              |
| 3 Sumatra                  |                             |                              |
| 4 Tohoku (Japón)           |                             |                              |
| 5 Haití                    |                             |                              |
| 6 Nepal                    |                             |                              |
| 7 Turquía y Siria          |                             |                              |
| 8 Darfield (Nueva Zelanda) |                             |                              |
| 9 Lorca                    |                             |                              |
| A Pinatubo                 |                             |                              |
| B Nevado del Ruiz          |                             |                              |
| C Tambora                  |                             |                              |
| D Eyjafjallajökull         |                             |                              |
| E Kīlauea                  |                             |                              |
| F Cumbre Vieja             |                             |                              |

**3 Formula tu hipótesis espacial completando el texto.**

Los terremotos y volcanes no se reparten al azar: se concentran en los \_\_\_\_\_ de las placas. Los cuatro mayores terremotos (1, 2, 3 y 4) están en límites de \_\_\_\_\_ (rojo). Pero hay fenómenos que no están en un límite, como \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_, y eso significa que mi hipótesis tiene \_\_\_\_\_.

**4 Kīlauea (E) y Cumbre Vieja (F) no están en un borde de placa. Propón en dos o tres líneas una explicación posible: ¿qué podría ocurrir en el manto bajo una placa para que haya un volcán?**

---

---

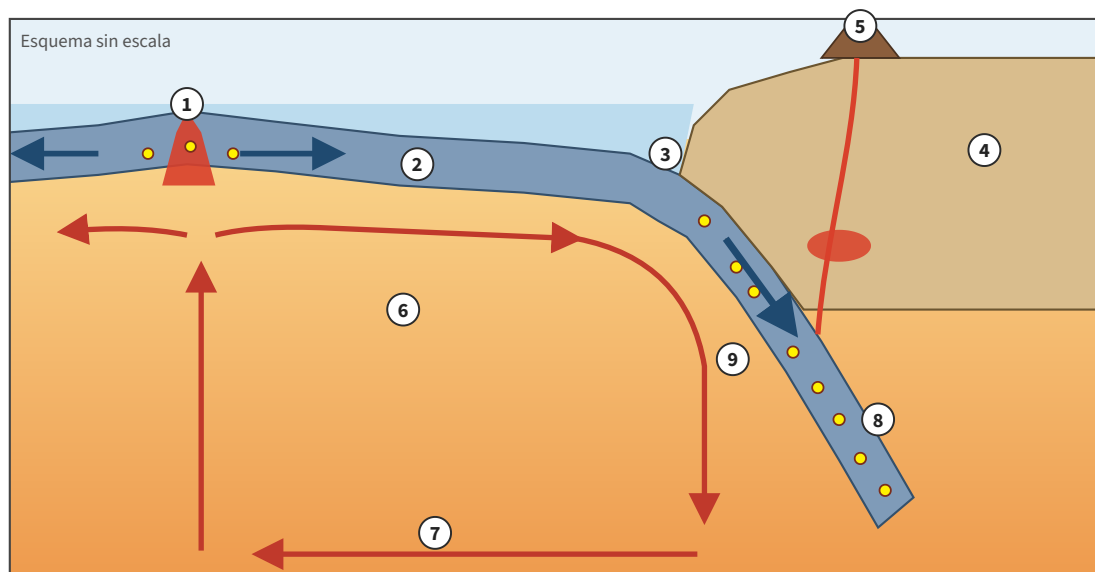
---

## FICHA 2 ¿Qué mueve las placas?

## Sesión 2

Usa el esquema de la estructura y la dinámica de la Tierra (F2) para rotular y calcular.

1 Rotula el esquema: escribe el nombre de cada número.



| N.º | Nombre |
|-----|--------|
| 1   |        |
| 2   |        |
| 3   |        |
| 4   |        |
| 5   |        |
| 6   |        |
| 7   |        |
| 8   |        |
| 9   |        |



## 2 Relaciona cada capa con su descripción.

1 Corteza continental



2 Corteza oceánica



3 Litosfera



4 Astenosfera



5 Manto inferior



6 Núcleo externo



a

Líquido, de hierro y níquel; genera el campo magnético

b

Capa rígida formada por la corteza y la parte superior del manto

c

Gruesa (25-70 km), de composición granítica y menos densa

d

Parte del manto superior caliente y dúctil que fluye muy despacio

e

Delgada (unos 5-10 km), basáltica y más densa

f

Sólido y muy caliente; llega hasta unos 2 900 km de profundidad

## 3 La dorsal Atlántica separa Europa y América a unos 2,5 cm al año. Completa la tabla y resuelve.

| Tiempo                  | Distancia recorrida a 2,5 cm/año |
|-------------------------|----------------------------------|
| 1 año                   |                                  |
| 1 000 años              |                                  |
| 1 millón de años (1 Ma) |                                  |
| 100 Ma                  |                                  |

## 4 Madrid y Nueva York están a unos 5 750 km. Si el Atlántico se hubiera abierto siempre a 2,5 cm al año, ¿cuántos millones de años habrían hecho falta? Explica por qué es solo un orden de magnitud.

## 5 Verdadero o falso.

|                                                                                                                      | V                        | F                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Las placas flotan sobre un océano de magma líquido.                                                                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| El tirón de la placa oceánica que se hunde en una fosa es uno de los motores principales del movimiento.             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Las corrientes de convección del manto son tan rápidas como un río.                                                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| En una zona de subducción, los terremotos ocurren a profundidades muy distintas a lo largo de la placa que se hunde. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Los continentes se mueven abriéndose paso por el fondo del mar como barcos.                                          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

## FICHA 3 Tres tipos de límite

Sesión 3

Usa los esquemas de F3 y vuelve al mapa F1. Cada tipo de límite deja su relieve y su actividad.

## 1 Completa la tabla de los límites.

| Tipo de límite          | Movimiento de las placas | Procesos | Relieve y actividad | Ejemplo |
|-------------------------|--------------------------|----------|---------------------|---------|
| Divergente              |                          |          |                     |         |
| Convergente: subducción |                          |          |                     |         |
| Convergente: colisión   |                          |          |                     |         |
| Transformante           |                          |          |                     |         |

## 2 Marca la opción correcta.

Una fosa oceánica y una cadena de volcanes junto a la costa indican...

- ☐ un límite divergente   ☐ una subducción   ☐ un límite transformante

La cordillera del Himalaya se formó por...

- ☐ colisión de dos continentes   ☐ la separación de dos placas oceánicas   ☐ un punto caliente

En un límite transformante hay terremotos superficiales, pero...

- ☐ muchos volcanes   ☐ no hay creación ni destrucción de litosfera   ☐ siempre hay fosa

En una dorsal oceánica...

- ☐ se destruye litosfera   ☐ se crea litosfera nueva   ☐ las placas chocan

3 Identifica el límite en cada lugar y justifica con un dato de F1, F3 o F4.

| Lugar                               | Tipo de límite | Fenómeno asociado |
|-------------------------------------|----------------|-------------------|
| Chile (Nazca-Sudamericana)          |                |                   |
| Islandia (dorsal mesoatlántica)     |                |                   |
| Japón                               |                |                   |
| Haití (Caribe-Norteamericana)       |                |                   |
| Nepal (India-Euroasiática)          |                |                   |
| Sureste peninsular (África-Eurasia) |                |                   |

4 Kilauea y Cumbre Vieja están dentro de una placa. Explica en tres líneas por qué el modelo de límites no basta para explicarlo todo y qué hipótesis se usa.

---



---



---

Usa la fórmula de F8. Escala de 1 a 5 en cada factor; riesgo = peligrosidad × exposición × vulnerabilidad (máximo 125). Riesgo bajo: 1-20; medio: 21-50; alto: más de 50.

**1** Clasifica cada afirmación: P (peligrosidad), E (exposición) o V (vulnerabilidad).

| Afirmación                                                              | P, E o V |
|-------------------------------------------------------------------------|----------|
| La ciudad está a 5 km de una falla activa.                              |          |
| Viven 800 000 personas en la zona donde puede sentirse el terremoto.    |          |
| Los edificios se construyeron antes de 1970 sin norma sismorresistente. |          |
| Hay un volcán activo con erupciones cada pocas décadas.                 |          |
| El hospital está en la zona donde llegaría un tsunami.                  |          |
| La población no sabe qué hacer durante un terremoto.                    |          |
| La población de una zona turística se duplica en verano.                |          |
| No existe plan de evacuación ni se hacen simulacros.                    |          |

**2** Tres ciudades están junto a la misma falla (peligrosidad 4). Alfa: 30 000 habitantes, edificios nuevos sismorresistentes y plan de emergencia. Beta: 30 000 habitantes, edificios antiguos sin refuerzo y sin plan. Gamma: 3 000 habitantes, igual de frágil que Beta. Puntúa de 1 a 5 y calcula.

| Factor                           | Alfa | Beta | Gamma |
|----------------------------------|------|------|-------|
| Peligrosidad (1-5)               |      |      |       |
| Exposición (1-5)                 |      |      |       |
| Vulnerabilidad (1-5)             |      |      |       |
| Riesgo ( $P \times E \times V$ ) |      |      |       |
| Nivel (bajo, medio, alto)        |      |      |       |

- 3 Haití (2010, Mw 7,0) y Darfield (2010, Mw 7,0-7,1) tuvieron magnitudes parecidas (F4). ¿Por qué las consecuencias fueron tan distintas? Escribe una hipótesis con un factor de exposición y uno de vulnerabilidad.

---



---



---



---

- 4 Un volcán muy activo en una isla sin habitantes: ¿tiene peligrosidad alta o baja? ¿Y riesgo? Explícalo con la fórmula.

---



---



---

### FICHA 5 Leemos mapas de riesgo

Sesión 5

Usa el mapa del sureste (F5), el caso de Lorca (F6) y el plano de Villa Segura (F9). Un mapa describe, no predice.

- 1 Marca la opción correcta.

Los terremotos del sureste peninsular se deben a...

- ☐ la subducción de una placa bajo Iberia    ☐ la convergencia lenta de África y Eurasia repartida en varias fallas  
☐ un punto caliente bajo Murcia

En el mapa F5, los epicentros históricos...

- ☐ se alinean con las fallas activas de la zona y el borde del mar de Alborán    ☐ aparecen en el centro de la Meseta  
☐ forman un círculo perfecto

La falla de Alhama de Murcia se llama «activa» porque...

- ☐ es muy grande    ☐ ha producido terremotos en tiempos geológicos recientes    ☐ está bajo el mar

- 2 Calcula los años que pasan entre cada terremoto de F5 y el siguiente. ¿Se puede predecir cuándo será el próximo?

| De... a...  | Años entre ambos |
|-------------|------------------|
| 1518 a 1522 |                  |
| 1522 a 1804 |                  |
| 1804 a 1829 |                  |
| 1829 a 1884 |                  |
| 1884 a 1910 |                  |
| 1910 a 2011 |                  |

- 3 Analiza el plano de Villa Segura (F9) y completa la tabla.

| Elemento                | ¿En suelo blando? | ¿Edificio antiguo o nuevo? | Riesgo (alto, medio, bajo) |
|-------------------------|-------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1 Hospital              |                   |                            |                            |
| 2 Colegio A             |                   |                            |                            |
| 3 Colegio B             |                   |                            |                            |
| 4 Residencia de mayores |                   |                            |                            |
| 5 Parque de bomberos    |                   |                            |                            |
| 6 Puente                |                   |                            |                            |
| 7 Depósito de gas       |                   |                            |                            |

4

**Verdadero o falso sobre los mapas de riesgo.**

|                                                                                     | V                        | F                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Un mapa de peligrosidad indica el día en que ocurrirá el terremoto.                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Un mapa de riesgo combina peligrosidad, exposición y vulnerabilidad.                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Una zona sin terremotos recientes no tiene peligrosidad.                            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Un mapa de España entero sirve para decidir qué calle de un barrio hay que evacuar. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

5

**Comentario cartográfico de Villa Segura (F9): qué muestra, dónde se concentra el riesgo y por qué, y una limitación del mapa.**


---



---



---



---



---



---

Presupuesto de Villa Segura: 10 M€. Usa F10 y el plano F9. Recuerda que la peligrosidad natural no se puede reducir, pero la exposición y la vulnerabilidad sí.

- 1 Clasifica cada medida de F10: tipo (estructural, urbanística, educativa o de emergencia) y factor sobre el que actúa (peligrosidad, exposición o vulnerabilidad).

| Medida                     | Tipo | Actúa sobre |
|----------------------------|------|-------------|
| M1 Hospital                |      |             |
| M2 Colegio A y residencia  |      |             |
| M3 60 viviendas            |      |             |
| M4 Segundo puente          |      |             |
| M5 Depósito de gas         |      |             |
| M6 Evacuación y simulacros |      |             |
| M7 Campaña educativa       |      |             |
| M8 Microzonificación       |      |             |
| M9 Laderas                 |      |             |
| M10 Alerta temprana        |      |             |



**2** Calcula el coste por persona protegida (coste ÷ personas, en euros) y reflexiona.

| Medida                                          | Coste por persona protegida (€) |
|-------------------------------------------------|---------------------------------|
| M1 Hospital (3 000 000 € / 800)                 |                                 |
| M3 60 viviendas (3 600 000 € / 1 200)           |                                 |
| M4 Segundo puente (2 800 000 € / 8 000)         |                                 |
| M6 Evacuación y simulacros (600 000 € / 30 000) |                                 |
| M9 Laderas (1 600 000 € / 50)                   |                                 |

---



---



---

**3** Elige las medidas de tu plan preliminar sin superar 10 M€ y justifícalas.

| Medida elegida | Coste (M€) | Por qué la elijo |
|----------------|------------|------------------|
|                |            |                  |
|                |            |                  |
|                |            |                  |
|                |            |                  |
|                |            |                  |
|                |            |                  |

**4** En La Palma (F7), ¿qué tipo de medida es el semáforo del PEVOLCA y cómo reduce el riesgo si no cambia la peligrosidad del volcán?

---



---



---

Cada persona del equipo defiende un papel. El comité debe llegar a una decisión que no supere 10 M€. Los papeles tienen prioridades distintas, y es normal.

### 1 Prepara el argumento de tu papel.

| Papel                        | Prioridad principal                                                           | Medida que defenderé y por qué |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Protección Civil             | Salvar vidas y mantener los servicios esenciales                              |                                |
| Urbanismo                    | Ordenar el territorio: no construir sobre suelos blandos ni cerca de la falla |                                |
| Hacienda                     | No superar 10 M€ y lograr el mayor beneficio por euro                         |                                |
| Vecindario del casco antiguo | Proteger sus casas y a los mayores                                            |                                |
| Persona experta en geología  | Dar datos y recordar los límites de los mapas                                 |                                |
| Alcaldía                     | Decidir y explicar la decisión a la ciudadanía                                |                                |

### 2 Acta de la decisión del comité.

| Medida aprobada | Coste (M€) | Reduce la exposición o la vulnerabilidad | Riesgo que sigue habiendo |
|-----------------|------------|------------------------------------------|---------------------------|
|                 |            |                                          |                           |
|                 |            |                                          |                           |
|                 |            |                                          |                           |
|                 |            |                                          |                           |
|                 |            |                                          |                           |
|                 |            |                                          |                           |

### 3 Comprueba la decisión.

- ☐ El coste total no supera los 10 M€
- ☐ Protege los servicios esenciales (hospital, bomberos, puente)
- ☐ Incluye al menos una medida barata que alcanza a mucha gente
- ☐ Cada medida se justifica con un factor del riesgo
- ☐ Reconoce el riesgo residual: ninguna decisión lo elimina

4 Aunque se aprobara el plan, ¿qué riesgo residual quedaría y cómo se lo comunicarías a la población sin generar alarma ni falsa seguridad?

---

---

---

---

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

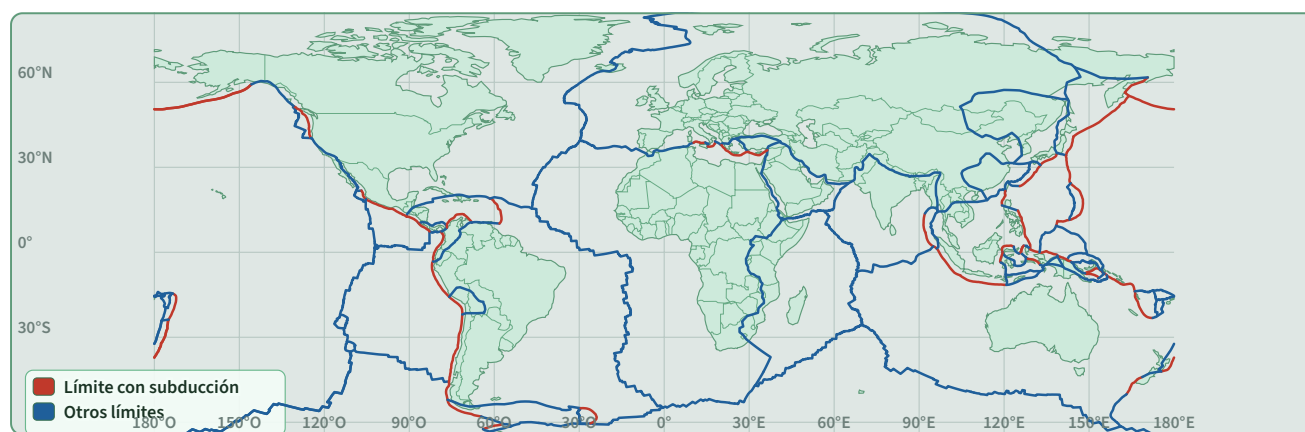
Fecha: \_\_\_\_\_

Revisa el borrador del atlas y completa tu reflexión individual.

### 1 Revisa el atlas antes de entregarlo.

- ☐ Mapa de placas con los límites y los peligros del territorio
- ☐ Peligrosidad: tipo de límite y fenómenos posibles
- ☐ Exposición: población, infraestructuras y servicios
- ☐ Vulnerabilidad: edificios, preparación y desigualdad
- ☐ Matriz de riesgo con  $P \times E \times V$
- ☐ Plan de prevención con medidas de tipos distintos
- ☐ Limitaciones del análisis y fuentes citadas

### 2 Sitúa tu territorio en el mapa mundial: marca el límite de placas más cercano y los peligros.



### 3 Reflexión individual (seis líneas): ¿por qué dos lugares con el mismo peligro pueden tener riesgos muy distintos? Usa un ejemplo de este dossier y una medida de prevención.

---



---



---



---



---



---

## Plantilla del producto final

SdA 3 · Vivir sobre placas tectónicas

ALUMNADO

Nombre:

Curso/grupo:

Fecha:

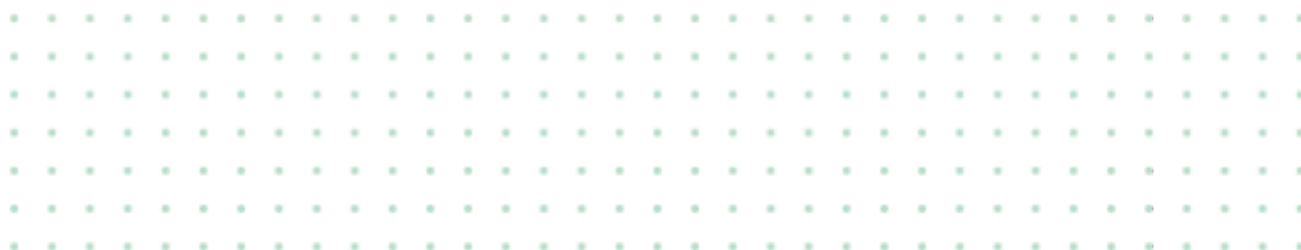
Atlas de riesgo geológico (una página). Elegid un territorio, copiad o calcad el mapa de placas y peligros y justificad cada apartado con datos citados.

**Título y autores****Territorio elegido**

Dónde está y qué límite de placas o falla le afecta.

**Mapa de placas y peligros**

Límites, volcanes, fallas y terremotos históricos.

**Peligrosidad**

Qué fenómenos pueden ocurrir, con qué magnitud y frecuencia.

**Exposición**

Quién y qué hay en la zona afectable.

**Vulnerabilidad**

Edificios, preparación, desigualdad y servicios.

**Matriz de riesgo**

Puntuaciones 1-5 y producto  $P \times E \times V$ .

**Plan de prevención**

Medidas de tipos distintos, coste y factor sobre el que actúan.

**Limitaciones y fuentes**

Qué no sabemos y de dónde proceden los datos.

## Lista de cotejo para el proceso y la entrega

SdA 3 · Vivir sobre placas tectónicas

ALUMNADO

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Antes de entregar **Atlas de riesgo geológico con mapa de placas y peligros, análisis de vulnerabilidad y plan de prevención.**, comprueba cada punto y marca la casilla. Si alguno falla, todavía estás a tiempo de mejorarlo.

### Contenido del producto

- ☐ El mapa muestra los límites de placas y los peligros del territorio, con leyenda.
- ☐ Se identifica el tipo de límite (o la falla) y se relaciona con el relieve y los fenómenos.
- ☐ Peligrosidad, exposición y vulnerabilidad se tratan por separado, con datos de cada una.
- ☐ La matriz de riesgo usa la escala acordada y el producto está bien calculado.
- ☐ El plan incluye medidas de tipos distintos (estructural, urbanística, educativa y de emergencia).
- ☐ Cada medida indica sobre qué factor actúa y su coste aproximado.
- ☐ Se reconoce el riesgo residual y que los mapas no predicen fechas.
- ☐ Los datos están citados con fuentes fiables y distinguen cifras aproximadas.

### Calidad y rigor

- ☐ He utilizado vocabulario específico de la materia y lo he explicado cuando era necesario.
- ☐ He apoyado mis afirmaciones con evidencias (datos, citas, mapas o ejemplos concretos).
- ☐ He citado o identificado todas las fuentes utilizadas.
- ☐ He revisado la ortografía, la presentación y el orden del producto.
- ☐ He incorporado las mejoras propuestas en la coevaluación o por el docente.

#### Lo que más me ha costado

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

#### Firma del equipo / fecha de entrega

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Rúbrica imprimible

SdA 3 · Vivir sobre placas tectónicas

ALUMNADO · DOCENTE

Nombre:

Curso/grupo:

Fecha:

Rúbrica para valorar **Atlas de riesgo geológico con mapa de placas y peligros, análisis de vulnerabilidad y plan de prevención..** Marca el nivel alcanzado en cada indicador.

| Indicador                                        | NIVEL 4<br>Avanzado                                                                                                                                                                                                                                                                                        | NIVEL 3<br>Adecuado                                                                                                                                                               | NIVEL 2<br>En proceso                                                                                                                                                         | NIVEL 1<br>Inicial                                                                                                                             | Nivel |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>Comprensión científica</b>                    | Rigurosa, conectada y con vocabulario preciso.                                                                                                                                                                                                                                                             | Correcta en lo esencial.                                                                                                                                                          | Parcial o con alguna confusión.                                                                                                                                               | Fragmentaria o con errores esenciales.                                                                                                         |       |
| <b>Uso de evidencias</b>                         | Contrasta fuentes y usa evidencias concretas.                                                                                                                                                                                                                                                              | Aporta evidencias suficientes.                                                                                                                                                    | Evidencias escasas o descriptivas.                                                                                                                                            | Conclusiones sin evidencia suficiente.                                                                                                         |       |
| <b>Comprensión de la tectónica de placas</b>     | Relaciona sin ayuda cada tipo de límite con su movimiento, sus procesos (subducción, expansión, colisión, deslizamiento), su relieve y su actividad sísmica y volcánica; explica los motores de las placas y justifica con datos los casos que no encajan (puntos calientes, zonas de deformación difusa). | Relaciona correctamente los tipos de límite con sus procesos y fenómenos; explica el movimiento de las placas con algún descuido en los motores o en los casos excepcionales.     | Identifica los límites en el mapa, pero confunde algún proceso o fenómeno (p. ej., volcanes en límites transformantes) o no explica por qué hay actividad lejos de un límite. | Asocia terremotos y volcanes a cualquier lugar sin referirse a los límites, o describe las placas como bloques que flotan sobre magma líquido. |       |
| <b>Análisis diferenciado de peligro y riesgo</b> | Distingue con precisión peligrosidad, exposición, vulnerabilidad y riesgo; explica con ejemplos y cifras por qué el mismo fenómeno produce consecuencias distintas, propone medidas que actúan sobre cada factor y reconoce el riesgo residual y los límites de los mapas.                                 | Distingue los cuatro conceptos y los aplica a un caso con datos; las medidas son adecuadas, aunque no siempre justifica sobre qué factor actúan o no menciona el riesgo residual. | Confunde algún concepto (p. ej., exposición con vulnerabilidad) o analiza el caso de forma parcial; las medidas son genéricas y no se ajustan al territorio.                  | Usa peligro y riesgo como sinónimos, atribuye las víctimas únicamente a la magnitud del fenómeno o hace predicciones deterministas.            |       |
| <b>Comunicación y producto</b>                   | Claro, preciso y responde plenamente al reto.                                                                                                                                                                                                                                                              | Claro y responde adecuadamente.                                                                                                                                                   | Cumple parcialmente o necesita mejorar.                                                                                                                                       | Incompleto o no responde al reto.                                                                                                              |       |

## Observaciones del docente

---



---



---

## Valoración global

---



---



---

**Autoevaluación y coevaluación**

SdA 3 · Vivir sobre placas tectónicas

ALUMNADO

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

**Parte 1 · Autoevaluación**

| Afirmación                                                                                                | Aún no                | Con ayuda             | Bien                  | Muy bien              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Sé explicar con un ejemplo por qué el mismo terremoto puede producir daños muy distintos en dos ciudades. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Sé relacionar un tipo de límite de placas con su relieve y con los terremotos o volcanes que produce.     | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| He cumplido mi rol y mis tareas dentro del equipo.                                                        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| He escuchado y tenido en cuenta las ideas de los demás.                                                   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| He usado fuentes y evidencias para justificar mis ideas.                                                  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| He revisado y mejorado mi trabajo a partir de la retroalimentación.                                       | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

**Dos aprendizajes que he logrado**


---



---



---

**Una dificultad que he tenido**


---



---



---

**Una mejora que haré la próxima vez**


---



---

**Parte 2 · Coevaluación de otro equipo****Equipo evaluado:** \_\_\_\_\_**Fortaleza 1**


---



---

**Fortaleza 2**


---



---

**Propuesta de mejora**


---



---



## Material de apoyo y refuerzo

SdA 3 · Vivir sobre placas tectónicas

ALUMNADO

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Trabajarás con un único límite (el de Nazca y Sudamérica, en Chile) y con una tabla de riesgo ya preparada. Sigue el ejemplo modelado.

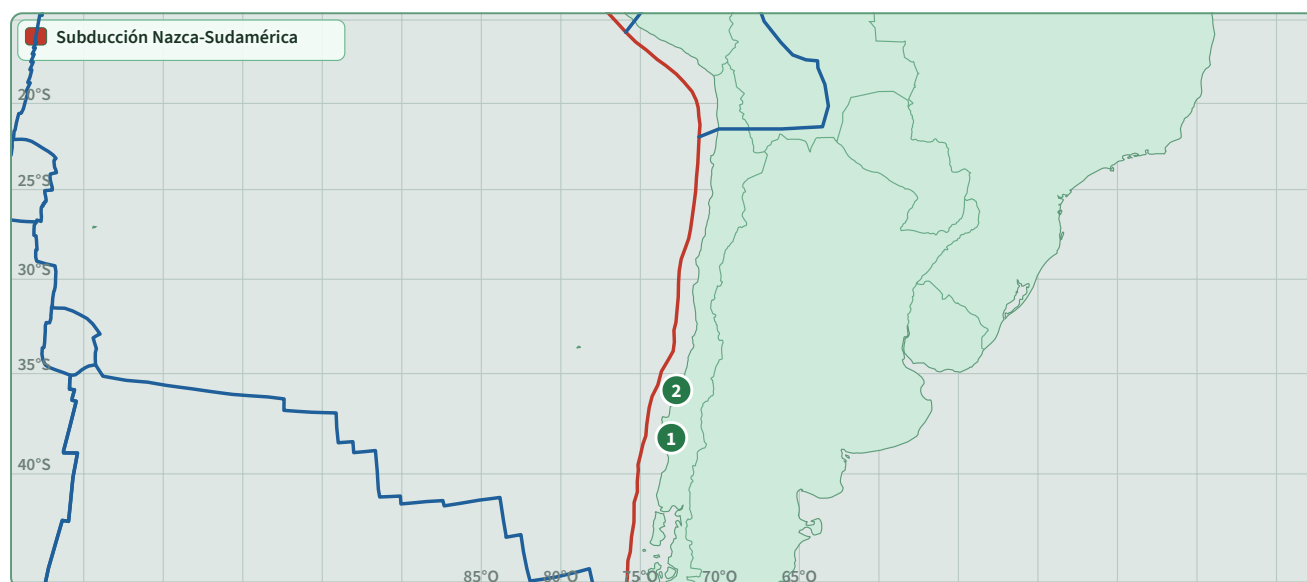
### ⊗ Un límite en cuatro frases

En Chile, la placa oceánica de **Nazca**, más densa, se hunde bajo la placa **Sudamericana**: es un límite convergente de tipo **subducción**. Donde se hunde hay una **fosa** frente a la costa. Al hundirse, la placa se calienta, se forma magma y sale por los **volcanes de los Andes**. Por el roce de las placas hay **terremotos**, algunos muy grandes.

### ⊗ Ejemplo modelado de riesgo

Ciudad X: peligrosidad **4**, exposición **3**, vulnerabilidad **2**. Riesgo =  $4 \times 3 \times 2 = 24$ . Escala: bajo 1-20, medio 21-50, alto más de 50. Por tanto, el riesgo de X es **medio**.

- 1 Mira el mapa de Chile. Los números 1 y 2 son dos grandes terremotos: Valdivia 1960 (1) y Maule 2010 (2). Escribe «Nazca» y «Sudamericana» sobre las placas y señala la fosa con una flecha.



- 2 Completa.

En Chile, la placa de \_\_\_\_\_ se hunde bajo la placa \_\_\_\_\_. Es un límite \_\_\_\_\_ de tipo \_\_\_\_\_. Frente a la costa hay una \_\_\_\_\_ y en tierra una cadena de \_\_\_\_\_ llamada Andes.

3 Completa la tabla de riesgo (ya tiene los valores). Calcula el producto y el nivel con la escala del ejemplo.

| Territorio                            | P | E | V | $P \times E \times V$ | Nivel |
|---------------------------------------|---|---|---|-----------------------|-------|
| Santiago de Chile                     | 5 | 4 | 2 |                       |       |
| Isla deshabitada con un volcán activo | 5 | 1 | 1 |                       |       |
| Pueblo pequeño de adobe en los Andes  | 4 | 1 | 5 |                       |       |

4 La isla deshabitada tiene peligrosidad alta (5). ¿Por qué su riesgo es bajo? Usa la palabra «exposición».

---



---

## Actividad de ampliación

SdA 3 · Vivir sobre placas tectónicas

ALUMNADO

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

 **Dos terremotos de magnitud parecida, dos desastres distintos**

Haití y Darfield (Nueva Zelanda) sufrieron en 2010 terremotos de magnitud casi igual con consecuencias opuestas. Compara los datos y explica cuánto de la diferencia es geológica y cuánto es social.

**A1 Haití y Darfield, 2010**

DATOS

| Dato                                | Haití (Puerto Príncipe)                                    | Darfield (Christchurch)                    |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Fecha y hora local                  | 12 de enero de 2010, 16:53                                 | 4 de septiembre de 2010, 04:35             |
| Magnitud (Mw)                       | 7,0                                                        | 7,0-7,1                                    |
| Profundidad                         | Unos 13 km                                                 | Unos 10 km                                 |
| Distancia del epicentro a la ciudad | Unos 25 km                                                 | Unos 40 km                                 |
| Población del área afectada         | Unos 2,5 a 3 millones de personas en el área metropolitana | Unas 400 000 personas en Christchurch      |
| Normas de construcción              | Casi sin norma sismorresistente aplicada                   | Norma sismorresistente estricta y aplicada |
| Víctimas mortales                   | Entre decenas de miles y más de 300 000, según la fuente   | Ninguna                                    |

Nota: en febrero de 2011, otro terremoto de Christchurch (Mw 6,2), más cercano a la ciudad y más superficial, causó 185 víctimas. La distancia y la profundidad también importan.

Fuente: Elaboración propia a partir de los catálogos del USGS y del servicio geológico de Nueva Zelanda (GeoNet), y de informes de las Naciones Unidas. Cifras redondeadas; en Haití el número de víctimas varía mucho según la fuente.

 **Pasos**

- 1 Lee la tabla de datos de los dos terremotos.
- 2 Para cada factor, decide si es de peligrosidad, de exposición o de vulnerabilidad.
- 3 Comprueba si la geología (magnitud, profundidad) explica la diferencia o no.
- 4 Escribe un párrafo con tu explicación y con una medida que habría podido reducir el daño en Haití.

# 1 Compara los dos terremotos.

| Factor                 | ¿P, E o V? | Haití | Darfield | ¿Explica la diferencia? |
|------------------------|------------|-------|----------|-------------------------|
| Magnitud y profundidad |            |       |          |                         |
| Distancia a la ciudad  |            |       |          |                         |
| Población expuesta     |            |       |          |                         |
| Normas de construcción |            |       |          |                         |
| Hora local             |            |       |          |                         |

# 2 Escribe un párrafo de ocho líneas con tu conclusión: ¿qué pesó más en la diferencia? Termina con una medida que habría reducido el daño en Haití.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Entrega

Una ficha con la tabla comparativa y un párrafo de ocho líneas que distinga con claridad los factores geológicos de los sociales.

---

---

---

---

---

---

---

---

 **Ficha 1**

1. Diagnóstico: b, b, b, b.
2. Tabla (junto a un límite; color): 1 Sí, rojo. 2 Sí, rojo. 3 Sí, rojo. 4 Sí, rojo. 5 Sí, azul (falla transformante). 6 Sí, azul (colisión). 7 Sí, azul (falla de Anatolia). 8 No exactamente: está a unos 150-200 km de la Falla Alpina, en la zona de deformación del límite Pacífica-Australiana; admitir «zona próxima». 9 Zona de deformación difusa del límite Eurasia-África (el trazo azul queda al sur, a cientos de km); admitir «cerca/lejos» si lo razonan. A Sí, rojo. B Sí, rojo (el volcán queda a unos 300 km de la fosa, pero está sobre el arco). C Sí, rojo. D Sí, azul (dorsal mesoatlántica). E No, ninguno. F No, ninguno.
3. Hipótesis: bordes; subducción; Kīlauea y Cumbre Vieja (también vale Lorca o Darfield); excepciones (o limitaciones).
4. Respuesta abierta: valorar la idea de una zona caliente del manto (punto caliente o pluma) que funde roca bajo la placa, sin límite cercano. Si dicen «no sé» pero describen que algo caliente sube desde el manto, es suficiente.

 **Ficha 2**

1. Rotulado: 1 dorsal oceánica; 2 litosfera (placa) oceánica; 3 fosa oceánica; 4 litosfera (placa) continental; 5 volcán; 6 astenosfera; 7 corrientes de convección del manto; 8 tirón de la placa que se hunde (subducción); 9 focos de terremotos (a lo largo de la placa que se hunde).
2. Relaciona: 1-c (corteza continental), 2-e (corteza oceánica), 3-b (litosfera), 4-d (astenosfera), 5-f (manto inferior), 6-a (núcleo externo).
3. Tabla: 1 año = 2,5 cm; 1 000 años = 25 m; 1 Ma = 25 km; 100 Ma = 2 500 km ( $2,5 \text{ cm} \times 100\,000\,000 = 250\,000\,000 \text{ cm} = 2\,500 \text{ km}$ ). Las tres líneas pueden recoger que cada paso multiplica por mil o por cien.
4.  $5\,750 \text{ km} = 575\,000\,000 \text{ cm}$ ;  $575\,000\,000 \div 2,5 = 230\,000\,000 \text{ años}$ , es decir, unos 230 Ma. Es solo un orden de magnitud porque la velocidad no ha sido constante, la distancia real es otra y el Atlántico se abrió por tramos; la apertura real del Atlántico central empezó hace unos 180-200 Ma.
5. V/F: F, V, F, V, F.

 **Ficha 3**

1. Divergente: se separan; sube magma y se crea litosfera nueva; dorsal o rift con sismos poco profundos y volcanes; dorsal Atlántica o rift de África Oriental. Convergente, subducción: una placa oceánica se hunde bajo otra; fosa y arco de volcanes, terremotos superficiales a muy profundos; Andes, Japón. Convergente, colisión: dos continentes chocan; corteza plegada y engrosada, cordilleras, terremotos, casi sin volcanes; Himalaya, Alpes. Transformante: se deslizan en horizontal en sentidos opuestos; no se crea ni se destruye litosfera; terremotos superficiales, sin volcanes; falla de San Andrés, falla de Anatolia.
2. Test: b, a, b, b (el último: se crea litosfera nueva).
3. Chile: subducción (terremotos de Valdivia y Maule, volcanes andinos). Islandia: divergente (volcanes, Eyjafjallajökull). Japón: subducción (Tohoku, volcanes). Haití: transformante (terremoto de 2010). Nepal: colisión (terremoto de 2015). Sureste: límite difuso entre África y Eurasia, convergencia lenta de 4-5 mm/año repartida en fallas (Lorca 2011).
4. Intraplaca: algunos volcanes aparecen lejos de los límites; se explican con la hipótesis de los puntos calientes (columnas de material caliente que ascienden desde el manto). Las Canarias son un caso discutido en la literatura científica.

#### Ficha 4

1. Clasificación: P, E, V, P, E, V, E, V.
2. Matriz sugerida: Alfa P4 E3 V2 = 24 (medio); Beta P4 E3 V5 = 60 (alto); Gamma P4 E1 V5 = 20 (bajo). Acepta puntuaciones algo distintas si mantienen el orden Beta > Alfa y Gamma bajo. Idea clave: con la misma peligrosidad, la vulnerabilidad dispara el riesgo (Beta) y una exposición pequeña lo reduce, aunque la ciudad sea frágil (Gamma).
3. Haití y Darfield: la geología no explica la diferencia (magnitud casi igual). Exposición: millones de habitantes a unos 25 km frente a unos 400 000 a 40 km. Vulnerabilidad: casi sin norma sismorresistente y edificios frágiles frente a una norma estricta. Valorar que no culpe a «la mala suerte» y que cite un factor de cada tipo; también vale la hora (04:35, de madrugada) como factor distinto de la ocupación de los edificios.
4. Isla deshabitada: peligrosidad alta, riesgo bajo o nulo porque la exposición es cero y el producto vale cero.

#### Ficha 5

1. Test: b, a, b.
2. Intervalos: 4, 282, 25, 55, 26 y 101 años. No hay un periodo regular: los intervalos van de 4 a 282 años. Los terremotos no se pueden predecir con fecha; solo se estiman probabilidades. Las crónicas antiguas tampoco son un catálogo completo.
3. Villa Segura: 1 Hospital: sí, antiguo, alto (servicio esencial). 2 Colegio A: sí, antiguo, alto. 3 Colegio B: no, nuevo, bajo. 4 Residencia: sí, antiguo, alto (población vulnerable). 5 Bomberos: no, nuevo, medio (su daño es bajo, pero depende del único puente). 6 Puente: sí, no es edificio, alto (única vía; si cae, el Sur queda aislado). 7 Depósito de gas: sí, industrial, alto (riesgo en cadena: fugas, incendio o explosión).
4. V/F: F, V, F, F.
5. Comentario: valorar que el riesgo se concentra en el casco antiguo (edificios sin refuerzo sobre suelo blando, con hospital, colegio A y residencia), en el puente y en el depósito de gas; que explique por qué (suelo blando y fragilidad) y que cite una limitación (ficticio, sin escala, sin intensidad real, no dice cuándo).

#### Ficha 6

1. Clasificación: M1 estructural, vulnerabilidad; M2 estructural, vulnerabilidad; M3 estructural, vulnerabilidad; M4 estructural (infraestructura), vulnerabilidad; M5 urbanística, exposición; M6 de emergencia, vulnerabilidad; M7 educativa, vulnerabilidad; M8 urbanística (planificación), exposición y vulnerabilidad; M9 estructural, peligrosidad local de desprendimientos (no de los terremotos); M10 de emergencia, vulnerabilidad.
2. Coste por persona: M1 3 750 €; M3 3 000 €; M4 350 €; M6 20 €; M9 32 000 €. Las medidas de planificación y educación protegen a más gente por euro; las de refuerzo son caras por persona, pero imprescindibles en servicios esenciales.
3. Plan preliminar de ejemplo:  $M6 (0,6) + M7 (0,4) + M8 (0,8) + M1 (3,0) + M2 (2,4) + M5 (1,5) = 8,7 \text{ M€}$ , con 1,3 M€ sin gastar (M10 cuesta 1,2 y es poco útil). Otro plan válido:  $M6 + M7 + M8 + M4 + M5 + M2 = 8,5 \text{ M€}$ . Aceptar cualquier plan de 10 M€ o menos que incluya medidas baratas de alcance amplio y proteja servicios esenciales, y justificado. M9 es la prioridad más baja: protege a muy pocas personas.
4. PEVOLCA: es una medida de emergencia (alerta e información). Reduce el riesgo al reducir la vulnerabilidad (evacuación a tiempo) sin cambiar la peligrosidad del volcán.

#### Ficha 7

1. Papeles: respuestas abiertas; comprobar que cada papel defiende una medida coherente con su prioridad (Protección Civil: M1, M6; Urbanismo: M8 y M5; Hacienda: M6, M7, M8; vecindario: M3 y M2; geología: datos y límites; Alcaldía: decisión).
2. Acta: aceptar cualquier combinación de 10 M€ o menos justificada.
3. Checks: se corrige con el acta. Riesgo residual: ninguna medida elimina la peligrosidad de la falla; siempre quedan edificios sin reforzar, errores humanos y un terremoto mayor del esperado. Comunicación: honesta, con cifras aproximadas, diciendo qué se ha hecho y qué se puede hacer cada persona.

### Ficha 8

1. Checks: autoevaluación del atlas con la lista de cotejo.
2. Mapa: el territorio se marca sobre el límite más cercano y se indican los peligros; valorar la coherencia con el apartado de peligrosidad.
3. Reflexión: valorar que use la fórmula (misma peligrosidad, distinta exposición o vulnerabilidad), cite un ejemplo (Haití y Darfield, Alfa y Beta, Lorca) y una medida concreta.

### Refuerzo y ampliación

1. Refuerzo: Nazca; Sudamericana; convergente; subducción; fosa; volcanes. Tabla: Santiago  $5 \times 4 \times 2 = 40$  (medio); isla  $5 \times 1 \times 1 = 5$  (bajo); pueblo  $4 \times 1 \times 5 = 20$  (bajo). Isla: aunque la peligrosidad sea alta, no hay exposición y el producto es bajo.
2. Ampliación: magnitud y profundidad, P, casi iguales, no explican la diferencia; la distancia, P y E, mayor en Haití; la población, E, mucho mayor en Haití; las normas de construcción, V, decisivas; la hora, E y V, no explica la diferencia por sí sola. Conclusión esperada: la diferencia es sobre todo social (exposición y vulnerabilidad). Medidas posibles: norma de construcción y su aplicación, microzonificación, simulacros, hospitales reforzados.

### Errores frecuentes

- Decir que las placas flotan sobre magma líquido: la astenosfera es sólida, caliente y dúctil.
- Pensar que todos los terremotos y volcanes ocurren en bordes de placa: hay puntos calientes y zonas de deformación difusa.
- Usar peligro y riesgo como sinónimos: hay lugares de peligrosidad alta y riesgo bajo, y al revés.
- Atribuir las víctimas solo a la magnitud del terremoto y olvidar la exposición y la vulnerabilidad.
- Esperar que un mapa o una estadística diga cuándo ocurrirá el próximo terremoto.
- Creer que construir bien elimina el riesgo: reduce la vulnerabilidad, pero queda un riesgo residual.

### Criterios para valorar respuestas abiertas

- En las respuestas abiertas, valorar que usen la fórmula y distingan los tres factores por encima de la extensión.
- En el plan y el acta, aceptar cualquier combinación que respete el presupuesto y esté justificada con un factor del riesgo.
- En el atlas, valorar la coherencia entre el mapa, la matriz y las medidas, y que se reconozcan las limitaciones y las fuentes.

# 04

## SITUACIÓN DE APRENDIZAJE

# Cuando una célula se divide

### PREGUNTA GUÍA

¿Por qué una misma célula utiliza mecanismos de división distintos según la función biológica?



**CURSO / NIVEL**  
4.º ESO



**SESIONES**  
7 sesiones · 1.º-2.º trimestre



**COMPETENCIAS ESPECÍFICAS**  
CE1, CE3, CE4



**BLOQUES DE SABERES**  
C · La célula · A · Proyecto científico



**PRODUCTO FINAL**  
Modelo comparativo animado o manipulativo con ciclo celular, mitosis, meiosis y tabla de función-producto-diversidad.



**CRITERIOS DE EVALUACIÓN**  
1.1, 1.2, 1.3, 3.3, 4.1, 4.2



## Contexto, reto y sentido

Mitosis y meiosis suelen memorizarse como listas de fases. La situación prioriza su función, el cambio de cantidad de material genético y la comparación de productos celulares.

### 🎯 Reto

Construir modelos de mitosis y meiosis que expliquen para qué sirven y qué consecuencias tendría un error de reparto.

### 📦 Producto final

Modelo comparativo animado o manipulativo con ciclo celular, mitosis, meiosis y tabla de función-producto-diversidad.



## Vinculación curricular

### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS Y DESCRIPTORES DEL PERFIL DE SALIDA

#### CE1

Interpretar y transmitir información y datos científicos, argumentando sobre ellos y utilizando diferentes formatos, para analizar conceptos y procesos de las ciencias biológicas y geológicas.

CCL1

CCL2

CCL5

STEM4

CD2

CD3

CCEC4

#### CE3

Planificar y desarrollar proyectos de investigación, siguiendo los pasos de las metodologías científicas y cooperando cuando sea necesario, para indagar en aspectos relacionados con las ciencias geológicas y biológicas.

CCL1

CCL2

STEM2

STEM3

STEM4

CD1

CD2

CPSAA3

CE3

#### CE4

Utilizar el razonamiento y el pensamiento computacional, analizando críticamente las respuestas y soluciones y reformulando el procedimiento, si fuera necesario, para resolver problemas o dar explicación a procesos de la vida cotidiana relacionados con la biología y la geología.

STEM1

STEM2

CD5

CPSAA5

CE1

CE3

CCEC4

### Criterios de evaluación seleccionados

**1.1** Analizar conceptos y procesos biológicos y geológicos interpretando información en diferentes formatos, manteniendo una actitud crítica, obteniendo conclusiones y formando opiniones propias fundamentadas.

**1.2** Transmitir opiniones propias fundamentadas e información sobre Biología y Geología de forma clara y rigurosa, facilitando su comprensión y análisis mediante el uso de la terminología y el formato adecuados.

**1.3** Analizar y explicar fenómenos biológicos y geológicos representándolos mediante el diseño y la realización de modelos y diagramas y utilizando, cuando sea necesario, los pasos del diseño de ingeniería.

**3.3** Realizar experimentos y tomar datos cuantitativos o cualitativos utilizando los instrumentos, herramientas o técnicas adecuadas con corrección y precisión.

**4.1** Resolver problemas o dar explicación a procesos biológicos o geológicos utilizando conocimientos, datos e información, razonamiento lógico, pensamiento computacional o recursos digitales.

**4.2** Analizar críticamente la solución a un problema, cambiando los procedimientos utilizados o las conclusiones si no fuese viable o ante nuevos datos.

## Saberes básicos prioritarios

### C

#### La célula

- Las fases del ciclo celular.
- La función biológica de la mitosis, la meiosis y sus fases.
- Destrezas de observación de las distintas fases de la mitosis al microscopio.

### A

#### Proyecto científico

- Respuesta a cuestiones científicas mediante la experimentación y el trabajo de campo.
- Modelado para la representación y comprensión de procesos o elementos de la naturaleza.



## Objetivos didácticos

- ✓ Describir fases generales del ciclo celular.
- ✓ Explicar función biológica de mitosis y meiosis.
- ✓ Representar cambios en cromosomas de forma coherente.
- ✓ Comparar número y tipo de células resultantes.
- ✓ Relacionar meiosis con variabilidad genética a nivel básico.



## Metodología y papel docente

### 🔗 Enfoque metodológico

Aprendizaje basado en retos e indagación guiada, combinando interpretación de información, modelado, experimentación o trabajo de campo cuando procede, resolución de problemas, cooperación y comunicación científica.

### 🎓 Papel del docente

- Presenta el reto.
- Modela procedimientos.
- Garantiza la seguridad.
- Aporta fuentes graduadas.
- Observa.
- Retroalimenta.
- Ayuda a distinguir evidencia.
- Inferencia y opinión.



## Secuencia de sesiones y actividades

- ① Cada sesión genera una **evidencia** que se recoge en las fichas del Anexo 3. En las prácticas, el docente garantiza la seguridad y modela el procedimiento antes de que lo realice el alumnado.

1

### SESIÓN 1

#### Una célula no se divide siempre igual

Casos de crecimiento, reparación y formación de gametos.

👥 **Agrupamiento:** Parejas/grupos

📄 **Evidencia:** Tabla función-división

2

## SESIÓN 2

**Ciclo celular**

Construcción de un diagrama de fases y control a nivel introductorio.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Diagrama de ciclo

3

## SESIÓN 3

**Mitosis con piezas**

Modelado de cromosomas replicados y separación.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Secuencia de mitosis

4

## SESIÓN 4

**Meiosis y reducción**

Modelado equivalente con dos divisiones y comparación de productos.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Secuencia de meiosis

5

## SESIÓN 5

**Observamos células reales**

Identificación de fases en microfotografías de ápice de raíz.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Ficha microscópica

6

## SESIÓN 6

**Errores del modelo**

Detección y corrección de modelos con fallos comunes.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Corrección razonada

7

## SESIÓN 7

**Modelo comparativo**

Presentación y explicación de una situación aplicada.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Modelo final**Recursos, interdisciplinariedad y transversalidad** **Recursos**

Piezas de cromosomas

Microfotografías reales de mitosis

Esquemas del ciclo celular

Microscopio/preparaciones si se dispone

Plantilla comparativa

**Interdisciplinariedad**

Matemáticas, Educación Plástica y Tecnología.

**Elementos transversales**

Rigor de modelos, trabajo cooperativo y aceptación del error como parte del aprendizaje científico.

**Alternativa sin dispositivos**

Sustituir herramientas digitales por dosieres impresos y datos preparados. Las prácticas no disponibles pueden convertirse en demostraciones, simulaciones o análisis de datos ya recogidos, manteniendo el razonamiento científico.

## DUA y atención a la diversidad

**Implicación**

Metas visibles, elección de formato cuando el criterio lo permita, hitos cortos, roles cooperativos y retroalimentación frecuente.

**Representación**

Texto, fotografía, esquema, modelo, tabla, gráfica, demostración y glosario visual; ejemplos resueltos y materiales de distinta complejidad.

**Acción y expresión**

Informe, modelo, exposición, audio o producto visual cuando sea compatible con el criterio; organizadores y listas de cotejo.

**Medidas específicas en esta SdA**

Cromosomas manipulativos grandes; colores consistentes; plantillas de fases; pocos cromosomas en los modelos; vídeo pausado opcional.

**Refuerzo** Anexo 8

Comparar mitosis y meiosis con un par de cromosomas y secuencias parcialmente ordenadas.

**Ampliación** Anexo 9

Relacionar no disyunción con cambios cromosómicos de forma conceptual y no clínica.

## Evaluación

Evaluación continua y formativa: diagnóstico inicial, evidencias durante el proceso, revisión de borradores y valoración final del producto más una evidencia individual. La ponderación debe adaptarse a la normativa autonómica y a los acuerdos del departamento.

**FASE 1  
Inicial**

Diagnóstico de ideas previas con la primera ficha del Anexo 3 y la ficha de lanzamiento (Anexo 1).

**FASE 2  
Formativa**

Evidencias de cada sesión, revisión de borradores y retroalimentación con la lista de cotejo (Anexo 5).

**FASE 3  
Final**

Valoración del producto con la rúbrica (Anexo 6) más una evidencia individual y la reflexión del Anexo 7.

## Criterios, evidencias e instrumentos

| Criterio | Evidencia principal                                                                                                                                                                                    | Instrumento                                                               |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 1.1      | Interpretación del diagrama del ciclo (F2), de los esquemas de mitosis y meiosis (F5, F6) y de la tabla de números cromosómicos (F3) para deducir qué ocurre con los cromosomas y el ADN en cada fase. | Fichas 1, 2 y 4 / rúbrica y lista de cotejo                               |
| 1.2      | Tabla función-producto-diversidad y explicación oral del modelo con terminología precisa (cromátida, homólogos, diploide, haploide, sobrecruzamiento).                                                 | Tabla de la Ficha 4 y presentación del modelo (Anexo 4) / rúbrica         |
| 1.3      | Modelo manipulativo o animado de mitosis y meiosis con $2n = 4$ en el que el número de cromosomas y cromátidas es coherente en cada fase.                                                              | Secuencias de las Fichas 3 y 4 y modelo final / rúbrica y lista de cotejo |
| 3.3      | Identificación de fases en el ápice de raíz de cebolla, recuento de células y cálculo del índice mitótico y de la duración relativa de las fases.                                                      | Ficha 5 «Observamos células reales» / rúbrica de proyecto científico      |
| 4.1      | Resolución de problemas sobre número de cromosomas, cantidad de ADN y combinaciones posibles de gametos ( $2^n$ ) en distintas especies.                                                               | Fichas 2 y 4 / escala de valoración                                       |
| 4.2      | Detección y corrección razonada de modelos con errores de reparto y revisión de la conclusión sobre dónde se dividen las células al recibir los datos de la zona alejada del ápice.                    | Fichas 5 y 6 / escala de valoración                                       |

### 🔄 Autoevaluación y coevaluación Anexo 7

El alumnado valora sus aprendizajes, dificultades y aportación al equipo, y revisa el producto de otro equipo con la lista de cotejo antes de la entrega final.

## + Rúbrica del producto final

| Indicador                                        | NIVEL 4<br>Avanzado                                                                                                                                                                                                                                                     | NIVEL 3<br>Adecuado                                                                                                                                                 | NIVEL 2<br>En proceso                                                                                                                    | NIVEL 1<br>Inicial                                                                               |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Comprensión científica</b>                    | Rigurosa, conectada y con vocabulario preciso.                                                                                                                                                                                                                          | Correcta en lo esencial.                                                                                                                                            | Parcial o con alguna confusión.                                                                                                          | Fragmentaria o con errores esenciales.                                                           |
| <b>Uso de evidencias</b>                         | Contrasta fuentes y usa evidencias concretas.                                                                                                                                                                                                                           | Aporta evidencias suficientes.                                                                                                                                      | Evidencias escasas o descriptivas.                                                                                                       | Conclusiones sin evidencia suficiente.                                                           |
| <b>Corrección funcional de mitosis y meiosis</b> | Relaciona sin ayuda cada tipo de división con su función (crecimiento, reparación, reproducción asexual o formación de gametos), indica el número y tipo de células resultantes y explica cómo la meiosis genera diversidad (sobrecruzamiento y reparto independiente). | Asocia correctamente mitosis y meiosis con su función y su producto; la explicación de la diversidad es correcta pero incompleta (solo menciona una de sus causas). | Distingue mitosis y meiosis por el número de células, pero confunde alguna función o no explica por qué los gametos deben ser haploides. | Confunde mitosis y meiosis o las describe solo como listas de fases sin relación con su función. |

| Indicador                                | NIVEL 4<br>Avanzado                                                                                                                                                                                        | NIVEL 3<br>Adecuado                                                                                                                     | NIVEL 2<br>En proceso                                                                                                                                            | NIVEL 1<br>Inicial                                                                 |
|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Coherencia del modelo cromosómico</b> | En todas las fases del modelo el número de cromosomas, de cromátidas por cromosoma y la cantidad de ADN son correctos; distingue homólogos de cromátidas hermanas y lo justifica con el código de colores. | El modelo es coherente en casi todas las fases; hay algún descuido menor (p. ej., en la telofase I) que el equipo corrige al revisarlo. | El modelo presenta errores en el reparto (homólogos y cromátidas confundidos o número de cromosomas incorrecto en las células hijas) que solo corrige con ayuda. | El modelo no conserva el número de cromosomas ni distingue cromátidas y homólogos. |
| <b>Comunicación y producto</b>           | Claro, preciso y responde plenamente al reto.                                                                                                                                                              | Claro y responde adecuadamente.                                                                                                         | Cumple parcialmente o necesita mejorar.                                                                                                                          | Incompleto o no responde al reto.                                                  |



## Variantes de aplicación

### ↗ Versión abreviada

Trabajar con fuentes/datos cerrados y un producto de una página o modelo único.

### ↘ Versión ampliada

Añadir laboratorio/campo, comparación de casos, mayor tratamiento de datos y una fase pública de comunicación científica.

## Ficha de lanzamiento del reto

SdA 4 · Cuando una célula se divide

ALUMNADO

Ahora mismo, mientras leéis esto, millones de células de vuestro cuerpo se están dividiendo: vuestro intestino renueva su revestimiento cada pocos días y la médula ósea fabrica unos 200 000 millones de glóbulos rojos al día. Todas esas células nuevas llevan exactamente la misma información genética. Pero para formar óvulos y espermatozoides el cuerpo usa otro mecanismo que reduce a la mitad los cromosomas y mezcla la información. ¿Por qué una misma célula se divide de formas distintas según para qué? Vuestro reto: construir un modelo comparativo de mitosis y meiosis que explique para qué sirve cada una y qué pasaría si el reparto fallase.

“ *¿Por qué una misma célula utiliza mecanismos de división distintos según la función biológica?* ”

### 🎯 Vuestro reto

Construir modelos de mitosis y meiosis que expliquen para qué sirven y qué consecuencias tendría un error de reparto.

### 📦 Lo que vais a producir

Modelo comparativo animado o manipulativo con ciclo celular, mitosis, meiosis y tabla de función-producto-diversidad.

### 📍 Hoja de ruta · 7 sesiones

- 1 Analizamos casos de crecimiento, reparación y formación de gametos: ¿qué tipo de división hace falta?
- 2 Construimos el diagrama del ciclo celular y seguimos la cantidad de ADN en cada fase.
- 3 Modelamos la mitosis con piezas: cromosomas replicados que se reparten por igual.
- 4 Modelamos la meiosis: dos divisiones, reducción a la mitad y nuevas combinaciones.
- 5 Identificamos fases en células reales de raíz de cebolla y calculamos el índice mitótico.
- 6 Detectamos y corregimos errores en modelos de otros equipos.
- 7 Presentamos el modelo comparativo y lo aplicamos a una situación nueva.

### 📖 Al terminar seré capaz de...

- ✓ Describir fases generales del ciclo celular.
- ✓ Explicar función biológica de mitosis y meiosis.
- ✓ Representar cambios en cromosomas de forma coherente.
- ✓ Comparar número y tipo de células resultantes.
- ✓ Relacionar meiosis con variabilidad genética a nivel básico.

### 📝 ¿Cómo me evaluarán?

Con la rúbrica del producto final (Anexo 6), la lista de cotejo (Anexo 5) y una reflexión personal (Anexo 7). ¡Revisadlas antes de empezar!

## Dossier de fuentes y materiales base

SdA 4 · Cuando una célula se divide

ALUMNADO

Materiales para comprender por qué las células se dividen de formas distintas: casos reales, el ciclo celular, los cromosomas, esquemas de mitosis y meiosis, ilustraciones para identificar fases y datos de recuento en raíz de cebolla.

**F1** Siete situaciones en las que una célula se divide (o no)

DATOS

| N.º | Situación                                                                                                             | Dato clave                                                                                                                        |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | Te haces una herida en la rodilla y en una o dos semanas se cierra.                                                   | Las células de la piel próximas a la herida se dividen y rellenan el hueco con células iguales.                                   |
| 2   | Todas las personas empezamos siendo una sola célula, el cigoto.                                                       | Un adulto tiene del orden de 30 billones ( $3 \cdot 10^{13}$ ) de células, casi todas con los mismos 46 cromosomas que el cigoto. |
| 3   | El revestimiento del intestino y la sangre se renuevan sin parar.                                                     | El epitelio intestinal se renueva cada 3-5 días; la médula ósea fabrica unos 200 000 millones de glóbulos rojos al día.           |
| 4   | Desde la pubertad, los testículos producen espermatozoides; los ovarios contienen ovocitos que maduran en cada ciclo. | Cada espermatozoide y cada óvulo tienen 23 cromosomas, la mitad que el resto de células.                                          |
| 5   | Una planta de fresa emite tallos rastreros (estolones) que originan plantas nuevas.                                   | Las plantas hijas son genéticamente idénticas a la planta madre.                                                                  |
| 6   | Una lagartija pierde la cola al escapar de un depredador y le vuelve a crecer.                                        | La cola nueva se forma a partir de células que se dividen en la zona del corte.                                                   |
| 7   | La mayoría de las neuronas del encéfalo adulto no se dividen.                                                         | Permanecen toda la vida en una fase de reposo llamada G0.                                                                         |

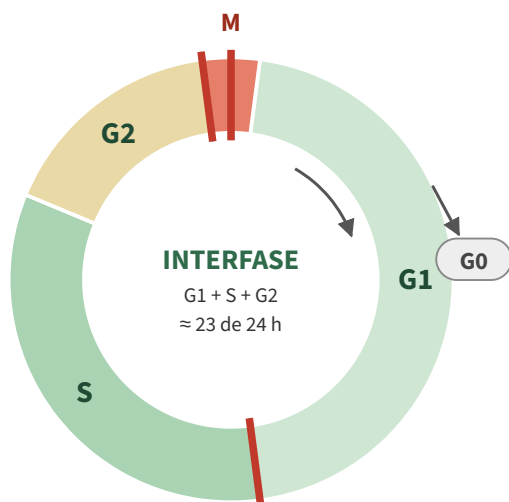
Fuente: Elaboración propia a partir de datos divulgados por el NIH (National Institutes of Health, EE. UU.), Sender, Fuchs y Milo (PLoS Biology, 2016) y Sender y Milo (Nature Medicine, 2021). Cifras redondeadas.

¿En qué situaciones las células hijas deben ser iguales a la célula madre? ¿En cuál deben tener la mitad de cromosomas?



## F2 El ciclo celular de una célula humana en cultivo (unas 24 h)

ESQUEMA



G1

Crecimiento: la célula aumenta de tamaño, fabrica proteínas y orgánulos y «decide» si se divide. Es la fase más variable.

S

Síntesis: se replica el ADN. Cada cromosoma pasa a tener dos cromátidas hermanas idénticas unidas por el centrómero.

G2

Preparación: la célula sigue creciendo y comprueba que el ADN se ha copiado bien y sin daños.

M

División: mitosis (reparto del núcleo) y citocinesis (reparto del citoplasma). Dura alrededor de 1 h.

G0

Reposo: células que dejan de dividirse (la mayoría de las neuronas) o lo hacen solo si reciben una señal (hepatocitos).

**Puntos de control:** si algo falla (ADN dañado, cromosomas mal unidos al huso), el ciclo se detiene o la célula se elimina.

Fuente: Esquema de elaboración propia. Duraciones típicas de una célula humana que prolifera en cultivo, según G. M. Cooper, «The Cell: A Molecular Approach» (NCBI Bookshelf).

🔍 Duraciones aproximadas: G1 ≈ 11 h, S ≈ 8 h, G2 ≈ 4 h, M ≈ 1 h. Varían mucho según el tipo de célula: en los embriones tempranos de rana o de mosca del vinagre, un ciclo dura 30 minutos o menos.

## F3 Número de cromosomas de algunas especies (2n)

DATOS

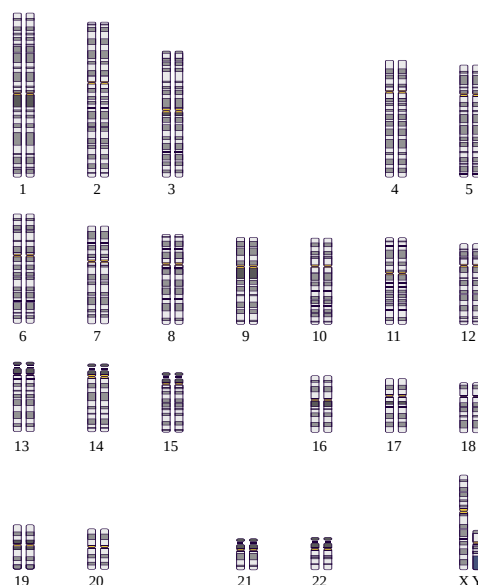
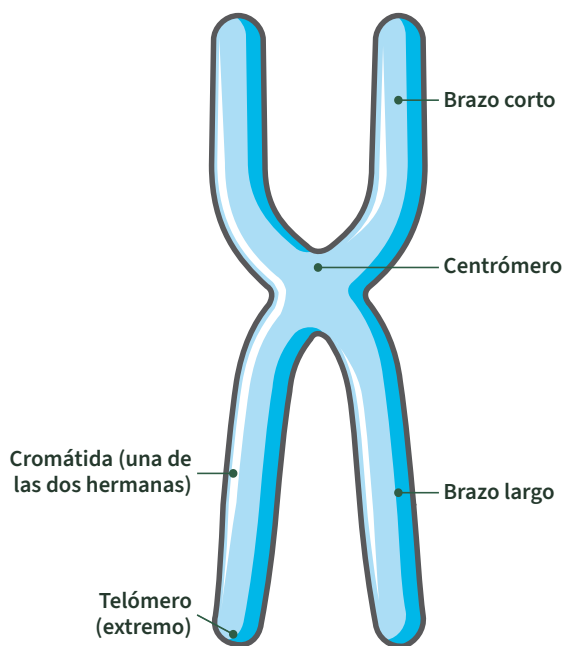
| Especie                            | 2n | Especie                                              | 2n |
|------------------------------------|----|------------------------------------------------------|----|
| Ser humano ( <i>Homo sapiens</i> ) | 46 | Mosca del vinagre ( <i>Drosophila melanogaster</i> ) | 8  |
| Chimpancé                          | 48 | Cebolla ( <i>Allium cepa</i> )                       | 16 |
| Lince ibérico                      | 38 | Guisante ( <i>Pisum sativum</i> )                    | 14 |
| Perro                              | 78 | Maíz                                                 | 20 |
| Caballo                            | 64 | Patata cultivada                                     | 48 |
| Gallina                            | 78 | Trigo harinero                                       | 42 |

El número de cromosomas es constante en cada especie, pero **no indica complejidad**: un perro tiene más cromosomas que una persona y algunos helechos superan los 1200.

Fuente: Datos recopilados de bases de referencia (NCBI Genome, Animal Genome Size Database) y bibliografía citogenética. En algunas especies el número varía entre variedades.

## F4 Cromosomas y cariotipo

ILUSTRACIÓN



*Cromosoma replicado (tras la fase S): dos cromátidas hermanas idénticas.*

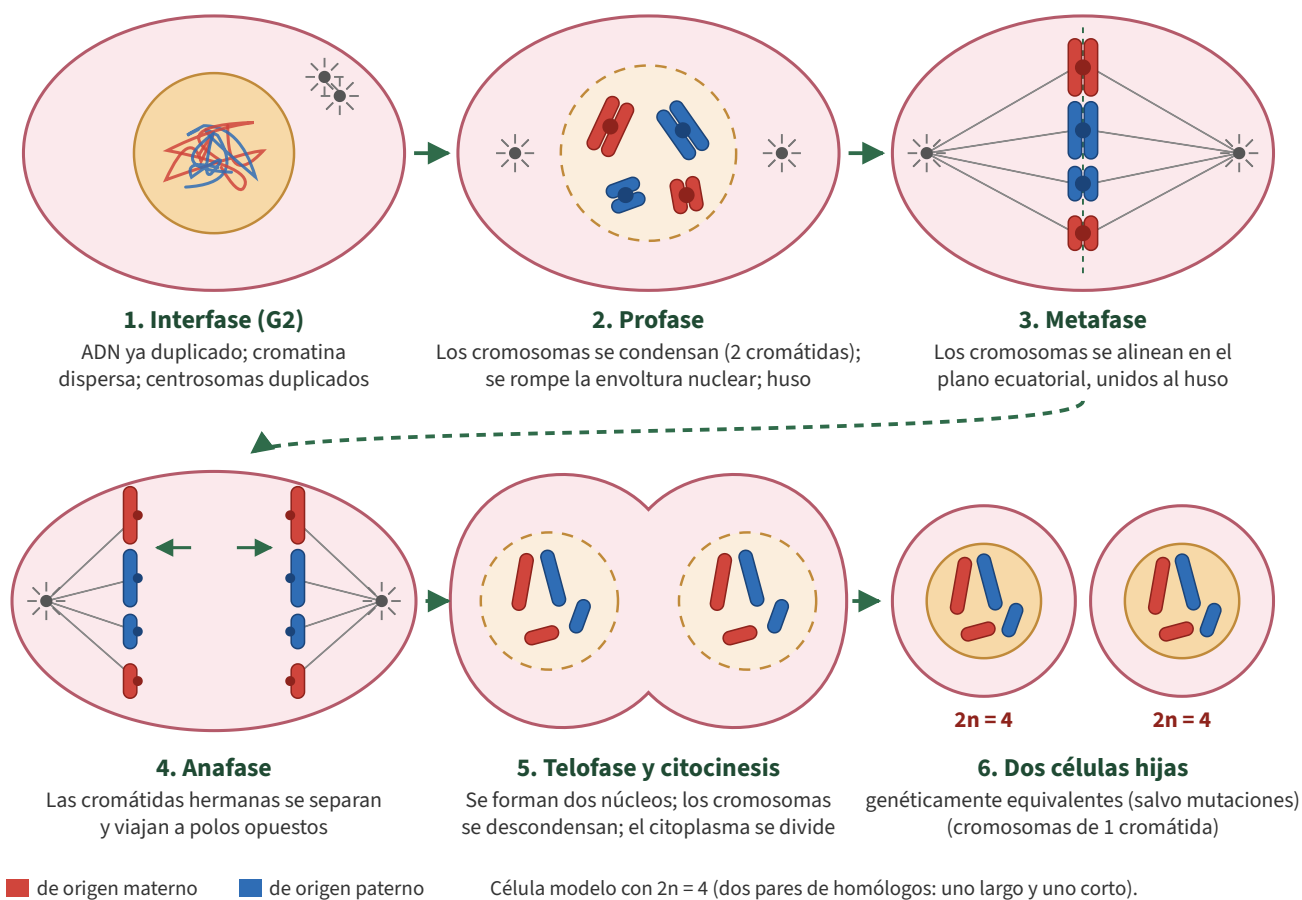
*Cariotipo humano: 22 pares de autosomas y el par sexual (aquí XY).*

- **Cromosoma:** molécula de ADN muy enrollada sobre proteínas. Solo se ve bien condensado durante la división.
- **Cromátidas hermanas:** las dos copias idénticas de un cromosoma tras la replicación, unidas por el **centrómero**. En la anafase de la mitosis se separan y cada una pasa a ser un cromosoma independiente.
- **Cromosomas homólogos:** los dos cromosomas de un mismo par, uno de origen materno y otro paterno. Llevan los mismos genes, pero pueden tener versiones (alelos) distintas.
- **Diploide (2n):** célula con dos juegos de cromosomas (en humanos,  $2n = 46$ ). **Haploide (n):** célula con un solo juego ( $n = 23$ ), como los gametos.

*Fuente: Ilustraciones: Servier Medical Art (CC BY 3.0) y DBCLS / Bioicons (CC BY 4.0).*

**F5 La mitosis paso a paso (célula modelo con  $2n = 4$ )**

ESQUEMA

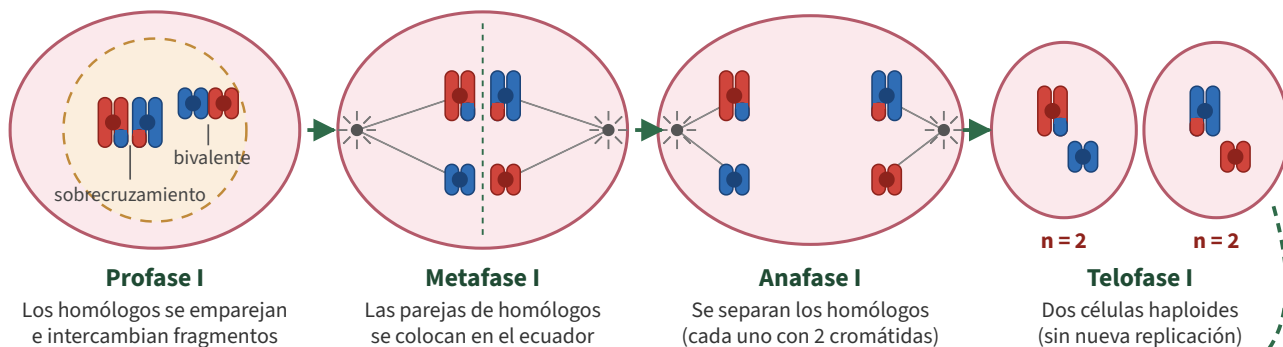
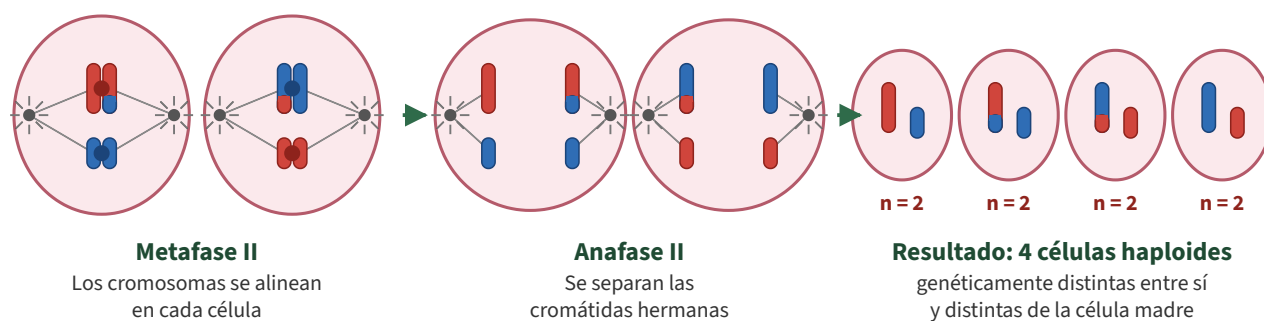


Fuente: Esquema de elaboración propia.

🔍 Resultado: dos células con el mismo número de cromosomas y la misma información genética que la célula madre. Las células vegetales no se estrangulan: forman una placa entre las dos células hijas.

**F6 La meiosis paso a paso (célula modelo con  $2n = 4$ )**

ESQUEMA

**MEIOSIS I (reduccional): 1 célula  $2n \rightarrow 2$  células  $n$** **MEIOSIS II (como una mitosis): 2 células  $n \rightarrow 4$  células  $n$** 

■ de origen materno    ■ de origen paterno

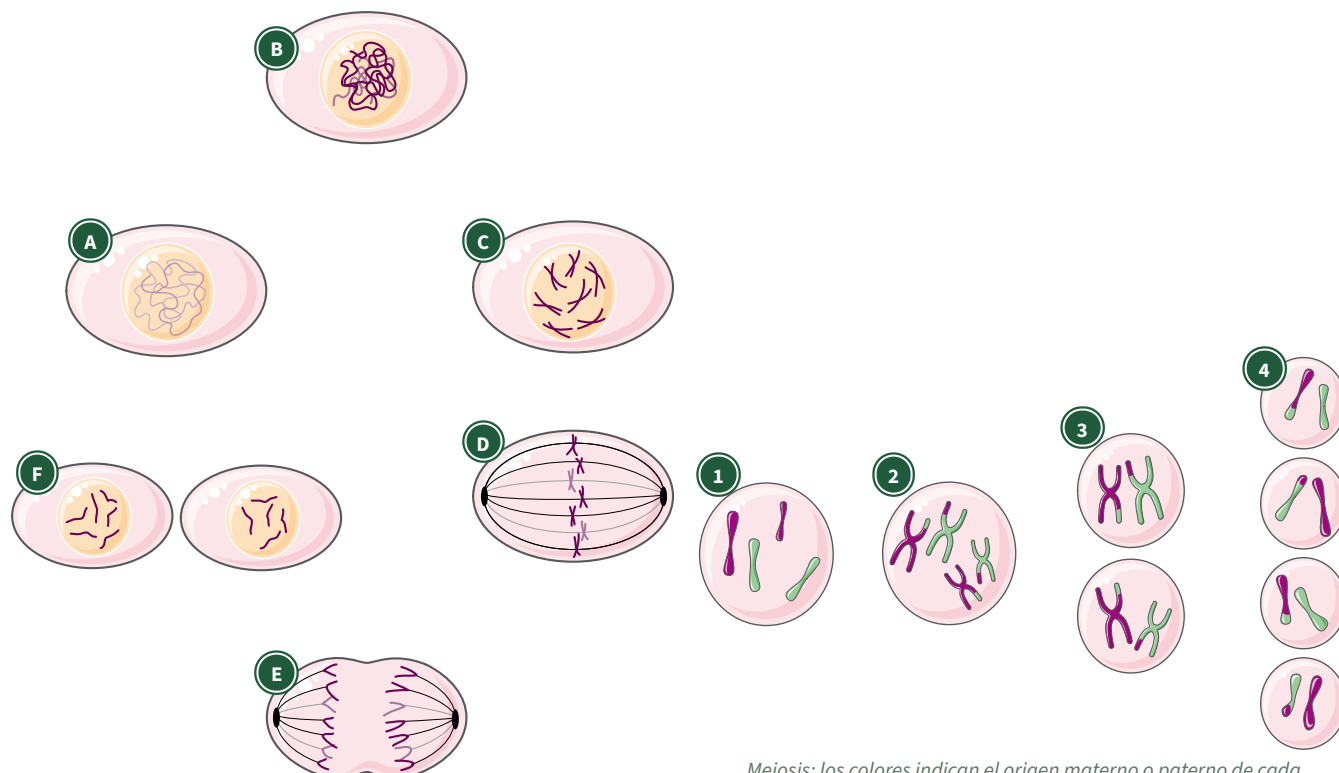
Antes de la meiosis el ADN se replica una sola vez (fase S).

Fuente: Esquema de elaboración propia.

🔍 Fíjate en dos fuentes de diversidad: el sobre cruzamiento (cromátidas con trozos de los dos colores) y la orientación al azar de cada pareja en la metafase I (el homólogo materno largo va con el paterno corto, pero podría haber sido al revés).

## F7 Ilustraciones científicas para identificar fases

## ILUSTRACIÓN



Células de un tejido en distintos momentos del ciclo (A-F).

Meiosis: los colores indican el origen materno o paterno de cada cromosoma (1-4).

### Claves para reconocer las fases al microscopio (con tinción, el ADN se ve oscuro):

- **Interfase:** núcleo redondeado y bien delimitado, cromatina fina y uniforme; a veces se ve el nucléolo.
- **Profase:** el núcleo aún es redondeado, pero la cromatina se ve como un ovillo de hilos gruesos.
- **Metafase:** los cromosomas, muy condensados, forman una banda en el centro de la célula.
- **Anafase:** dos grupos de cromosomas en forma de V que se alejan hacia polos opuestos.
- **Telofase:** dos masas de cromatina en los extremos de la célula; empieza a formarse la separación entre las dos células hijas.

Fuente: Ilustraciones: Servier Medical Art (CC BY 3.0).

**F8 Observación de la mitosis en el ápice de la raíz de cebolla**

PROTOCOLO

**¿Por qué la raíz de cebolla?** Las raíces crecen por su extremo. Justo detrás de la cofia hay un **meristemo**: un tejido cuyas células se dividen continuamente. Además, la cebolla tiene pocos cromosomas ( $2n = 16$ ) y bastante grandes.

**Cultivo de las raíces (3-5 días antes).** Coloca un bulbo de cebolla sobre un vaso lleno de agua, apoyado con palillos, de modo que solo la base toque el agua. Mantenlo a temperatura ambiente y cambia el agua cada dos días. Observa con la lupa el crecimiento de las raíces y mide su longitud.

**Observación (preparaciones comerciales teñidas o preparadas por el docente).**

- Empieza siempre con el objetivo de menor aumento ( $4\times$ ) y la platina bajada. Localiza el extremo de la raíz.
- Busca la zona del meristemo (células pequeñas, casi cuadradas, con núcleos grandes) y pasa a  $10\times$  y después a  $40\times$ .
- Elige un campo en el que las células no se superpongan. Cuenta **todas** las células del campo y clasifícalas por fase con las claves de F7. Usa una cuadrícula o cuenta por filas para no contar dos veces la misma célula.
- Repite en otros dos campos y anota los datos en la tabla de la ficha.

**Seguridad.**

- Transporta el microscopio con las dos manos y no toques las lentes con los dedos.
- Los portaobjetos y cubreobjetos son de vidrio: si se rompe alguno, avisa y no lo recojas con la mano.
- Los cortes con cúter o bisturí y las tinciones los realiza solo el docente: algunos colorantes (como la orceína acética) son corrosivos.
- Lávate las manos al terminar.

Fuente: Adaptado de los protocolos habituales de prácticas de Biología de secundaria.

**F9 Recuentos de células del ápice de raíz de cebolla**

DATOS

| Grupo y zona                         | Interfase | Profase | Metafase | Anafase | Telofase | Total |
|--------------------------------------|-----------|---------|----------|---------|----------|-------|
| A · meristemo (a 1-2 mm del extremo) | 290       | 22      | 7        | 4       | 7        | 330   |
| B · meristemo (a 1-2 mm del extremo) | 305       | 20      | 8        | 4       | 8        | 345   |
| C · meristemo (a 1-2 mm del extremo) | 285       | 22      | 7        | 4       | 7        | 325   |
| D · zona a 1 cm del extremo          | 196       | 2       | 1        | 0       | 1        | 200   |

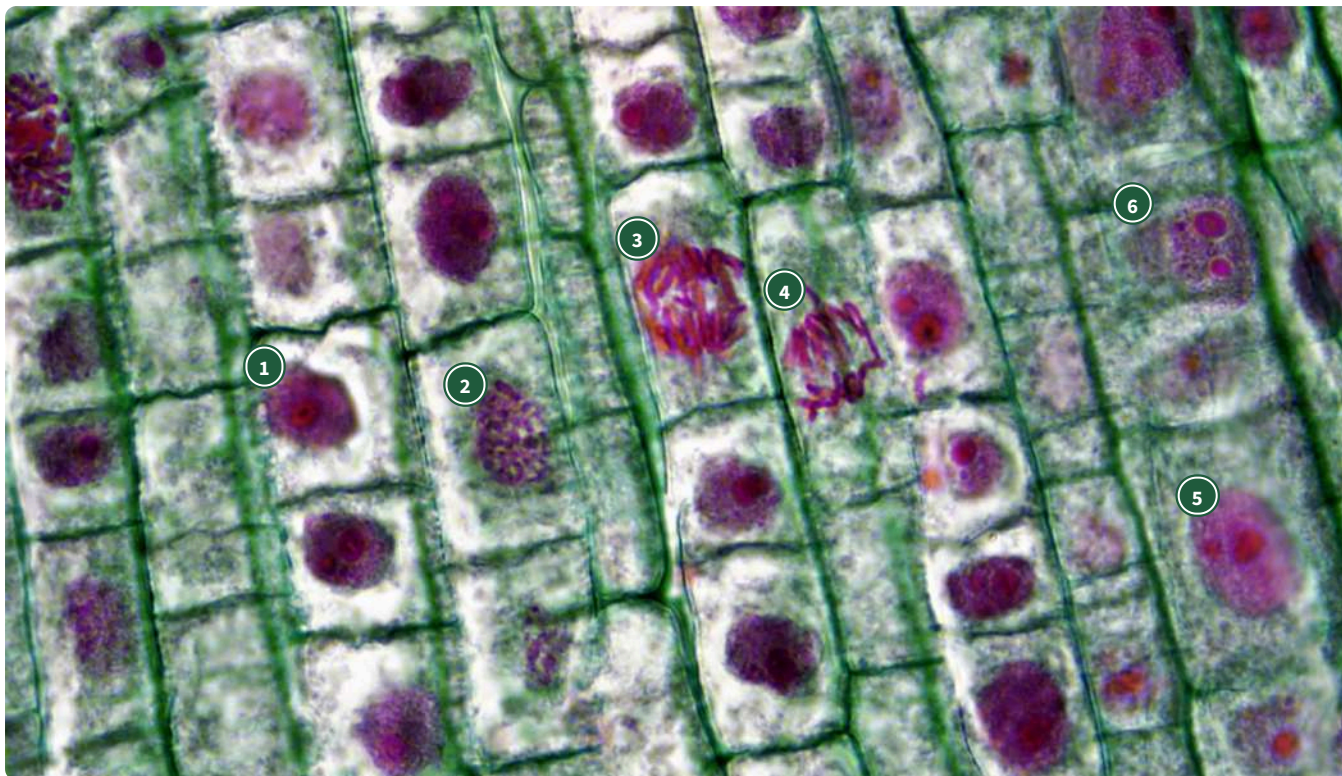
**Índice mitótico (IM)** = (células en división ÷ total de células)  $\times$  100. Si una fase es más larga, es más probable encontrar células en ella: el porcentaje de células en cada fase es proporcional a su duración.

Fuente: Datos ilustrativos, coherentes con los valores habituales en meristemos de raíz de cebolla, creados para el aula.

 Dato de trabajo para los cálculos: supondremos que el ciclo completo dura 20 h. La duración real depende de la temperatura.

**F10 Mitosis real: ápice de raíz de cebolla al microscopio**

ILUSTRACIÓN



*Cromatina y cromosomas en rosa-violeta; paredes celulares en verde. Cada célula del meristemo mide unos 20-40  $\mu\text{m}$ .*

Así se ven realmente las fases: no hay colores para cada cromosoma ni contornos nítidos como en los esquemas. Para reconocer cada fase fíjate en **la forma del material genético**: núcleo redondeado con cromatina fina y nucléolos (interfase), ovillo de hilos gruesos (profase), cromosomas sueltos y muy condensados sin envoltura nuclear (prometáfase y metafase).

En este campo **no aparece ninguna célula en anafase ni en telofase**. No es un error: son las fases más cortas (compruébalo con F9) y es normal no encontrarlas en un solo campo. Por eso los recuentos se hacen en varios campos.

*Fuente: Microfotografía real de una preparación teñida de meristemo de raíz de cebolla (Allium cepa). Ver créditos de microfotografías.*

🔍 Busca las células 1-6 y decide en qué fase está cada una. ¿Qué fase es la más abundante en la imagen? ¿Concuerda con F9?



Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Usa los casos de F1. Al final de la sesión tendrás la primera versión de la tabla función-división.

### 1 Diagnóstico inicial. Marca la opción correcta.

Una célula de tu piel y una de tu hígado tienen...

- ☐ distinto número de cromosomas    ☐ los mismos cromosomas y la misma información genética  
☐ solo los genes que usan

Un espermatozoide humano tiene...

- ☐ 46 cromosomas    ☐ 23 cromosomas    ☐ 92 cromosomas

Antes de dividirse, una célula debe...

- ☐ duplicar su ADN    ☐ perder la mitad de su ADN    ☐ fusionarse con otra célula

La meiosis sirve para...

- ☐ reparar heridas    ☐ formar gametos    ☐ que crezca una raíz

### 2 Completa la tabla función-división con los siete casos de F1. En la última columna escribe «mitosis», «meiosis» o «no se divide».

| Caso | Función (crecer, reparar, renovar, reproducción asexual, formar gametos...) | ¿Hijas iguales a la madre? | Cromosomas de las hijas respecto a la madre (igual o la mitad) | Tipo de división |
|------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------|
| 1    |                                                                             |                            |                                                                |                  |
| 2    |                                                                             |                            |                                                                |                  |
| 3    |                                                                             |                            |                                                                |                  |
| 4    |                                                                             |                            |                                                                |                  |
| 5    |                                                                             |                            |                                                                |                  |
| 6    |                                                                             |                            |                                                                |                  |
| 7    |                                                                             |                            |                                                                |                  |

### 3 Imagina que los óvulos y los espermatozoides se formaran por mitosis. ¿Cuántos cromosomas tendría el cigoto? ¿Y la generación siguiente? Explica qué problema habría y qué tiene que conseguir la meiosis.

---

---

---

---

---

---



Usa el diagrama de F2 y los conceptos de F4.

- 1 Calcula qué porcentaje del ciclo de 24 h ocupa cada fase. ¿En qué fase es más probable encontrar una célula si la miras en un momento cualquiera?

| Fase         | G1 | S | G2 | M | Total |
|--------------|----|---|----|---|-------|
| Duración (h) | 11 | 8 | 4  | 1 | 24    |
| % del ciclo  |    |   |    |   |       |

- 2 Relaciona cada acontecimiento con la fase en la que ocurre.

1 Se replica el ADN



☐ a G2

2 La célula crece y fabrica orgánulos



☐ b G0

3 Se reparte el material genético entre dos núcleos



☐ c Fase S

4 Se comprueba que el ADN se ha copiado bien



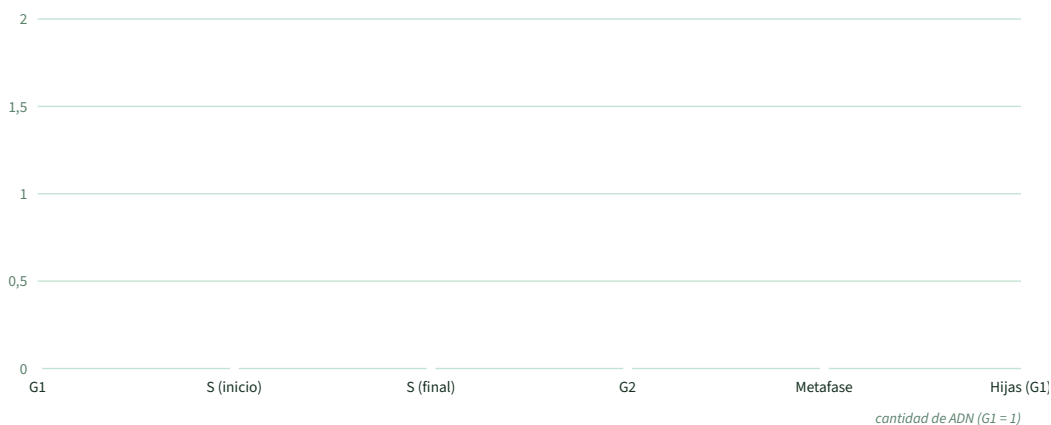
☐ d G1

5 La célula deja de dividirse de forma estable



☐ e Fase M

- 3 Toma como 1 la cantidad de ADN de una célula humana en G1 (46 cromosomas de una cromátida). Representa cómo cambia la cantidad de ADN de la célula a lo largo del ciclo y escribe cuántos cromosomas y cuántas cromátidas por cromosoma tiene en cada momento.



| Momento                  | G1 | G2 | Metafase | Cada célula hija |
|--------------------------|----|----|----------|------------------|
| N.º de cromosomas        |    |    |          |                  |
| Cromátidas por cromosoma |    |    |          |                  |

- 4 Una célula de la piel ha sufrido daños en el ADN por la radiación ultravioleta. Con F2, explica qué debería ocurrir en los puntos de control y qué pasaría si fallaran.

---



---



---



---

## FICHA 3

## Mitosis con piezas

Sesión 3

Construid una célula con  $2n = 4$  usando plastilina, limpiapipas o tiras de papel: un par largo y uno corto; un color para los cromosomas de origen materno y otro para los de origen paterno. Una cromátida = una pieza; un cromosoma replicado = dos piezas iguales unidas con un clip (centrómero). Comparad con F5.

- 1 Fotografiad o dibujad vuestro modelo en metafase y en anafase. Rotulad: cromátida, centrómero, huso, plano ecuatorial y polo.

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

- 2 Completa la secuencia de la mitosis.

| Fase                        | ¿Qué ocurre con los cromosomas? | N.º de cromosomas en la célula | Cromátidas por cromosoma |
|-----------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| Interfase (G2)              |                                 |                                |                          |
| Profase                     |                                 |                                |                          |
| Metafase                    |                                 |                                |                          |
| Anafase (en toda la célula) |                                 |                                |                          |
| Telofase (en cada núcleo)   |                                 |                                |                          |

## 3 Verdadero o falso. Corrige las falsas.

|                                                                            | V                        | F                        |
|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| En la anafase de la mitosis se separan los cromosomas homólogos.           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Las dos células hijas de una mitosis tienen la misma información genética. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| En la metafase cada cromosoma tiene dos cromátidas.                        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| La citocinesis es la división del núcleo.                                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Una célula haploide no puede dividirse por mitosis.                        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

## FICHA 4

## Meiosis y reducción

## Sesión 4

Usad las mismas piezas que en la mitosis y el esquema de F6. Simulad el sobrecruzamiento intercambiando un trozo de plastilina o papel entre dos cromátidas de homólogos distintos.

1 Completa la secuencia de la meiosis para una célula con  $2n = 4$ .

| Momento                | ¿Qué se separa o qué ocurre? | N.º de células | Cromosomas por célula | Cromátidas por cromosoma |
|------------------------|------------------------------|----------------|-----------------------|--------------------------|
| Antes (G2)             |                              |                |                       |                          |
| Profase I              |                              |                |                       |                          |
| Final de la meiosis I  |                              |                |                       |                          |
| Final de la meiosis II |                              |                |                       |                          |

## 2 Tabla función-producto-diversidad. Compara las dos divisiones en una célula humana.

| Característica                                       | Mitosis | Meiosis |
|------------------------------------------------------|---------|---------|
| Función biológica                                    |         |         |
| Células que la realizan                              |         |         |
| N.º de divisiones                                    |         |         |
| N.º de células hijas                                 |         |         |
| Cromosomas de cada hija (madre $2n = 46$ )           |         |         |
| ¿Hijas iguales entre sí y a la madre?                |         |         |
| ¿Hay emparejamiento de homólogos y sobrecruzamiento? |         |         |

- 3 Sin contar el sobrecruzamiento, una célula con  $n$  pares de cromosomas puede formar  $2^n$  combinaciones distintas de gametos. Calcula las combinaciones para la célula modelo ( $2n = 4$ ), la mosca del vinagre y el ser humano (F3). ¿Qué significa este resultado para la diversidad de los hijos de una misma pareja?

| Especie           | $2n$ | $n$ | Combinaciones ( $2^n$ ) |
|-------------------|------|-----|-------------------------|
| Célula modelo     | 4    |     |                         |
| Mosca del vinagre | 8    |     |                         |
| Ser humano        | 46   |     |                         |

### FICHA 5 Observamos células reales

Sesión 5

Usa F7 (claves de identificación), F10 (microfotografía real), F8 (protocolo) y F9 (recuentos). Si disponéis de microscopio, añadid vuestros propios recuentos.

- 1 Observa la microfotografía real F10. Indica la fase de las células 1-6 y la clave que has usado. ¿Por qué no encuentras células en anafase ni en telofase?

| Célula | Fase | Clave observada |
|--------|------|-----------------|
| 1      |      |                 |
| 2      |      |                 |
| 3      |      |                 |
| 4      |      |                 |
| 5      |      |                 |
| 6      |      |                 |

- 2 Identifica la fase de cada célula A-F de la ilustración de mitosis de F7, escribe la clave que lo demuestra y ordénalas.

| Célula | Fase | Clave observada |
|--------|------|-----------------|
| A      |      |                 |
| B      |      |                 |
| C      |      |                 |
| D      |      |                 |
| E      |      |                 |
| F      |      |                 |

- 3 Con los datos de F9, calcula el índice mitótico de cada grupo y el de la clase (grupos A, B y C juntos). Después, calcula el porcentaje de células de la clase en cada fase y estima su duración (ciclo de 20 h = 1200 min).

|                     | Grupo A | Grupo B | Grupo C | Clase (A+B+C) |
|---------------------|---------|---------|---------|---------------|
| Células en división |         |         |         |               |
| Índice mitótico (%) |         |         |         |               |

| Fase                   | Interfase | Profase | Metafase | Anafase | Telofase |
|------------------------|-----------|---------|----------|---------|----------|
| N.º de células (clase) |           |         |          |         |          |
| % del total            |           |         |          |         |          |
| Duración estimada      |           |         |          |         |          |

- 4 Representa el porcentaje de células de la clase en cada fase de la mitosis (sin la interfase). ¿Cuál es la fase más larga? ¿Y la más corta?



- 5 Nuevos datos. El grupo D contó en una zona situada a 1 cm del extremo de la raíz. Calcula su índice mitótico. Un compañero había concluido: «Todas las células de la raíz se dividen al mismo ritmo». ¿Debe cambiar su conclusión? Reescríbela.

---



---



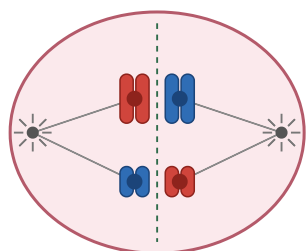
---



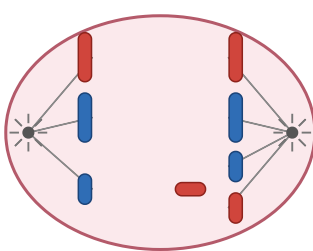
---

Estos cuatro modelos los han hecho otros equipos para una célula con  $2n = 4$ . Todos tienen al menos un error. Compáralos con F5 y F6.

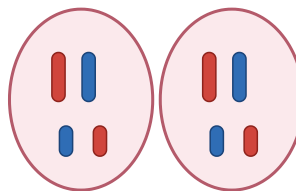
1 Observa los modelos A-D.



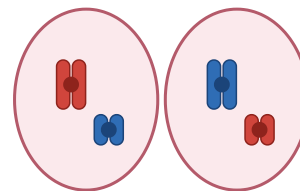
**Modelo A**  
«Metafase de la mitosis»  
de una célula  $2n = 4$



**Modelo B**  
«Anafase de la mitosis»  
de una célula  $2n = 4$



**Modelo C**  
«Resultado final de la meiosis»  
de una célula  $2n = 4$



**Modelo D**  
«Resultado final de la mitosis»  
de una célula  $2n = 4$

2 Detecta y corrige el error de cada modelo.

| Modelo | ¿Qué error tiene? | ¿Cómo debería ser? (corrección) | ¿Qué fase o proceso representa en realidad? |
|--------|-------------------|---------------------------------|---------------------------------------------|
| A      |                   |                                 |                                             |
| B      |                   |                                 |                                             |
| C      |                   |                                 |                                             |
| D      |                   |                                 |                                             |

3 Si la célula del modelo B terminara la división así, ¿cuántos cromosomas tendría cada célula hija? ¿Por qué un error de reparto puede ser un problema para una célula?

---



---



---



---

4 Revisa ahora tu propio modelo (fichas 3 y 4). ¿Encuentras alguno de estos errores? Anota qué has corregido.

---



---



---

Primero revisad el modelo con la lista de cotejo (Anexo 5). Después, cada persona resuelve la situación aplicada de forma individual.

- 1** Evidencia individual. Para cada situación, indica qué tipo de división ocurre y justifícalo con la función y el número de cromosomas. a) Un esqueje de geranio echa raíces y forma una planta nueva. b) En las anteras de una flor de guisante ( $2n = 14$ ) se forman por meiosis microsporas con 7 cromosomas, que posteriormente originarán los granos de polen. c) Un renacuajo crece hasta convertirse en rana. d) Tras una quemadura solar, la piel se descama y se regenera.

| Situación | Mitosis o meiosis | Justificación (función y n.º de cromosomas) |
|-----------|-------------------|---------------------------------------------|
| a         |                   |                                             |
| b         |                   |                                             |
| c         |                   |                                             |
| d         |                   |                                             |

- 2** Una célula de perro ( $2n = 78$ ) entra en división. ¿Cuántos cromosomas tendrá cada célula hija si hace una mitosis? ¿Y cada célula al final de una meiosis? ¿Cuántas cromátidas habrá en total en la célula durante la metafase de la mitosis?

---



---



---

- 3** Responde a la pregunta guía: ¿por qué una misma célula utiliza mecanismos de división distintos según la función biológica?

---



---



---



---



---

**Plantilla del producto final**

SdA 4 · Cuando una célula se divide

ALUMNADO

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Modelo comparativo en cartulina A3 (con piezas pegadas o fotografías del modelo manipulativo) o animación breve. Usad siempre los mismos colores: un color para lo materno y otro para lo paterno.

**Título y autores****El ciclo celular**

Fases, qué ocurre en cada una y cantidad de ADN.

**Cromosomas: lo que hay que distinguir**Cromátidas hermanas, homólogos,  $2n$  y  $n$ .**Mitosis ( $2n = 4$ )**

Secuencia de fases con cromosomas y cromátidas correctos.

**Meiosis ( $2n = 4$ )**Meiosis I y II, sobrecruzamiento y 4 células  $n$ .**Tabla función-producto-diversidad**


---

**¿Y si el reparto falla?**

Un error de reparto y su consecuencia.

**Situación aplicada y limitaciones del modelo****Fuentes**



## Lista de cotejo para el proceso y la entrega

SdA 4 · Cuando una célula se divide

ALUMNADO

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Antes de entregar **Modelo comparativo animado o manipulativo con ciclo celular, mitosis, meiosis y tabla de función-producto-diversidad**., comprueba cada punto y marca la casilla. Si alguno falla, todavía estás a tiempo de mejorarlo.

### Contenido del producto

- ☐ Se usa la misma clave de colores en todo el modelo (origen materno y paterno; pares largo y corto).
- ☐ El ADN se replica una sola vez, en la fase S, antes de la mitosis y antes de la meiosis.
- ☐ En la mitosis se separan cromátidas hermanas y las dos células hijas tienen  $2n = 4$ .
- ☐ En la meiosis I se emparejan y separan los homólogos; en la meiosis II, las cromátidas.
- ☐ El resultado de la meiosis son 4 células haploides ( $n = 2$ ) y distintas entre sí.
- ☐ La tabla función-producto-diversidad está completa e incluye el sobrecruzamiento como fuente de diversidad.
- ☐ Se explica la consecuencia de un error de reparto de forma conceptual.
- ☐ Se citan las fuentes y se mencionan las limitaciones del modelo (pocos cromosomas, fases continuas).

### Calidad y rigor

- ☐ He utilizado vocabulario específico de la materia y lo he explicado cuando era necesario.
- ☐ He apoyado mis afirmaciones con evidencias (datos, citas, mapas o ejemplos concretos).
- ☐ He citado o identificado todas las fuentes utilizadas.
- ☐ He revisado la ortografía, la presentación y el orden del producto.
- ☐ He incorporado las mejoras propuestas en la coevaluación o por el docente.

#### Lo que más me ha costado

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

#### Firma del equipo / fecha de entrega

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Rúbrica imprimible**

SdA 4 · Cuando una célula se divide

ALUMNADO · DOCENTE

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Rúbrica para valorar **Modelo comparativo animado o manipulativo con ciclo celular, mitosis, meiosis y tabla de función-producto-diversidad**.. Marca el nivel alcanzado en cada indicador.

| Indicador                                        | NIVEL 4<br>Avanzado                                                                                                                                                                                                                                                     | NIVEL 3<br>Adecuado                                                                                                                                                 | NIVEL 2<br>En proceso                                                                                                                                            | NIVEL 1<br>Inicial                                                                               | Nivel |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>Comprensión científica</b>                    | Rigurosa, conectada y con vocabulario preciso.                                                                                                                                                                                                                          | Correcta en lo esencial.                                                                                                                                            | Parcial o con alguna confusión.                                                                                                                                  | Fragmentaria o con errores esenciales.                                                           |       |
| <b>Uso de evidencias</b>                         | Contrasta fuentes y usa evidencias concretas.                                                                                                                                                                                                                           | Aporta evidencias suficientes.                                                                                                                                      | Evidencias escasas o descriptivas.                                                                                                                               | Conclusiones sin evidencia suficiente.                                                           |       |
| <b>Corrección funcional de mitosis y meiosis</b> | Relaciona sin ayuda cada tipo de división con su función (crecimiento, reparación, reproducción asexual o formación de gametos), indica el número y tipo de células resultantes y explica cómo la meiosis genera diversidad (sobrecruzamiento y reparto independiente). | Asocia correctamente mitosis y meiosis con su función y su producto; la explicación de la diversidad es correcta pero incompleta (solo menciona una de sus causas). | Distingue mitosis y meiosis por el número de células, pero confunde alguna función o no explica por qué los gametos deben ser haploides.                         | Confunde mitosis y meiosis o las describe solo como listas de fases sin relación con su función. |       |
| <b>Coherencia del modelo cromosómico</b>         | En todas las fases del modelo el número de cromosomas, de cromátidas por cromosoma y la cantidad de ADN son correctos; distingue homólogos de cromátidas hermanas y lo justifica con el código de colores.                                                              | El modelo es coherente en casi todas las fases; hay algún descuido menor (p. ej., en la telofase I) que el equipo corrige al revisarlo.                             | El modelo presenta errores en el reparto (homólogos y cromátidas confundidos o número de cromosomas incorrecto en las células hijas) que solo corrige con ayuda. | El modelo no conserva el número de cromosomas ni distingue cromátidas y homólogos.               |       |
| <b>Comunicación y producto</b>                   | Claro, preciso y responde plenamente al reto.                                                                                                                                                                                                                           | Claro y responde adecuadamente.                                                                                                                                     | Cumple parcialmente o necesita mejorar.                                                                                                                          | Incompleto o no responde al reto.                                                                |       |

**Observaciones del docente**


---



---



---

**Valoración global**


---



---



---

**Autoevaluación y coevaluación**

SdA 4 · Cuando una célula se divide

ALUMNADO

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

**Parte 1 · Autoevaluación**

| Afirmación                                                                                        | Aún no                | Con ayuda             | Bien                  | Muy bien              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Sé explicar por qué los gametos deben tener la mitad de cromosomas y cómo lo consigue la meiosis. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Sé representar el número de cromosomas y cromátidas en cada fase de la mitosis y de la meiosis.   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| He cumplido mi rol y mis tareas dentro del equipo.                                                | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| He escuchado y tenido en cuenta las ideas de los demás.                                           | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| He usado fuentes y evidencias para justificar mis ideas.                                          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| He revisado y mejorado mi trabajo a partir de la retroalimentación.                               | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

**Dos aprendizajes que he logrado**


---



---



---

**Una dificultad que he tenido**


---



---



---

**Una mejora que haré la próxima vez**


---



---

**Parte 2 · Coevaluación de otro equipo****Equipo evaluado:** \_\_\_\_\_**Fortaleza 1**


---



---

**Fortaleza 2**


---



---

**Propuesta de mejora**


---



---

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Trabajarás con una célula que tiene un solo par de cromosomas ( $2n = 2$ ): uno rojo, de origen materno, y otro azul, de origen paterno. Así es más fácil seguir qué se separa en cada división.

### ⊗ Glosario visual

**Cromosoma replicado** = X (dos cromátidas hermanas, iguales, del mismo color) · **Cromátida** = cada una de las dos copias longitudinales completas de un cromosoma replicado (cada cromátida tiene su brazo corto y su brazo largo) · **Homólogos** = el cromosoma rojo y el azul del mismo par ·  **$2n$**  = la célula tiene los dos colores ·  **$n$**  = la célula tiene un solo color · **Mitosis** = separa cromátidas → 2 células iguales · **Meiosis** = primero separa homólogos y después cromátidas → 4 células  $n$ .

### ⊗ Ejemplo modelado: mitosis con un par

Interfase: rojo + azul (una cromátida cada uno) → fase S: rojo X + azul X → metafase: las dos X en el centro, una debajo de otra → anafase: se separan las cromátidas de cada X → resultado: 2 células con rojo + azul, iguales a la madre ( $2n = 2$ ).

## 1 Ordena las etapas de la meiosis de la célula $2n = 2$ escribiendo 1-5.

| Orden | Etapas                                                                                 |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------|
|       | Se separan las cromátidas de cada X: se forman 4 células con un solo color.            |
| 1     | El ADN se replica: el rojo y el azul se convierten en X.                               |
|       | La X roja y la X azul se separan: 2 células, una roja y otra azul.                     |
|       | La X roja y la X azul se colocan juntas, formando una pareja, e intercambian un trozo. |
|       | En cada una de las dos células, la X se coloca en el centro.                           |

## 2 Completa la comparación.

|                             | Mitosis ( $2n = 2$ ) | Meiosis ( $2n = 2$ ) |
|-----------------------------|----------------------|----------------------|
| N.º de células al final     |                      | 4                    |
| Colores en cada célula hija | rojo y azul          |                      |
| ¿Son iguales a la madre?    |                      | No                   |
| ¿Para qué sirve?            |                      |                      |

## 3 Elige la palabra correcta.

En la anafase de la mitosis se separan...

- ☐ los homólogos    ☐ las cromátidas hermanas

Una célula con un solo color de cada par es...

- ☐ haploide ( $n$ )    ☐ diploide ( $2n$ )

Los espermatozoides se forman por...

- ☐ mitosis    ☐ meiosis

## Actividad de ampliación

SdA 4 · Cuando una célula se divide

ALUMNADO

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

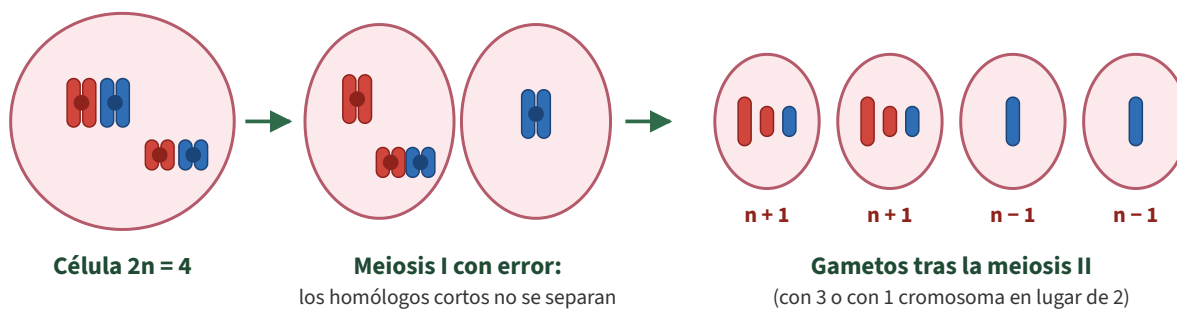
Fecha: \_\_\_\_\_

## 🔗 Cuando el reparto falla: la no disyunción

A veces, durante la meiosis, una pareja de homólogos (o dos cromátidas hermanas) no se separa. Este error se llama no disyunción y origina gametos con un cromosoma de más o de menos. Lo estudiarás de forma conceptual, como un problema de reparto.

## 📋 Pasos

- 1 Analiza el esquema: identifica en qué división se produce el error y qué células resultan.
- 2 Repite el razonamiento suponiendo que la meiosis I es correcta y el error ocurre en la meiosis II en una sola de las dos células. ¿Cuántos gametos son normales?
- 3 Calcula cuántos cromosomas tendría un cigoto formado por un gameto  $n + 1$  humano y un gameto normal. Busca cómo se llama este cambio (trisomía) y un ejemplo en una fuente fiable (MedlinePlus en español, NHGRI).
- 4 Explica por qué la mayoría de estos errores en cromosomas grandes impiden el desarrollo del embrión y por qué la trisomía 21, que afecta a uno de los cromosomas más pequeños, es compatible con la vida.
- 5 Redacta tus conclusiones con lenguaje respetuoso: hablamos de cambios cromosómicos, no de personas «defectuosas».

1 Esquema de no disyunción en la meiosis I (célula modelo  $2n = 4$ ).

| Error en...                            | Gametos $n + 1$ | Gametos $n - 1$ | Gametos normales ( $n$ ) |
|----------------------------------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| Meiosis I                              |                 |                 |                          |
| Meiosis II (en una de las dos células) |                 |                 |                          |

## 📦 Entrega

Un esquema propio de no disyunción en la meiosis II y un párrafo que explique, sin enfoque clínico, cómo un error de reparto cambia el número de cromosomas.

 **Ficha 1**

1. Diagnóstico: b, b, a, b.
2. 1: reparar; sí; igual; mitosis. 2: crecer (desarrollo); sí; igual; mitosis. 3: renovar tejidos; sí; igual; mitosis. 4: formar gametos; no; la mitad (23); meiosis. 5: reproducción asexual; sí; igual; mitosis. 6: regenerar; sí; igual; mitosis. 7: no se divide (permanece en G0).
3. Si los gametos tuvieran 46 cromosomas, el cigoto tendría 92 y la generación siguiente 184: el número se duplicaría en cada generación. La meiosis reduce el número a la mitad ( $n = 23$ ) para que la fecundación restablezca  $2n = 46$ .

 **Ficha 2**

1.  $G1 \approx 45,8 \%$ ;  $S \approx 33,3 \%$ ;  $G2 \approx 16,7 \%$ ;  $M \approx 4,2 \%$ . Es más probable encontrarla en G1 (y en interfase, en conjunto,  $\approx 96 \%$ ).
2. Relaciona: replicar ADN-fase S; crecer-G1; repartir el material genético-fase M; comprobar ADN-G2; dejar de dividirse-G0.
3. Gráfica: vale 1 en G1, sube de forma gradual durante la fase S hasta 2, se mantiene en 2 en G2 y en la metafase y vuelve a 1 en cada célula hija tras la división.
4. Tabla: G1, 46 cromosomas de 1 cromátida; G2, 46 de 2 cromátidas; metafase, 46 de 2 cromátidas; cada hija, 46 de 1 cromátida.
5. Daño por UV: el punto de control G1/S (o G2/M) detiene el ciclo para reparar el ADN; si el daño es grave, la célula se autodestruye (apoptosis). Si los controles fallan, la célula puede dividirse con el ADN dañado y transmitir las mutaciones a sus descendientes (relación con el cáncer, SdA 7).

 **Ficha 3**

1. Interfase (G2): cromatina dispersa, ADN ya replicado; 4 cromosomas; 2 cromátidas. Profase: se condensan, desaparece la envoltura, se forma el huso; 4; 2. Metafase: se alinean en el plano ecuatorial unidos al huso por el centrómero; 4; 2. Anafase: se separan las cromátidas hermanas hacia polos opuestos; 8 en toda la célula; 1. Telofase: llegan a los polos, se descondensan y se forman dos núcleos; 4 en cada núcleo; 1.
2. V/F: F (se separan las cromátidas hermanas; los homólogos se separan en la meiosis I), V, V, F (es la división del citoplasma; la del núcleo es la mitosis o cariocinesis), F (las células haploides sí pueden dividirse por mitosis, por ejemplo en los gametofitos de musgos y helechos o en los zánganos de las abejas).

 **Ficha 4**

1. Antes (G2): 1 célula; 4 cromosomas; 2 cromátidas. Profase I: se emparejan los homólogos (bivalentes) y hay sobrecruzamiento; 1; 4; 2. Final de la meiosis I: se han separado los homólogos; 2 células; 2 cromosomas; 2 cromátidas. Final de la meiosis II: se han separado las cromátidas; 4 células; 2 cromosomas; 1 cromátida.
2. Función: crecimiento, reparación, renovación y reproducción asexual / formación de gametos (o esporas en plantas) para la reproducción sexual. Células: somáticas (todas las que se dividen) / células madre de los gametos en ovarios y testículos. Divisiones: 1 / 2. Hijas: 2 / 4. Cromosomas: 46 / 23. ¿Iguales?: sí / no, distintas entre sí y de la madre. Emparejamiento y sobrecruzamiento: no / sí (profase I).
3. Modelo:  $n = 2$ ,  $2^2 = 4$ . Mosca:  $n = 4$ ,  $2^4 = 16$ . Humano:  $n = 23$ ,  $2^{23} = 8\,388\,608$ . Cada persona puede formar más de 8 millones de combinaciones de gametos sin contar el sobrecruzamiento; al unirse dos gametos, las combinaciones posibles de un cigoto superan los 70 billones ( $2^{46} \approx 7 \cdot 10^{13}$ ): por eso los hermanos (salvo los gemelos idénticos) son distintos.

### Ficha 5

1. Microfotografía F10: 1 interfase (núcleo redondeado, cromatina fina, nucléolo). 2 profase (núcleo aún redondeado, cromatina condensada en un ovillo de hilos gruesos, sin nucléolo visible). 3 prometafase-metafase temprana (cromosomas muy condensados y sueltos, sin envoltura nuclear, agrupándose en el centro). 4 prometafase (cromosomas condensados dispersos, sin envoltura nuclear). 5 y 6 interfase (núcleo grande y delimitado, con uno o dos nucléolos). Se aceptan «metafase» para 3 y 4 si se justifica por la condensación máxima. No hay anafases ni telofases porque son las fases más breves (1,2 % y 2,2 % de las células en F9): la probabilidad de encontrarlas en un campo pequeño es baja.
2. A: interfase (cromatina fina, núcleo delimitado). B: inicio de la profase (la cromatina empieza a condensarse en un ovillo). C: profase avanzada (cromosomas individualizados dentro del núcleo). D: metafase (cromosomas en el ecuador, huso visible). E: anafase tardía-telofase (dos grupos de cromosomas en los polos y estrangulamiento). F: final de la telofase y citocinesis (dos células hijas). Orden: A → B → C → D → E → F. Se aceptan B y C como profase sin distinguir subfases.
3. En división: A 40, B 40, C 40, clase 120. IM:  $A\ 40/330 = 12,1\ %$ ;  $B\ 40/345 = 11,6\ %$ ;  $C\ 40/325 = 12,3\ %$ ; clase  $120/1000 = 12,0\ %$ .
4. Clase: interfase 880 (88,0 %,  $\approx 17,6\ h$ ); profase 64 (6,4 %,  $\approx 77\ min$ ); metafase 22 (2,2 %,  $\approx 26\ min$ ); anafase 12 (1,2 %,  $\approx 14\ min$ ); telofase 22 (2,2 %,  $\approx 26\ min$ ). La mitosis dura en total  $\approx 144\ min$  (2,4 h).
5. Gráfica: profase 6,4; metafase 2,2; anafase 1,2; telofase 2,2. La fase más larga es la profase; la más corta, la anafase.
6. Grupo D: IM =  $4/200 = 2,0\ %$ . La conclusión debe cambiar: las divisiones se concentran en el meristemo, cerca del extremo; a 1 cm las células casi no se dividen y la raíz crece porque se alargan y se diferencian. Ejemplo: «La mayoría de las divisiones de la raíz ocurren en el meristemo apical; en las zonas más alejadas, el índice mitótico es mucho menor».

### Ficha 6

1. A: los homólogos aparecen emparejados en el ecuador; eso ocurre en la metafase I de la meiosis. En la metafase de la mitosis cada cromosoma se coloca por separado en el plano ecuatorial, con sus dos cromátidas orientadas hacia polos opuestos.
2. B: el reparto es desigual: un polo recibe 3 cromátidas, el otro 4 y una cromátida corta roja queda rezagada en el centro. Debería haber 4 cromátidas (una de cada cromosoma) en cada polo. Representa un error de reparto (no disyunción) en la mitosis.
3. C: la meiosis no da 2 células con 4 cromosomas (2n), sino 4 células haploides con 2 cromosomas (uno largo y uno corto), distintas entre sí. Lo dibujado es el resultado de una mitosis.
4. D: tras una mitosis las hijas deben tener 4 cromosomas de una cromátida, con los dos colores de cada par. Lo dibujado (2 cromosomas de 2 cromátidas, separados los homólogos) corresponde al final de la meiosis I.
5. Modelo B: si la cromátida rezagada acaba en el polo derecho, una hija tendría 3 cromosomas y la otra 5 (en lugar de 4 y 4). Le faltarían o sobrarían genes: la cantidad de proteínas se desequilibra y la célula puede funcionar mal o morir.

### Ficha 7

1. a) Mitosis: reproducción asexual; la planta nueva es igual a la madre. b) Meiosis: se forman microsporas con  $n = 7$ , la mitad de 14; después, por mitosis, originan los granos de polen (gametofito masculino que formará los gametos). c) Mitosis: crecimiento; todas las células conservan 2n. d) Mitosis: reparación y renovación de la epidermis.
2. Mitosis: 78 cromosomas en cada hija. Meiosis: 39 cromosomas en cada una de las 4 células. Metafase de la mitosis:  $78\ cromosomas \times 2\ cromátidas = 156\ cromátidas$ .
3. Respuesta esperable: la mitosis conserva el número de cromosomas y la información genética, lo que permite crecer, reparar, renovar tejidos y reproducirse asexualmente; la meiosis reduce el número a la mitad para que la fecundación lo restablezca y genera combinaciones nuevas (sobrecruzamiento y reparto independiente), fuente de diversidad en la reproducción sexual.

 **Refuerzo**

1. Orden: 5, 1, 3, 2, 4 (de arriba abajo).
2. Mitosis: 2 células; rojo y azul; sí; crecer, reparar, renovar. Meiosis: 4 células; un solo color en cada una (rojo o azul, con un trozo del otro color si hubo sobrecruzamiento); no; formar gametos.
3. Test: cromátidas hermanas; haploide (n); meiosis.

 **Ampliación**

1. Error en la meiosis I: 2 gametos  $n + 1$  y 2 gametos  $n - 1$ , ninguno normal. Error en la meiosis II en una sola célula: 1 gameto  $n + 1$ , 1 gameto  $n - 1$  y 2 gametos normales.
2. Cigoto humano con un gameto  $n + 1$ : 47 cromosomas (trisomía). Ejemplo: trisomía 21 (síndrome de Down). Los cromosomas grandes llevan muchos genes; el desequilibrio es tan grande que el embrión no se desarrolla. El 21 es de los más pequeños y con menos genes.

 **Errores frecuentes**

- Confundir cromátidas hermanas (copias idénticas) con cromosomas homólogos (uno materno y otro paterno).
- Contar las cromátidas como cromosomas: una X sigue siendo un solo cromosoma.
- Pensar que en la meiosis II se vuelve a replicar el ADN.
- Separar los homólogos en la mitosis o dibujar parejas de homólogos en su metafase.
- Creer que la mitosis «reduce» o que las células haploides no pueden dividirse.
- Calcular el índice mitótico dividiendo entre las células en interfase en lugar de entre el total.

 **Criterios para valorar respuestas abiertas**

- Valorar la coherencia del modelo (número de cromosomas y cromátidas en cada fase) por encima de la memorización de los nombres de las subfases.
- En la identificación de fases en ilustraciones y microfotografías, aceptar respuestas próximas (profase o prometafase, anafase tardía o telofase) si la clave observada es correcta.
- En la situación aplicada, la justificación debe incluir la función y el número de cromosomas; no basta con el nombre de la división.
- Seguridad: los cortes y las tinciones con colorantes corrosivos (orceína o carmín acéticos, ácido clorhídrico) los realiza solo el docente, con gafas, guantes y ventilación. Se recomiendan preparaciones comerciales. Vigilar el manejo del vidrio y del microscopio.



# 05

## SITUACIÓN DE APRENDIZAJE

### El código de la vida

#### PREGUNTA GUÍA

**?** ¿Cómo puede una secuencia de ADN terminar influyendo en una característica celular?



**CURSO / NIVEL**  
4.º ESO



**SESIONES**  
8 sesiones · 2.º trimestre



**COMPETENCIAS ESPECÍFICAS**  
CE1, CE3, CE4



**BLOQUES DE SABERES**  
D · Genética y evolución · A · Proyecto científico



**PRODUCTO FINAL**  
Dossier “Del ADN a la proteína” con modelo físico/digital, ejercicios de expresión génica y explicación de una alteración de secuencia.



**CRITERIOS DE EVALUACIÓN**  
1.1, 1.2, 1.3, 3.3, 4.1, 4.2



## Contexto, reto y sentido

ADN, ARN y proteína se convierten fácilmente en una cadena de letras sin significado. La situación utiliza modelos de información para conectar estructura y expresión génica.

### 🎯 Reto

Representar el flujo de información genética y resolver casos sencillos de transcripción y traducción con código genético.

### 📦 Producto final

Dossier “Del ADN a la proteína” con modelo físico/digital, ejercicios de expresión génica y explicación de una alteración de secuencia.

## Vinculación curricular

### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS Y DESCRIPTORES DEL PERFIL DE SALIDA

#### CE1

Interpretar y transmitir información y datos científicos, argumentando sobre ellos y utilizando diferentes formatos, para analizar conceptos y procesos de las ciencias biológicas y geológicas.

CCL1

CCL2

CCL5

STEM4

CD2

CD3

CCEC4

#### CE3

Planificar y desarrollar proyectos de investigación, siguiendo los pasos de las metodologías científicas y cooperando cuando sea necesario, para indagar en aspectos relacionados con las ciencias geológicas y biológicas.

CCL1

CCL2

STEM2

STEM3

STEM4

CD1

CD2

CPSAA3

CE3

#### CE4

Utilizar el razonamiento y el pensamiento computacional, analizando críticamente las respuestas y soluciones y reformulando el procedimiento, si fuera necesario, para resolver problemas o dar explicación a procesos de la vida cotidiana relacionados con la biología y la geología.

STEM1

STEM2

CD5

CPSAA5

CE1

CE3

CCEC4

### Criterios de evaluación seleccionados

1.1

Analizar conceptos y procesos biológicos y geológicos interpretando información en diferentes formatos, manteniendo una actitud crítica, obteniendo conclusiones y formando opiniones propias fundamentadas.

1.2

Transmitir opiniones propias fundamentadas e información sobre Biología y Geología de forma clara y rigurosa, facilitando su comprensión y análisis mediante el uso de la terminología y el formato adecuados.

1.3

Analizar y explicar fenómenos biológicos y geológicos representándolos mediante el diseño y la realización de modelos y diagramas y utilizando, cuando sea necesario, los pasos del diseño de ingeniería.

3.3

Realizar experimentos y tomar datos cuantitativos o cualitativos utilizando los instrumentos, herramientas o técnicas adecuadas con corrección y precisión.

4.1

Resolver problemas o dar explicación a procesos biológicos o geológicos utilizando conocimientos, datos e información, razonamiento lógico, pensamiento computacional o recursos digitales.

4.2

Analizar críticamente la solución a un problema, cambiando los procedimientos utilizados o las conclusiones si no fuese viable o ante nuevos datos.

## Saberes básicos prioritarios

### D

#### Genética y evolución

- Modelo simplificado de la estructura del ADN y del ARN y relación con su función y síntesis.
- Estrategias de extracción de ADN de una célula eucariota.
- Etapas de la expresión génica, características del código genético y resolución de problemas relacionados.

### A

#### Proyecto científico

- Respuesta a cuestiones científicas mediante la experimentación y el trabajo de campo.
- Modelado para la representación y comprensión de procesos o elementos de la naturaleza.



## Objetivos didácticos

- ✓ Diferenciar ADN y ARN en estructura y función a nivel escolar.
- ✓ Explicar flujo de información ADN → ARN → proteína.
- ✓ Utilizar el código genético en problemas sencillos.
- ✓ Relacionar secuencia y producto sin caer en determinismo de rasgos complejos.
- ✓ Modelar una mutación puntual y su posible efecto.



## Metodología y papel docente

### 🔗 Enfoque metodológico

Aprendizaje basado en retos e indagación guiada, combinando interpretación de información, modelado, experimentación o trabajo de campo cuando procede, resolución de problemas, cooperación y comunicación científica.

### 🎒 Papel del docente

- Presenta el reto.
- Modela procedimientos.
- Garantiza la seguridad.
- Aporta fuentes graduadas.
- Observa.
- Retroalimenta.
- Ayuda a distinguir evidencia.
- Inferencia y opinión.



## Secuencia de sesiones y actividades

- 📄 Cada sesión genera una **evidencia** que se recoge en las fichas del Anexo 3. En las prácticas, el docente garantiza la seguridad y modela el procedimiento antes de que lo realice el alumnado.

### 1

#### SESIÓN 1

#### Información que cabe en una molécula

Modelo de ADN con nucleótidos y complementariedad.

👥 **Agrupamiento:** Parejas/grupos

📄 **Evidencia:** Modelo ADN

2

## SESIÓN 2

**Copiar sin sacar el original**

Transcripción de secuencias cortas a ARN mensajero.

**Agrupamiento:** Parejas/grupos**Evidencia:** Ejercicios de transcripción

3

## SESIÓN 3

**Traducir otro lenguaje**

Uso de tabla de código genético para obtener cadenas de aminoácidos.

**Agrupamiento:** Parejas/grupos**Evidencia:** Ejercicios de traducción

4

## SESIÓN 4

**Del gen al producto**

Caso simplificado que conecta proteína con función celular.

**Agrupamiento:** Parejas/grupos**Evidencia:** Cadena causal

5

## SESIÓN 5

**Cambiar una letra**

Comparación de posibles efectos de mutaciones puntuales.

**Agrupamiento:** Parejas/grupos**Evidencia:** Tabla de mutaciones

6

## SESIÓN 6

**Extraemos ADN**

Práctica de extracción de ADN de fruta u otra muestra eucariota.

**Agrupamiento:** Parejas/grupos**Evidencia:** Informe de práctica

7

## SESIÓN 7

**Errores y límites del modelo**

Discusión de por qué “un gen = un rasgo” suele ser insuficiente.

**Agrupamiento:** Parejas/grupos**Evidencia:** Texto crítico

8

## SESIÓN 8

**Dossier genético**

Montaje, revisión y prueba individual.

**Agrupamiento:** Parejas/grupos**Evidencia:** Dossier final**Recursos, interdisciplinariedad y transversalidad****Recursos**

Modelos de nucleótidos

Tabla de código genético

Material para extracción de ADN

Secuencias didácticas

Plantilla ADN-ARN-proteína

**Interdisciplinariedad**

Química,  
Matemáticas/Informática y  
Lengua.

**Elementos transversales**

Rigor científico, límites del  
determinismo genético y  
seguridad de laboratorio.

**Alternativa sin dispositivos**

Sustituir herramientas digitales  
por dosieres impresos y datos  
preparados. Las prácticas no  
disponibles pueden convertirse  
en demostraciones, simulaciones  
o análisis de datos ya recogidos,  
manteniendo el razonamiento  
científico.

## DUA y atención a la diversidad

**Implicación**

Metas visibles, elección de  
formato cuando el criterio lo  
permita, hitos cortos, roles  
cooperativos y retroalimentación  
frecuente.

**Representación**

Texto, fotografía, esquema,  
modelo, tabla, gráfica,  
demostración y glosario visual;  
ejemplos resueltos y materiales  
de distinta complejidad.

**Acción y expresión**

Informe, modelo, exposición,  
audio o producto visual cuando  
sea compatible con el criterio;  
organizadores y listas de cotejo.

**Medidas específicas en esta SdA**

Secuencias cortas; código genético resaltado; piezas manipulables; procedimiento de extracción con apoyo visual.

**Refuerzo** Anexo 8

Resolver secuencias de 3-4 codones con tabla parcial y  
modelo ya construido.

**Ampliación** Anexo 9

Analizar un caso de mutación en una proteína conocida  
a nivel divulgativo, sin inferir riesgos personales.

## Evaluación

Evaluación continua y formativa: diagnóstico inicial, evidencias durante el proceso, revisión de borradores y valoración final del producto más una evidencia individual. La ponderación debe adaptarse a la normativa autonómica y a los acuerdos del departamento.

**FASE 1  
Inicial**

Diagnóstico de ideas previas con  
la primera ficha del Anexo 3 y la  
ficha de lanzamiento (Anexo 1).

**FASE 2  
Formativa**

Evidencias de cada sesión,  
revisión de borradores y  
retroalimentación con la lista de  
cotejo (Anexo 5).

**FASE 3  
Final**

Valoración del producto con la  
rúbrica (Anexo 6) más una  
evidencia individual y la reflexión  
del Anexo 7.

## Criterios, evidencias e instrumentos

| Criterio | Evidencia principal                                                                                                                                                                                        | Instrumento                                                                    |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 1.1      | Interpretación del esquema de la doble hélice y de la replicación (F1), del flujo de información (F3) y de la tabla de mutaciones (F7) para explicar qué se conserva y qué cambia.                         | Fichas 1, 4 y 5 / rúbrica y lista de cotejo                                    |
| 1.2      | Explicación escrita de la diferencia entre ADN y ARN, de la cadena gen-proteína-función y del texto crítico sobre «un gen = un rasgo» con terminología precisa (nucleótido, codón, anticodón, aminoácido). | Fichas 4 y 7 y dossier final (Anexo 4) / rúbrica                               |
| 1.3      | Modelo físico o digital de ADN y del flujo ADN → ARN → proteína en el que se respeta la complementariedad, la orientación y el significado de cada molécula.                                               | Ficha 1 (modelo) y página del flujo en el dossier / rúbrica y lista de cotejo  |
| 3.3      | Realización de la extracción de ADN de una fruta con control negativo, registro de observaciones y explicación de la función de cada reactivo.                                                             | Ficha 6 «Extraemos ADN» e informe de práctica / rúbrica de proyecto científico |
| 4.1      | Resolución correcta de problemas de complementariedad, transcripción y traducción con el código genético, incluidos el reconocimiento del codón de inicio y de parada.                                     | Fichas 1, 2, 3 y 8 / escala de valoración                                      |
| 4.2      | Revisión de las consecuencias de una mutación puntual sobre la proteína (sustitución, inserción, delección) y corrección de una explicación determinista.                                                  | Fichas 5 y 7 y prueba individual (Ficha 8) / escala de valoración              |

### 🔄 Autoevaluación y coevaluación Anexo 7

El alumnado valora sus aprendizajes, dificultades y aportación al equipo, y revisa el producto de otro equipo con la lista de cotejo antes de la entrega final.

## + Rúbrica del producto final

| Indicador                                          | NIVEL 4<br>Avanzado                                                                                                                                                                                                              | NIVEL 3<br>Adecuado                                                                                                                                   | NIVEL 2<br>En proceso                                                                                               | NIVEL 1<br>Inicial                                                           |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Comprensión científica</b>                      | Rigurosa, conectada y con vocabulario preciso.                                                                                                                                                                                   | Correcta en lo esencial.                                                                                                                              | Parcial o con alguna confusión.                                                                                     | Fragmentaria o con errores esenciales.                                       |
| <b>Uso de evidencias</b>                           | Contrasta fuentes y usa evidencias concretas.                                                                                                                                                                                    | Aporta evidencias suficientes.                                                                                                                        | Evidencias escasas o descriptivas.                                                                                  | Conclusiones sin evidencia suficiente.                                       |
| <b>Precisión del flujo de información genética</b> | Explica sin ayuda el flujo ADN → ARNm → proteína situando cada proceso (replicación, transcripción, traducción) en su lugar de la célula, distingue ADN y ARN en azúcar, bases y función, y señala qué se conserva en cada paso. | Explica correctamente el flujo ADN → ARNm → proteína y distingue ADN y ARN; confunde algún detalle menor (p. ej., el lugar de un proceso o una base). | Describe el flujo con ayuda de un esquema, pero mezcla transcripción y traducción o atribuye al ARN la base timina. | No distingue ADN, ARN y proteína o presenta el flujo con errores esenciales. |

| Indicador                                         | NIVEL 4<br>Avanzado                                                                                                                                                                                          | NIVEL 3<br>Adecuado                                                                                                                               | NIVEL 2<br>En proceso                                                                                                                | NIVEL 1<br>Inicial                                                          |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| <b>Resolución de problemas de código genético</b> | Transcribe y traduce correctamente secuencias nuevas, localiza el codón de inicio y de parada, justifica la degeneración del código y revisa su resultado comprobando la orientación y la complementariedad. | Transcribe y traduce correctamente con la tabla; algún despiste menor (p. ej., no detener la traducción en el codón Stop) que corrige al revisar. | Resuelve las secuencias cortas con apoyo; comete errores de complementariedad o pierde la pauta de lectura en secuencias más largas. | No logra aplicar la complementariedad ni leer la tabla del código genético. |
| <b>Comunicación y producto</b>                    | Claro, preciso y responde plenamente al reto.                                                                                                                                                                | Claro y responde adecuadamente.                                                                                                                   | Cumple parcialmente o necesita mejorar.                                                                                              | Incompleto o no responde al reto.                                           |



## Variantes de aplicación

### ↗ Versión abreviada

Trabajar con fuentes/datos cerrados y un producto de una página o modelo único.

### ↘ Versión ampliada

Añadir laboratorio/campo, comparación de casos, mayor tratamiento de datos y una fase pública de comunicación científica.

## Ficha de lanzamiento del reto

SdA 5 · El código de la vida

ALUMNADO

Cada una de vuestras células guarda cerca de dos metros de ADN escritos con solo cuatro «letras»: A, T, C y G. Esa secuencia no se lee directamente: la célula copia un fragmento en forma de ARN y un ribosoma lo traduce a una cadena de aminoácidos que formará una proteína. Cambiar una sola letra a veces no altera nada, a veces estropea una enzima y a veces abre la puerta a una adaptación. En esta situación vais a construir un modelo del flujo ADN → ARN → proteína, resolver problemas con el código genético, extraer ADN de una fruta y explicar qué ocurre cuando la secuencia cambia.

## “ ¿Cómo puede una secuencia de ADN terminar influyendo en una característica celular? ”

### 🎯 Vuestro reto

Representar el flujo de información genética y resolver casos sencillos de transcripción y traducción con código genético.

### 📁 Lo que vais a producir

Dossier “Del ADN a la proteína” con modelo físico/digital, ejercicios de expresión génica y explicación de una alteración de secuencia.

### 📅 Hoja de ruta · 8 sesiones

- 1 Construimos un modelo de ADN con nucleótidos y comprobamos la complementariedad y la replicación.
- 2 Copiamos un gen en forma de ARN mensajero: transcripción de secuencias cortas.
- 3 Traducimos el ARN mensajero a aminoácidos con la tabla del código genético.
- 4 Seguimos la cadena gen → ARNm → proteína → función en un caso real, la insulina.
- 5 Cambiamos una letra: comparamos sustituciones, inserciones y deleciones y sus efectos.
- 6 Extraemos ADN de una fruta y explicamos cada paso con controles.
- 7 Analizamos por qué «un gen = un rasgo» es insuficiente y escribimos un texto crítico.
- 8 Montamos el dossier «Del ADN a la proteína» y resolvemos una prueba individual.

### 📋 Al terminar seré capaz de...

- ✓ Diferenciar ADN y ARN en estructura y función a nivel escolar.
- ✓ Explicar flujo de información ADN → ARN → proteína.
- ✓ Utilizar el código genético en problemas sencillos.
- ✓ Relacionar secuencia y producto sin caer en determinismo de rasgos complejos.
- ✓ Modelar una mutación puntual y su posible efecto.

### 📋 ¿Cómo me evaluarán?

Con la rúbrica del producto final (Anexo 6), la lista de cotejo (Anexo 5) y una reflexión personal (Anexo 7). ¡Revisadlas antes de empezar!



Material base para seguir el camino de la información genética: estructura y replicación del ADN, comparación con el ARN, flujo de información, tabla del código genético, traducción en el ribosoma, un caso real (la insulina), tipos de mutación, una práctica de extracción de ADN y los límites del modelo «un gen = un rasgo».

## F1 Estructura del ADN y replicación

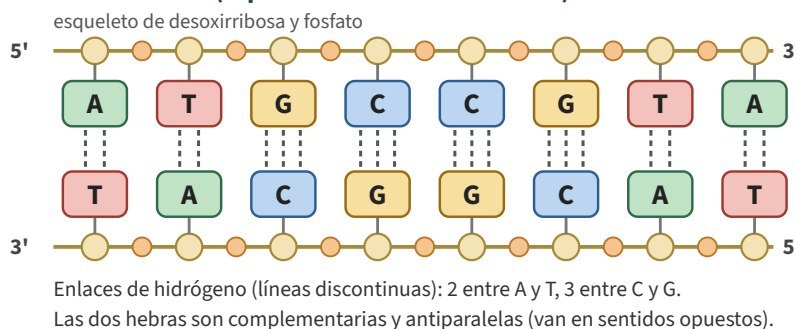
ESQUEMA

## A. Un nucleótido de ADN

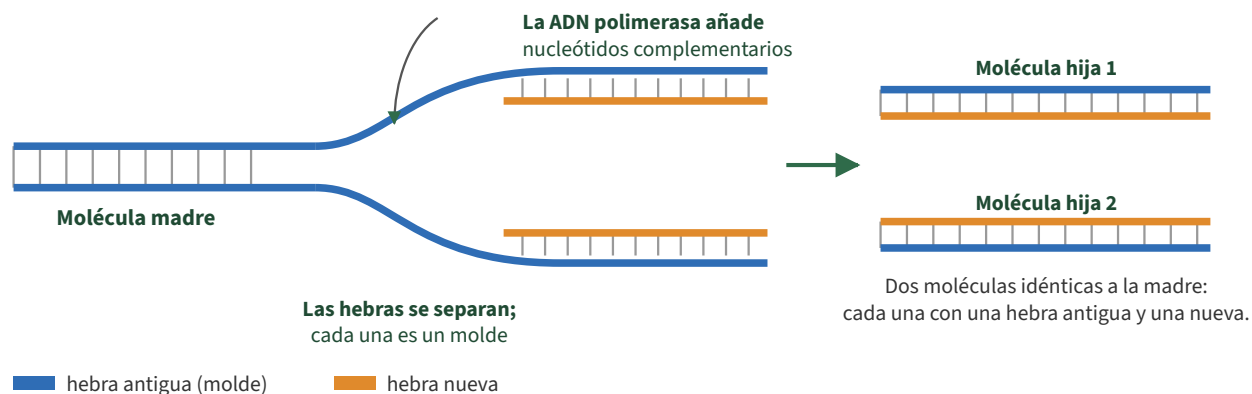


A adenina · T timina · C citosina · G guanina  
En el ARN: ribosa en vez de desoxirribosa y  
U uracilo en vez de timina.

## B. Doble hélice (representada «desenrollada»)



## C. Replicación semiconservativa del ADN



Fuente: Esquema de elaboración propia. La replicación semiconservativa fue demostrada por Meselson y Stahl en 1958.

🔍 Los puentes de hidrógeno unen cada base con su complementaria (A-T, C-G). Por eso, si conocemos una hebra, podemos deducir la otra y copiar la molécula entera.

**F2 ADN y ARN: parecidos y diferencias**

DATOS

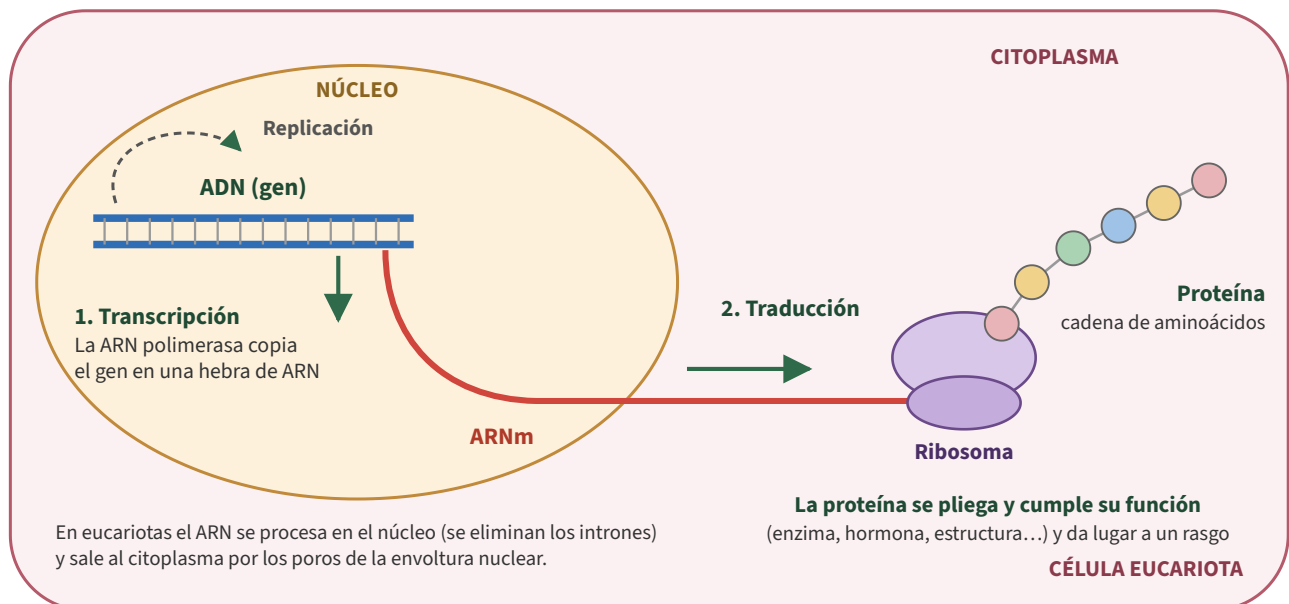
| Característica                     | ADN                                                                                                            | ARN                                                                                          |
|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Azúcar                             | Desoxirribosa                                                                                                  | Ribosa                                                                                       |
| Bases nitrogenadas                 | A, T, C, G                                                                                                     | A, U, C, G (uracilo en lugar de timina)                                                      |
| Número de hebras                   | Dos (doble hélice)                                                                                             | Una (normalmente)                                                                            |
| Tamaño                             | Moléculas muy largas (un cromosoma humano contiene una sola molécula de cientos de millones de pares de bases) | Moléculas más cortas (un gen se copia en un ARNm de unos cientos o miles de bases)           |
| Localización en células eucariotas | Núcleo (y mitocondrias y cloroplastos)                                                                         | Se forma en el núcleo y actúa sobre todo en el citoplasma                                    |
| Función                            | Almacena la información genética y la transmite al replicarse                                                  | ARNm: lleva el mensaje del gen. ARNt: aporta los aminoácidos. ARNr: forma parte del ribosoma |
| Duración                           | Estable; dura toda la vida de la célula                                                                        | Poco estable; se degrada y se renueva                                                        |

El ARN tiene más funciones además de las tres clásicas, pero en esta situación nos centraremos en el ARN mensajero (ARNm), el ARN de transferencia (ARNt) y el ARN ribosómico (ARNr).

Fuente: Elaboración propia a partir de la bibliografía de bioquímica de bachillerato (Alberts et al., «Molecular Biology of the Cell»).

**F3 El flujo de la información genética**

ESQUEMA



Fuente: Esquema de elaboración propia.

Q ADN → ARN → proteína es el flujo habitual. Replicación: ADN → ADN. Transcripción: ADN → ARN. Traducción: ARN → proteína.

F4

El código genético (codones del ARNm)

ESQUEMA

|              |   | SEGUNDA BASE     |   |         |   |          |   |          |   |  |
|--------------|---|------------------|---|---------|---|----------|---|----------|---|--|
|              |   | U                |   | C       |   | A        |   | G        |   |  |
| PRIMERA BASE | U | UUU Phe          | U | UCU Ser | U | UAU Tyr  | U | UGU Cys  | U |  |
|              |   | UUC Phe          | C | UCC Ser | C | UAC Tyr  | C | UGC Cys  | C |  |
|              |   | UUA Leu          | A | UCA Ser | A | UAA Stop | A | UGA Stop | A |  |
|              |   | UUG Leu          | G | UCG Ser | G | UAG Stop | G | UGG Trp  | G |  |
|              | C | CUU Leu          | U | CCU Pro | U | CAU His  | U | CGU Arg  | U |  |
|              |   | CUC Leu          | C | CCC Pro | C | CAC His  | C | CGC Arg  | C |  |
|              |   | CUA Leu          | A | CCA Pro | A | CAA Gln  | A | CGA Arg  | A |  |
|              |   | CUG Leu          | G | CCG Pro | G | CAG Gln  | G | CGG Arg  | G |  |
|              | A | AUU Ile          | U | ACU Thr | U | AAU Asn  | U | AGU Ser  | U |  |
|              |   | AUC Ile          | C | ACC Thr | C | AAC Asn  | C | AGC Ser  | C |  |
|              |   | AUA Ile          | A | ACA Thr | A | AAA Lys  | A | AGA Arg  | A |  |
|              |   | AUG Met (inicio) | G | ACG Thr | G | AAG Lys  | G | AGG Arg  | G |  |
|              | G | GUU Val          | U | GCU Ala | U | GAU Asp  | U | GGU Gly  | U |  |
|              |   | GUC Val          | C | GCC Ala | C | GAC Asp  | C | GGC Gly  | C |  |
|              |   | GUA Val          | A | GCA Ala | A | GAA Glu  | A | GGA Gly  | A |  |
|              |   | GUG Val          | G | GCG Ala | G | GAG Glu  | G | GGG Gly  | G |  |

Inicio (Met)

apolar

polar sin carga

carga +

carga -

Stop (final)

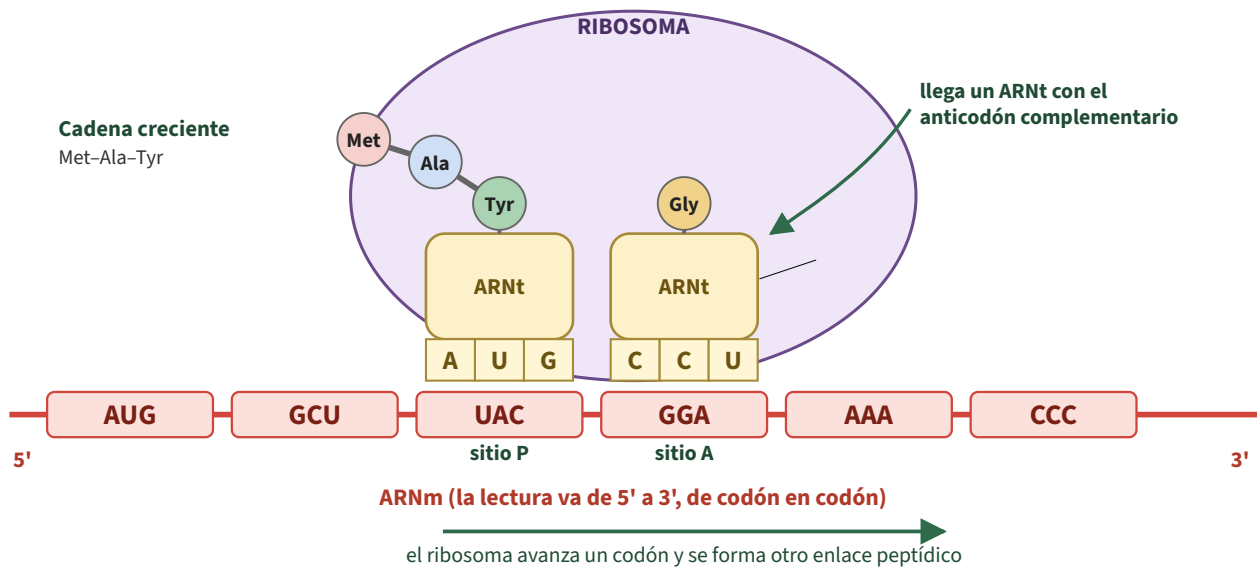
Fuente: Código genético estándar (NCBI, tabla de traducción 1). Esquema de elaboración propia.

Q

Abreviaturas: Ala alanina, Arg arginina, Asn asparagina, Asp ácido aspártico, Cys cisteína, Gln glutamina, Glu ácido glutámico, Gly glicina, His histidina, Ile isoleucina, Leu leucina, Lys lisina, Met metionina, Phe fenilalanina, Pro prolina, Ser serina, Thr treonina, Trp triptófano, Tyr tirosina, Val valina. El código se lee en el ARNm, de 5' a 3', de tres en tres bases.

## F5 La traducción en el ribosoma

ESQUEMA



Fuente: Esquema de elaboración propia. Secuencia ficticia con un ARNm corto para el aula.

- 🔍 Los anticodones se escriben alineados con el codón (3' → 5'), por eso cada letra se enfrenta a su complementaria. Al terminar la lectura, un codón Stop (UAA, UAG o UGA) detiene la síntesis y se libera la proteína.

## F6 De un gen a una función: la insulina

ESTUDIO DE CASO

En el cromosoma 11 de las personas hay un gen llamado **INS**. Está en todas las células del cuerpo, pero solo se «lee» en unas células del páncreas, las **células beta** de los islotes de Langerhans.

Cuando el nivel de glucosa en sangre sube después de comer, una célula beta transcribe el gen **INS** y obtiene un ARNm. Ese ARNm sale al citoplasma y los ribosomas lo traducen a una cadena de 110 aminoácidos, la preproinsulina. La célula la recorta y la pliega hasta formar la **insulina madura**, una proteína pequeña de 51 aminoácidos (dos cadenas, de 21 y 30 aminoácidos).

La insulina se libera a la sangre y actúa como una señal: hace que las células del músculo, del tejido graso y del hígado capten glucosa. Así baja su concentración en sangre. En la diabetes tipo 1, el propio sistema inmunitario destruye las células beta y el cuerpo deja de fabricar insulina; no se debe a un cambio en el gen **INS**.

Fuente: Elaboración propia a partir de MedlinePlus Genetics (NIH) y de la ficha del gen **INS** (NCBI). Resumen simplificado.

- 🔍 ¿Por qué, si todas las células tienen el gen **INS**, solo las células beta fabrican insulina? ¿Qué relación hay entre la secuencia del gen y la función de la insulina?

**F7 Tipos de mutación puntual (gen ficticio)**

| Tipo                             | Qué cambia                                        | ARNm mutado (codones)            | Cadena de aminoácidos            |
|----------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Sin mutación (original)          | —                                                 | AUG GCU UAC GGA AAA<br>CCC UAA   | Met-Ala-Tyr-Gly-Lys-<br>Pro-Stop |
| Sustitución silenciosa           | Codón 3: UAC → UAU                                | AUG GCU UAU GGA AAA<br>CCC UAA   | Met-Ala-Tyr-Gly-Lys-<br>Pro-Stop |
| Sustitución de cambio de sentido | Codón 2: GCU → GAU                                | AUG GAU UAC GGA AAA<br>CCC UAA   | Met-Asp-Tyr-Gly-Lys-<br>Pro-Stop |
| Sustitución sin sentido          | Codón 3: UAC → UAG                                | AUG GCU UAG GGA AAA<br>CCC UAA   | Met-Ala-Stop                     |
| Inserción de 1 base              | Se inserta una G entre el codón 2 y el codón 3    | AUG GCU GUA CGG AAA<br>ACC CUA A | Met-Ala-Val-Arg-Lys-<br>Thr-Leu  |
| Deleción de 1 base               | Se pierde la C del codón 2 (5. <sup>a</sup> base) | AUG GUU ACG GAA AAC<br>CCU AA    | Met-Val-Thr-Glu-Asn-Pro          |
| Deleción de 3 bases              | Se pierde el codón 3 completo (UAC)               | AUG GCU GGA AAA CCC<br>UAA       | Met-Ala-Gly-Lys-Pro-<br>Stop     |

**Mutación puntual:** cambio en una sola base. **Sustitución:** una base se cambia por otra. **Inserción y deleción:** se añade o se pierde una base (o varias). Si el número de bases añadidas o perdidas **no es múltiplo de 3**, se altera la pauta de lectura («desplazamiento del marco») y cambian todos los codones siguientes.

*Fuente: Ejemplos de elaboración propia sobre un gen ficticio de 6 aminoácidos. Se muestran los cambios directamente en el ARNm para simplificar.*

**F8 Práctica: extracción casera de ADN de fresa****PROTOCOLO**

**Material (por equipo):** 1-2 fresas maduras (o un trozo de plátano o de kiwi), bolsa de plástico con cierre hermético, 100 mL de agua, 10 mL de lavavajillas (2 cucharaditas), 1 cucharadita de sal de mesa, colador o filtro de café, vaso transparente, tubo de ensayo o vasito alto, palillo de madera y **alcohol de 96° bien frío** (30 mL; lo dispensa el docente, guardado en el congelador).

**Preparación de la solución de extracción:** mezcla el agua, el lavavajillas y la sal sin hacer espuma.

**Procedimiento**

- **Paso 1.** Quita el rabito a las fresas, introdúcelas en la bolsa y aplástalas con los dedos durante 2 minutos hasta obtener un puré.
- **Paso 2.** Añade 20 mL de solución de extracción y vuelve a amasar 1 minuto, sin hacer espuma.
- **Paso 3.** Filtra el contenido de la bolsa con el colador o el filtro de café sobre un vaso. Debes obtener un líquido rosado.
- **Paso 4.** Pasa 5 mL del filtrado a un tubo.
- **Paso 5 (control negativo).** Repite los pasos 1-4 con otra fresa y una solución preparada **sin lavavajillas** (solo agua y sal) y pasa 5 mL del filtrado a un segundo tubo.
- **Paso 6.** Inclina cada tubo y deja caer lentamente por la pared 10 mL de alcohol frío, hasta formar una capa sobre el filtrado. No agites.
- **Paso 7.** Espera 3-5 minutos sin mover los tubos. Observa la interfase: aparecerán hilos blancos y viscosos.
- **Paso 8.** Enrolla los hilos en un palillo de madera. Anota y dibuja lo que observas.

**Seguridad**

- El alcohol es **inflamable**: lejos de cualquier llama o fuente de calor, en poca cantidad y con ventilación.
- No se debe oler de cerca, tocar los ojos ni beber. No comer ni probar nada del material (aunque la fruta sea comestible).
- Gafas de protección y recogerse el pelo. Lavarse las manos al terminar.
- Los residuos de fruta van a la basura orgánica; el alcohol sobrante lo recoge el docente.

*Fuente: Protocolo adaptado de los métodos de extracción de ADN de uso escolar (p. ej., Genetic Science Learning Center, Universidad de Utah, y materiales divulgativos del CSIC).*

**F9 Por qué «un gen = un rasgo» se queda corto****TEXTO**

El modelo ADN → ARN → proteína es muy útil, pero tiene límites cuando se aplica a los rasgos de una persona.

- **Un rasgo, muchos genes.** La estatura es el ejemplo clásico: un estudio internacional con más de cuatro millones de personas identificó más de 12 000 variantes genéticas repartidas por todo el genoma asociadas a ella (Yengo et al., 2022). Ninguna decide por sí sola.
- **Un gen, muchos productos.** Con un solo gen se pueden obtener varias proteínas distintas, porque el ARN puede procesarse de maneras diferentes. El gen *DSCAM* de la mosca del vinagre puede dar más de 38 000 variantes de proteína.
- **El ambiente cuenta.** En muchos países la estatura media de los adultos aumentó durante el siglo XX (NCD-RisC, 2016) sin que el genoma de la población cambiara de forma apreciable: la alimentación y la salud infantil influyen. En la fenilketonuria, una enfermedad genética, el daño neurológico se evita con una dieta controlada detectada gracias a la «prueba del talón» que se hace a los recién nacidos.
- **Los genes se regulan.** Todas las células de un cuerpo tienen casi el mismo ADN, pero cada tipo celular usa solo una parte de los genes. Dos gemelos idénticos tienen el mismo ADN y, sin embargo, no son idénticos.
- **Genes y ADN no son lo mismo.** Los genes que codifican proteínas (unos 20 000 en humanos) ocupan solo entre el 1 % y el 2 % del genoma.

Conclusión: la secuencia de ADN aporta información, pero un rasgo complejo resulta de la interacción de muchos genes, de la regulación de su actividad y del ambiente. Hablaremos de **probabilidades y predisposiciones**, no de destinos.

*Fuente: Elaboración propia a partir de Yengo et al., «A saturated map of common genetic variants associated with human height», Nature (2022); NCD-RisC, eLife (2016); y de la información del gen DSCAM (Schmucker et al., Cell, 2000).*

## FICHA 1

## Información que cabe en una molécula

Sesión 1

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Usa F1 (estructura y replicación) y F2 (ADN y ARN). Convención de las actividades: las hebras se escriben alineadas; la hebra de arriba va de 3' a 5' y la de abajo, de 5' a 3'; y al revés cuando se indique.

## 1 Diagnóstico inicial. Marca la opción correcta.

Las unidades que forman una molécula de ADN se llaman...

☐ aminoácidos   ☐ nucleótidos   ☐ monosacáridos

En una célula eucariota, el ADN se encuentra sobre todo en...

☐ el núcleo   ☐ los ribosomas   ☐ la membrana plasmática

Una proteína está formada por una cadena de...

☐ nucleótidos   ☐ aminoácidos   ☐ ácidos grasos

Si una hebra de ADN es ATG, la hebra complementaria es...

☐ TAC   ☐ UAC   ☐ GCA

## 2 Completa la hebra complementaria de cada fragmento (recuerda: A con T, C con G). Después, indica cuántos enlaces de hidrógeno hay en el primer fragmento (2 por cada par A-T y 3 por cada par C-G).

| Hebra dada (3' → 5') | Hebra complementaria (5' → 3') |
|----------------------|--------------------------------|
| TAC GGA TTC CGA      |                                |
| GCT TAA GCC ATG      |                                |
| CAT TGC ACG TTA      |                                |

## 3 Problemas de proporciones. (a) En un fragmento de ADN bicatenario el 30 % de las bases son A. ¿Qué porcentaje hay de T, de G y de C? (b) Otro fragmento tiene 12 pares de bases: 4 son pares A-T y 8 son pares C-G. ¿Cuántos enlaces de hidrógeno mantienen unidas las dos hebras?

## 4 Replicación. La hebra 3'-TACGGATC-5' sirve de molde. Escribe la hebra nueva y explica en una frase por qué decimos que la replicación es «semiconservativa».



- 5 **Modelo físico.** Construid con piezas de colores (un color por base) un fragmento de ADN de 8 pares de bases y fotografiadlo o dibujadlo. Rotulad: nucleótido, base, desoxirribosa, fosfato, puente de hidrógeno y los extremos 5' y 3'.

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

## FICHA 2 Copiar sin sacar el original: transcripción

Sesión 2

Usa F2 y F3. En la transcripción, la ARN polimerasa copia la hebra molde del gen y forma un ARNm complementario con U en lugar de T. La hebra molde se lee de 3' a 5' y el ARNm se forma de 5' a 3'.

- 1 **Escribe el ARNm que se obtiene de cada hebra molde (escrita 3' → 5'). Escríbelo alineado, de 5' a 3', y separado en grupos de tres bases.**

| Hebra molde (3' → 5') | ARNm (5' → 3') |
|-----------------------|----------------|
| TAC CGA GGT TTA ACT   |                |
| TAC TTC GCC CTG ATT   |                |
| TAC AAA CCG AGA ATT   |                |

- 2 **La hebra codificante (la que tiene la misma secuencia que el ARNm, con T en lugar de U) de un gen es 5'-ATGAAATTTGGCTAA-3'. Escribe (a) la hebra molde, 3' → 5', y (b) el ARNm.**

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |

- 3 **Relaciona cada descripción con su término.**

1 Enzima que sintetiza el ARN a partir del ADN ●

2 Hebra de ADN que se copia ●

3 Molécula que lleva el mensaje del gen hasta el ribosoma ●

4 Base que solo aparece en el ARN ●

5 Azúcar del ARN ●

● a ARN polimerasa

● b Hebra molde

● c ARN mensajero

● d Uracilo (U)

● e Ribosa

## 4 Verdadero o falso. Corrige las falsas.

|                                                                 | V                        | F                        |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| El ADN sale del núcleo para ser leído por los ribosomas.        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Tras la transcripción, el gen sigue intacto en el ADN.          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| El ARNm contiene timina.                                        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| En una célula, todos los genes se transcriben siempre a la vez. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

## FICHA 3

## Traducir otro lenguaje: el código genético

Sesión 3

Usa la tabla de F4 y el esquema de F5. La traducción empieza en el codón AUG (Met) y termina en un codón Stop (UAA, UAG o UGA).

## 1 Traduce cada ARNm (5' → 3'). Separa en codones y escribe la cadena de aminoácidos con las abreviaturas de tres letras.

| ARNm (5' → 3')  | Codones | Cadena de aminoácidos |
|-----------------|---------|-----------------------|
| AUGGCUCCAAAUUGA |         |                       |
| AUGAAGCGGGACUAA |         |                       |
| AUGUUUGGCCAUUAG |         |                       |

## 2 Busca el codón de inicio en este ARNm y traduce solo desde ahí: 5'-GCAUGAAAGUCUGGUAUUC-3'. ¿Por qué empieza la traducción en AUG y no en la primera base?

---



---



---

## 3 Ahora al revés. Escribe un ARNm que codifique la cadena Met-Trp-Pro-Ser (hay más de una respuesta posible). ¿Cuántos ARNm distintos pueden codificar esa cadena? Usa la tabla.

---



---



---

## 4 Completa sobre el código genético.

Hay \_\_\_\_\_ codones posibles ( $4^3$ ). De ellos, \_\_\_\_\_ codifican aminoácidos y \_\_\_\_\_ son codones de parada. El código es degenerado porque \_\_\_\_\_ y es casi universal porque \_\_\_\_\_.

Lee el caso de la insulina (F6) y repasa F3. El objetivo es construir una cadena causal: del ADN a un efecto en el organismo.

**1 Ordena del 1 al 6 los acontecimientos de la síntesis de insulina.**

| Orden | Acontecimiento                                                    |
|-------|-------------------------------------------------------------------|
|       | El ribosoma traduce el ARNm y forma la cadena de aminoácidos.     |
|       | Las células del músculo captan glucosa y baja su nivel en sangre. |
|       | Una célula beta transcribe el gen INS en un ARNm.                 |
|       | La insulina se libera a la sangre.                                |
|       | La cadena se recorta y se pliega formando insulina madura.        |
|       | El ARNm sale al citoplasma.                                       |

**2 Un gen ficticio tiene la hebra molde 3'-TACGAACCTAAAGGCACT-5'. Completa la cadena causal.**

| Paso                                 | Resultado               |
|--------------------------------------|-------------------------|
| Hebra molde (3' → 5')                | TAC GAA CCT AAA GGC ACT |
| ARNm (5' → 3')                       |                         |
| Cadena de aminoácidos                |                         |
| Número de aminoácidos de la proteína |                         |

**3 Con F6: ¿por qué solo las células beta fabrican insulina si todas las células tienen el gen INS? ¿Qué le pasaría al nivel de glucosa en sangre si la célula fabricara una insulina que no se pliega bien? Justifica con la cadena causal.**

---



---



---



---



---

Trabaja con el gen ficticio de F7. El ARNm original es 5'-AUG GCU UAC GGA AAA CCC UAA-3' y da Met-Ala-Tyr-Gly-Lys-Pro. Traduce cada ARNm mutado hasta el primer codón Stop.

### 1 Completa la tabla de mutaciones.

| Mutación                                                             | ARNm mutado                         | Cadena de aminoácidos | ¿Cuántos aminoácidos cambian respecto al original? (todos los siguientes / uno / ninguno / se corta) | Efecto probable sobre la proteína |
|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Sustitución silenciosa (codón 3: UAC → UAU)                          | AUG GCU UAU<br>GGA AAA CCC<br>UAA   |                       |                                                                                                      |                                   |
| Sustitución de cambio de sentido (codón 2: GCU → GAU)                | AUG GAU UAC<br>GGA AAA CCC<br>UAA   |                       |                                                                                                      |                                   |
| Sustitución sin sentido (codón 3: UAC → UAG)                         | AUG GCU UAG<br>GGA AAA CCC<br>UAA   |                       |                                                                                                      |                                   |
| Inserción de 1 base (se inserta una G entre el codón 2 y el codón 3) | AUG GCU GUA<br>CGG AAA ACC<br>CUA A |                       |                                                                                                      |                                   |
| Deleción de 1 base (se pierde la C del codón 2 (5.ª base))           | AUG GUU ACG<br>GAA AAC CCU<br>AA    |                       |                                                                                                      |                                   |
| Deleción de 3 bases (se pierde el codón 3 completo (UAC))            | AUG GCU GGA<br>AAA CCC UAA          |                       |                                                                                                      |                                   |

### 2 Contesta.

¿Cuál de estas mutaciones suele alterar menos la proteína?

- ☐ una sustitución silenciosa    ☐ una inserción de 1 base al principio del gen    ☐ una sustitución sin sentido en el codón 2

¿Por qué una deleción de 3 bases suele ser menos grave que una de 1 base?

- ☐ porque se pierde menos información    ☐ porque mantiene la pauta de lectura    ☐ porque el ribosoma la ignora

Una sustitución que cambia un codón de aminoácido por un codón Stop se llama...

- ☐ silenciosa    ☐ de cambio de sentido    ☐ sin sentido

### 3 Escribe una explicación para el dossier: describe con tus palabras una alteración de secuencia (elige una de la tabla), el cambio en la cadena de aminoácidos y qué efecto podría tener si la proteína fuera una enzima. Usa lenguaje de probabilidad («podría», «es posible que»).

---



---



---



---



---



Sigue el protocolo de F8. Trabaja en equipos de 3-4 personas con estos roles: material, tiempos, observador y portavoz. Respetad las normas de seguridad.

### 1 Antes de empezar: completa el diseño de la práctica.

| Elemento                                               | En nuestra práctica |
|--------------------------------------------------------|---------------------|
| Pregunta o propósito                                   |                     |
| Hipótesis (¿qué creéis que veréis al añadir alcohol?)  |                     |
| Control negativo (¿qué tubo?) y qué esperáis ver en él |                     |
| Variables que mantenemos iguales                       |                     |

### 2 Registra lo que observas.

| Momento                      | Tubo con detergente | Tubo sin detergente (control) |
|------------------------------|---------------------|-------------------------------|
| Color y aspecto del filtrado |                     |                               |
| Al añadir el alcohol         |                     |                               |
| A los 5 minutos              |                     |                               |
|                              |                     |                               |
|                              |                     |                               |
|                              |                     |                               |
|                              |                     |                               |
|                              |                     |                               |
|                              |                     |                               |

### 3 Relaciona cada paso con su función.

1 Triturar la fruta



2 Añadir lavavajillas



3 Añadir sal



4 Filtrar



5 Añadir alcohol frío



● a Romper el tejido y liberar las células

● b Disolver las membranas (que son lípidos) y liberar el ADN

● c Ayudar a que las moléculas de ADN se agrupen

● d Retirar los restos sólidos

● e El ADN no se disuelve en él y se ve como hilos blancos

- 4 **Conclusión.** (a) ¿Qué sustancia habéis obtenido y por qué decimos que no es ADN «puro»? (b) ¿Qué demuestra el tubo control? (c) ¿Por qué las fresas dan mucho ADN? (Pista: las fresas cultivadas son octoploides,  $8n = 56$ .)

---

---

---

---

---

---

## FICHA 7

## Errores y límites del modelo

Sesión 7

Lee F9. Un buen modelo científico se usa sabiendo qué explica y qué no.

- 1 **Verdadero o falso. Corrige las falsas.**

|                                                                                             | V                        | F                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Cada rasgo de una persona depende de un único gen.                                          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Un mismo gen puede originar más de una proteína.                                            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Dos gemelos idénticos tienen el mismo ADN y, por tanto, son idénticos en todo.              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| El ambiente puede influir en cómo se manifiesta un rasgo con base genética.                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Conocer la secuencia de un gen permite predecir con total certeza el futuro de una persona. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

- 2 **Completa la tabla con dos rasgos humanos (pueden ser la estatura y otro a tu elección). Indica si dependen de un solo gen y qué otros factores influyen.**

| Rasgo    | ¿Un solo gen decide? | Otros factores que influyen |
|----------|----------------------|-----------------------------|
| Estatura |                      |                             |
|          |                      |                             |

- 3 **Un vídeo dice: «Se ha descubierto el gen de la inteligencia, ahora sabremos quién será listo». Redacta un texto crítico de 80-100 palabras que explique por qué esa frase es engañosa. Incluye una idea sobre varios genes, otra sobre el ambiente y una reformulación de la frase en lenguaje probabilístico.**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Revisa el dossier con la lista de cotejo (Anexo 5) y después resuelve la prueba de forma individual con F4.

**1 Prueba individual. Un gen ficticio tiene la hebra molde 3'-TAC GAA CCT AAA GGC ACT-5'. Completa.**

| Paso                                | Resultado |
|-------------------------------------|-----------|
| ARNm (5' → 3')                      |           |
| Cadena de aminoácidos               |           |
| Hebra codificante del ADN (5' → 3') |           |

**2 Una mutación cambia la hebra molde a 3'-TAC GTA CCT AAA GGC ACT-5'. Escribe el nuevo ARNm y la nueva cadena, indica el tipo de mutación y razona si crees que afectaría mucho a la proteína.**

---



---



---



---



---

**3 Autoevalúa tu dossier: marca lo que contiene.**

☐ Modelo o esquema ADN → ARN → proteína

☐ Transcripción y traducción resueltas

☐ Tabla de una alteración de secuencia

☐ Informe de extracción con control

☐ Texto crítico sobre «un gen = un rasgo»

☐ Fuentes citadas

## SdA 5 · El código de la vida

Nombre:

Curso/grupo:

Fecha:

*Dossier «Del ADN a la proteína» en una página (A3 plegado o cartulina). Usad el mismo código de colores para las bases en todo el dossier y citad las fuentes al pie.*

## Título y autores

## Modelo del flujo de la información

*Esquema o fotografía del modelo físico: ADN → ARNm → proteína, con los nombres de los procesos.*



## Mi secuencia: del ADN a la proteína

*Tabla con hebra molde, ARNm, codones y cadena de aminoácidos.*

## Cómo he usado el código genético

*Inicio, parada y degeneración.*

## ADN frente a ARN

*Tres diferencias.*

## Alteración de secuencia

*Secuencia original y mutada, tipo de mutación, cadenas de aminoácidos y efecto probable.*

## Extracción de ADN

*Resultado, control y explicación de los pasos.*

## Límites del modelo

*Por qué «un gen = un rasgo» no basta.*

## Lista de cotejo para el proceso y la entrega

SdA 5 · El código de la vida

ALUMNADO

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Antes de entregar **Dossier “Del ADN a la proteína” con modelo físico/digital, ejercicios de expresión génica y explicación de una alteración de secuencia.**, comprueba cada punto y marca la casilla. Si alguno falla, todavía estás a tiempo de mejorarlo.

### Contenido del producto

- ☐ El modelo o esquema distingue replicación, transcripción y traducción y sitúa cada una en la célula.
- ☐ Las hebras de ADN son complementarias (A–T, C–G) y se indican los extremos 5' y 3'.
- ☐ El ARNm tiene uracilo (U) en lugar de timina (T) y está escrito de 5' a 3'.
- ☐ La traducción empieza en AUG, se lee de tres en tres bases y termina en un codón Stop.
- ☐ Todos los ejercicios de transcripción y traducción están resueltos y comprobados con la tabla.
- ☐ La alteración de secuencia indica el tipo de mutación y compara las dos cadenas de aminoácidos.
- ☐ El informe de la extracción incluye el control negativo y la función de cada reactivo.
- ☐ Se cumplieron las normas de seguridad con el alcohol (lejos de llamas, poca cantidad, sin ingerir).
- ☐ El texto crítico evita el determinismo y menciona varios genes y el ambiente.
- ☐ Se citan las fuentes y el vocabulario es preciso (nucleótido, codón, anticodón, aminoácido).

### Calidad y rigor

- ☐ He utilizado vocabulario específico de la materia y lo he explicado cuando era necesario.
- ☐ He apoyado mis afirmaciones con evidencias (datos, citas, mapas o ejemplos concretos).
- ☐ He citado o identificado todas las fuentes utilizadas.
- ☐ He revisado la ortografía, la presentación y el orden del producto.
- ☐ He incorporado las mejoras propuestas en la coevaluación o por el docente.

#### Lo que más me ha costado

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

#### Firma del equipo / fecha de entrega

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Rúbrica imprimible

SdA 5 · El código de la vida

ALUMNADO · DOCENTE

Nombre:

Curso/grupo:

Fecha:

Rúbrica para valorar **Dossier “Del ADN a la proteína” con modelo físico/digital, ejercicios de expresión génica y explicación de una alteración de secuencia..** Marca el nivel alcanzado en cada indicador.

| Indicador                                          | NIVEL 4<br>Avanzado                                                                                                                                                                                                              | NIVEL 3<br>Adecuado                                                                                                                                   | NIVEL 2<br>En proceso                                                                                                                | NIVEL 1<br>Inicial                                                           | Nivel |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>Comprensión científica</b>                      | Rigurosa, conectada y con vocabulario preciso.                                                                                                                                                                                   | Correcta en lo esencial.                                                                                                                              | Parcial o con alguna confusión.                                                                                                      | Fragmentaria o con errores esenciales.                                       |       |
| <b>Uso de evidencias</b>                           | Contrasta fuentes y usa evidencias concretas.                                                                                                                                                                                    | Aporta evidencias suficientes.                                                                                                                        | Evidencias escasas o descriptivas.                                                                                                   | Conclusiones sin evidencia suficiente.                                       |       |
| <b>Precisión del flujo de información genética</b> | Explica sin ayuda el flujo ADN → ARNm → proteína situando cada proceso (replicación, transcripción, traducción) en su lugar de la célula, distingue ADN y ARN en azúcar, bases y función, y señala qué se conserva en cada paso. | Explica correctamente el flujo ADN → ARNm → proteína y distingue ADN y ARN; confunde algún detalle menor (p. ej., el lugar de un proceso o una base). | Describe el flujo con ayuda de un esquema, pero mezcla transcripción y traducción o atribuye al ARN la base timina.                  | No distingue ADN, ARN y proteína o presenta el flujo con errores esenciales. |       |
| <b>Resolución de problemas de código genético</b>  | Transcribe y traduce correctamente secuencias nuevas, localiza el codón de inicio y de parada, justifica la degeneración del código y revisa su resultado comprobando la orientación y la complementariedad.                     | Transcribe y traduce correctamente con la tabla; algún despiste menor (p. ej., no detener la traducción en el codón Stop) que corrige al revisar.     | Resuelve las secuencias cortas con apoyo; comete errores de complementariedad o pierde la pauta de lectura en secuencias más largas. | No logra aplicar la complementariedad ni leer la tabla del código genético.  |       |
| <b>Comunicación y producto</b>                     | Claro, preciso y responde plenamente al reto.                                                                                                                                                                                    | Claro y responde adecuadamente.                                                                                                                       | Cumple parcialmente o necesita mejorar.                                                                                              | Incompleto o no responde al reto.                                            |       |

## Observaciones del docente

---



---



---

## Valoración global

---



---



---

**Autoevaluación y coevaluación**

SdA 5 · El código de la vida

ALUMNADO

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

**Parte 1 · Autoevaluación**

| Afirmación                                                                                                  | Aún no                | Con ayuda             | Bien                  | Muy bien              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Sé transcribir un fragmento de ADN a ARNm y traducirlo a aminoácidos con la tabla del código genético.      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Sé explicar qué efecto puede tener una mutación puntual y por qué un gen no determina por sí solo un rasgo. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| He cumplido mi rol y mis tareas dentro del equipo.                                                          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| He escuchado y tenido en cuenta las ideas de los demás.                                                     | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| He usado fuentes y evidencias para justificar mis ideas.                                                    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| He revisado y mejorado mi trabajo a partir de la retroalimentación.                                         | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

**Dos aprendizajes que he logrado**


---



---



---

**Una dificultad que he tenido**


---



---



---

**Una mejora que haré la próxima vez**


---



---

**Parte 2 · Coevaluación de otro equipo****Equipo evaluado:** \_\_\_\_\_**Fortaleza 1**


---



---

**Fortaleza 2**


---



---

**Propuesta de mejora**


---



---

## Material de apoyo y refuerzo

SdA 5 · El código de la vida

ALUMNADO

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Trabajarás con secuencias de 3-4 codones y una tabla de código reducida. Primero sigue el ejemplo modelado y después resuelve tú los casos.

### ⊗ Glosario visual y mini código

**Nucleótido** = fosfato + azúcar + base · **Codón** = tres bases del ARNm · **Anticodón** = tres bases del ARNt complementarias del codón · **Transcripción** = ADN → ARNm · **Traducción** = ARNm → proteína. **Parejas de bases:** ADN: A-T y C-G. ARN: A-U y C-G (en la transcripción: A del molde → U del ARNm). **Mini código genético:** AUG = Met (inicio) · GCU = Ala · AAA = Lys · UUU = Phe · GGC = Gly · CCU = Pro · UGG = Trp · UAA = Stop.

### ⊗ Ejemplo modelado

Hebra molde 3'-TAC CGA AAA ATT-5'. **1)** Transcribimos base a base: T → A, A → U, C → G → AUG; C → G, G → C, A → U → GCU; A → U ×3 → UUU; A → U, T → A, T → A → UAA. ARNm: AUG GCU UUU UAA. **2)** Traducimos con el mini código: Met-Ala-Phe-Stop. (Si no aparece en el mini código, se mira en la tabla completa de F4.)

### 1 Transcribe cada hebra molde y traduce con el mini código.

| Hebra molde (3' → 5') | ARNm (5' → 3') | Cadena de aminoácidos |
|-----------------------|----------------|-----------------------|
| TAC CGA TTT ATT       |                |                       |
| TAC AAA CCG ATT       |                |                       |
| TAC GGA ACC ATT       |                |                       |

### 2 Completa la cadena causal.

El gen (ADN) se copia en un \_\_\_\_\_ (transcripción). Ese ARN viaja al \_\_\_\_\_, donde se traduce a una cadena de \_\_\_\_\_. La cadena se pliega y forma una \_\_\_\_\_ que realiza una función.

### 3 Marca la opción correcta.

La base que está en el ARN pero no en el ADN es...

☐ uracilo ☐ timina ☐ citosina

El codón de inicio de la traducción es...

☐ UAA ☐ AUG ☐ GGC



## Actividad de ampliación

SdA 5 · El código de la vida

ALUMNADO

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

 **Una proteína, una mutación: la fibrosis quística**

La mutación más frecuente que causa fibrosis quística, llamada F508del, es una delección de tres bases en el gen CFTR. Analizarás a nivel divulgativo qué ocurre con la cadena de aminoácidos. Se trata de un ejercicio de secuencias; no permite deducir riesgos personales.

 **Pasos**

- 1 Lee la información de MedlinePlus Genetics (en español) sobre el gen CFTR y la fibrosis quística, y anota qué función tiene la proteína CFTR.
- 2 Traduce el fragmento normal y el fragmento con la delección.
- 3 Compara las dos cadenas: ¿cuántos aminoácidos faltan o cambian?
- 4 Explica por qué se mantiene la pauta de lectura y qué consecuencia puede tener la pérdida de un solo aminoácido en una proteína de unos 1 480.
- 5 Escribe tres frases con lenguaje no determinista y no estigmatizante.

- 1 **Fragmento simplificado de la secuencia codificante del gen CFTR (norma de referencia del NCBI): 5'-ATC ATC TTT GGT GTT TCC-3'. La mutación F508del elimina las tres bases CTT (la C del segundo ATC se pierde junto con las dos T siguientes: queda ATC ATT GGT GTT TCC). Completa.**

|                          | Secuencia codificante (codones) | Cadena de aminoácidos |
|--------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| Normal                   | ATC ATC TTT GGT GTT TCC         |                       |
| Con delección de 3 bases | ATC ATT GGT GTT TCC             |                       |

- 2 **¿Cuántos aminoácidos tiene cada cadena y cuál falta en la mutada? ¿Se ha alterado la pauta de lectura? Justifica.**

---



---



---



---

 **Entrega**

Una página con la tabla completada y un párrafo de entre 80 y 100 palabras que explique qué cambia en la proteína, por qué es una delección en fase y qué límites tiene este modelo.

---



---



---

 **Ficha 1**

1. Diagnóstico: b, a, b, a.
2. Complementarias (la hebra dada va de 3' a 5'; la complementaria, escrita debajo y alineada, va de 5' a 3'): TAC GGA TTC CGA → ATG CCT AAG GCT; GCT TAA GCC ATG → CGA ATT CGG TAC; CAT TGC ACG TTA → GTA ACG TGC AAT. Enlaces del primer fragmento (TACGATTCCGA, 12 pares): A–T = 6 pares ( $6 \times 2 = 12$ ) y C–G = 6 pares ( $6 \times 3 = 18$ ) → 30 puentes de hidrógeno. Recuento: T A C G G A T T C C G A → A/T: T,A,A,T,T,A = 6; C/G: C,G,G,C,C,G = 6.
3. (a) A = T = 30 %, G = C = 20 % ( $30 + 30 + 20 + 20 = 100$ ). (b)  $4 \times 2 + 8 \times 3 = 8 + 24 = 32$  enlaces.
4. Hebra nueva (la complementaria): 5'-ATGCCTAG-3' (alineada con 3'-TACGGATC-5'). Semiconservativa: cada molécula hija conserva una hebra de la molécula madre (molde) y tiene una hebra nueva.
5. Modelo: comprobar que las parejas son A–T (2 puentes) y C–G (3 puentes) y que los extremos 5' y 3' están en sentidos opuestos.

 **Ficha 2**

1. Transcripción: TAC CGA GGT TTA ACT → AUG GCU CCA AAU UGA; TAC TTC GCC CTG ATT → AUG AAG CGG GAC UAA; TAC AAA CCG AGA ATT → AUG UUU GGC UCU UAA.
2. Hebra codificante 5'-ATGAAATTTGGCTAA-3': (a) hebra molde 3'-TACTTTAAACCGATT-5'; (b) ARNm 5'-AUGAAAUUUGGCUAA-3', que coincide con la codificante cambiando T por U.
3. Relaciona: enzima = ARN polimerasa; hebra que se copia = hebra molde; lleva el mensaje = ARNm; base exclusiva del ARN = uracilo; azúcar del ARN = ribosa.
4. V/F: F (el ARNm sale; el ADN permanece en el núcleo), V, F (tiene uracilo), F (cada célula transcribe solo los genes que necesita en cada momento).

 **Ficha 3**

1. Traducciones: AUG GCU CCA AAU UGA → Met–Ala–Pro–Asn–Stop; AUG AAG CGG GAC UAA → Met–Lys–Arg–Asp–Stop; AUG UUU GGC CAU UAG → Met–Phe–Gly–His–Stop.
2. En 5'-GCAUGAAAGUCUGGUAUUC-3' el primer AUG está en la posición 3: AUG AAA GUC UGG UAA UC → Met–Lys–Val–Trp–Stop. Las bases GC iniciales no se traducen. La traducción empieza en AUG (que codifica Met) porque el ribosoma se coloca en el codón de inicio y fija la pauta de lectura.
3. Una respuesta válida: AUG UGG CCU UCU (Met–Trp–Pro–Ser). Número de ARNm posibles: Met 1 × Trp 1 × Pro 4 × Ser 6 = 24 (sin contar el codón Stop).
4. Huecos: 64; 61; 3. Degenerado: varios codones distintos codifican el mismo aminoácido (p. ej., Leu tiene 6). Casi universal: prácticamente todos los seres vivos usan el mismo código (con pocas excepciones, como en las mitocondrias).

 **Ficha 4**

1. Orden: 1) Una célula beta transcribe el gen INS; 2) El ARNm sale al citoplasma; 3) El ribosoma traduce; 4) La cadena se recorta y se pliega; 5) La insulina se libera a la sangre; 6) Las células captan glucosa y baja su nivel.
2. Gen ficticio: ARNm AUG CUU GGA UUU CCG UGA; cadena Met–Leu–Gly–Phe–Pro–Stop. Proteína de 5 aminoácidos (el Stop no codifica aminoácido).
3. Solo se lee el gen INS en las células beta porque la célula regula qué genes se expresan; la proteína alterada que no se pliega no funcionaría y las células no captarían glucosa con eficacia: sube la glucosa en sangre. La función depende de la forma de la proteína, y esta de la secuencia de aminoácidos.

### Ficha 5

1. Tabla de mutaciones (original Met-Ala-Tyr-Gly-Lys-Pro): Sustitución silenciosa: AUG GCU UAU GGA AAA CCC UAA → Met-Ala-Tyr-Gly-Lys-Pro-Stop; Sustitución de cambio de sentido: AUG GAU UAC GGA AAA CCC UAA → Met-Asp-Tyr-Gly-Lys-Pro-Stop; Sustitución sin sentido: AUG GCU UAG GGA AAA CCC UAA → Met-Ala-Stop; Inserción de 1 base: AUG GCU GUA CGG AAA ACC CUA A → Met-Ala-Val-Arg-Lys-Thr-Leu; Delección de 1 base: AUG GUU ACG GAA AAC CCU AA → Met-Val-Thr-Glu-Asn-Pro; Delección de 3 bases: AUG GCU GGA AAA CCC UAA → Met-Ala-Gly-Lys-Pro-Stop.
2. Efectos esperables: silenciosa, ninguno (Tyr sigue siendo Tyr); cambio de sentido, un aminoácido distinto (Ala → Asp), efecto variable; sin sentido, proteína truncada de 2 aminoácidos, casi seguro no funcional; inserción de 1 base y delección de 1 base, cambio de pauta de lectura: se alteran todos los aminoácidos siguientes; delección de 3 bases, se pierde un aminoácido (Tyr) y el resto no cambia.
3. Test: a; b; c.
4. Texto: valorar que describa el cambio, compare cadenas y use «podría» y «es posible que».

### Ficha 6

1. Diseño: pregunta (¿podemos ver el ADN de la fresa a simple vista?); hipótesis: aparecerán hilos blancos en la interfase con el alcohol; control negativo: tubo sin detergente (no debería liberarse bien el ADN, apenas aparecen hilos); variables iguales: cantidad de filtrado, de alcohol, temperatura y tiempo.
2. Observación esperable: tubo con detergente, en la interfase aparece una nube o hilos blancos y mucosos; tubo control, mucho menos o casi nada (puede aparecer alguna turbidez).
3. Relaciona: triturar = romper el tejido; lavavajillas = disuelve las membranas; sal = ayuda a agrupar el ADN; filtrar = retirar restos; alcohol frío = el ADN precipita.
4. Conclusión: se obtiene una mezcla de ADN con otras moléculas, no es ADN puro; el control demuestra que el detergente es necesario para romper las membranas; la fresa cultivada es octoploide ( $8n = 56$ ) y tiene mucho ADN por célula, además de muchas células fáciles de triturar.

### Ficha 7

1. V/F: F (la mayoría de rasgos dependen de muchos genes y del ambiente); V; F (el ambiente y los procesos del desarrollo los diferencian: las huellas dactilares son distintas, por ejemplo); V; F (la secuencia da información probabilística).
2. Tabla: estatura, no; influyen muchas variantes genéticas, la alimentación, la salud infantil y la actividad física. Otro rasgo (p. ej. color de ojos, que depende de varios genes; piel, que depende de varios genes y de la radiación solar).
3. Texto crítico: esperar al menos tres ideas: varios genes, ambiente y reformulación probabilística («se han identificado variantes genéticas que se asocian con pequeñas diferencias en pruebas de inteligencia, pero explican solo una parte y no predicen el futuro de nadie»).

### Ficha 8

1. ARNm: AUG CUU GGA UUU CCG UGA; cadena: Met-Leu-Gly-Phe-Pro-Stop; hebra codificante 5'-ATG CTT GGA TTT CCG TGA-3' (la misma secuencia del ARNm cambiando U por T; es la complementaria de la hebra molde).
2. Mutada: TAC GTA CCT AAA GGC ACT → ARNm AUG CAU GGA UUU CCG UGA → Met-His-Gly-Phe-Pro-Stop. Es una sustitución de cambio de sentido (Leu → His en el aminoácido 2). El efecto podría ser pequeño o importante según el papel de ese aminoácido en la proteína; no se puede afirmar sin más datos.
3. Checklist: comprobar el contenido del dossier con el Anexo 5.

### Refuerzo

1. Transcripciones: TAC CGA TTT ATT → AUG GCU AAA UAA → Met-Ala-Lys-Stop; TAC AAA CCG ATT → AUG UUU GGC UAA → Met-Phe-Gly-Stop; TAC GGA ACC ATT → AUG CCU UGG UAA → Met-Pro-Trp-Stop.
2. Huecos: ARNm; citoplasma (ribosoma); aminoácidos; proteína.
3. Test: uracilo; AUG.

### Ampliación

1. Normal: ATC ATC TTT GGT GTT TCC → Ile-Ile-Phe-Gly-Val-Ser. Con delección: ATC ATT GGT GTT TCC → Ile-Ile-Gly-Val-Ser (ATT también codifica Ile).
2. La cadena normal tiene 6 aminoácidos; la mutada, 5. Falta la fenilalanina (Phe) en la posición 508. No se altera la pauta porque se pierden 3 bases (múltiplo de 3); el resto de aminoácidos se mantiene. Aun así, la proteína CFTR sin ese aminoácido se pliega mal y no llega bien a la membrana celular.
3. Frases no deterministas: p. ej., «La mutación F508del se asocia con la enfermedad cuando se hereda de ambos progenitores»; «tener una variante no define a una persona».

### Errores frecuentes

- Escribir T en el ARNm en lugar de U, o U en el ADN.
- Confundir la hebra molde con la codificante: el ARNm es complementario de la molde e igual a la codificante (con U).
- Leer la tabla del código con el anticodón en lugar del codón.
- No empezar en AUG ni detenerse en Stop; traducir bases sueltas fuera de la pauta.
- Pensar que una mutación siempre es perjudicial; la sustitución silenciosa no cambia la proteína.
- Decir «el gen de» un rasgo complejo, sin mencionar otros genes ni el ambiente.

### Criterios para valorar respuestas abiertas

- Valorar la corrección de la secuencia (comprobando alineación y orientación) por encima de la elegancia de la presentación.
- En las explicaciones abiertas, aceptar cualquier formulación que respete la cadena gen → ARNm → proteína → función y evite el determinismo.
- En la extracción, valorar el uso del control y la relación entre cada reactivo y su función, aunque el resultado visual sea pobre.
- Seguridad: el alcohol de 96° es inflamable; el docente lo dispensa en pequeñas cantidades, sin llamas en el aula; la fruta del laboratorio no se come.

# 06 SITUACIÓN DE APRENDIZAJE

## Detectives de la herencia

### PREGUNTA GUÍA

¿Cómo podemos predecir probabilidades de herencia sin confundir probabilidad con destino?



CURSO / NIVEL  
4.º ESO



SESIONES  
8 sesiones · 2.º trimestre



COMPETENCIAS ESPECÍFICAS  
CE1, CE4



BLOQUES DE SABERES  
D · Genética y evolución



PRODUCTO FINAL  
Cuaderno de casos genéticos con cuadros, probabilidades, codominancia, dominancia incompleta, alelismo múltiple y ligada al sexo.



CRITERIOS DE EVALUACIÓN  
1.1, 1.2, 4.1, 4.2



### Contexto, reto y sentido

Los problemas de genética escolar permiten entrenar razonamiento probabilístico, pero deben evitar falsas certezas y extrapolaciones a rasgos humanos complejos.

#### Reto

Resolver e interpretar casos de herencia mendeliana y no mendeliana, explicando qué puede predecirse y qué no.

#### Producto final

Cuaderno de casos genéticos con cuadros, probabilidades, codominancia, dominancia incompleta, alelismo múltiple y ligada al sexo.



### Vinculación curricular

#### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS Y DESCRIPTORES DEL PERFIL DE SALIDA

##### CE1

Interpretar y transmitir información y datos científicos, argumentando sobre ellos y utilizando diferentes formatos, para analizar conceptos y procesos de las ciencias biológicas y geológicas.

CCL1

CCL2

CCL5

STEM4

CD2

CD3

CCEC4

##### CE4

Utilizar el razonamiento y el pensamiento computacional, analizando críticamente las respuestas y soluciones y reformulando el procedimiento, si fuera necesario, para resolver problemas o dar explicación a procesos de la vida cotidiana relacionados con la biología y la geología.

STEM1

STEM2

CD5

CPSAA5

CE1

CE3

CCEC4

## Criterios de evaluación seleccionados

- 1.1** Analizar conceptos y procesos biológicos y geológicos interpretando información en diferentes formatos, manteniendo una actitud crítica, obteniendo conclusiones y formando opiniones propias fundamentadas.
- 1.2** Transmitir opiniones propias fundamentadas e información sobre Biología y Geología de forma clara y rigurosa, facilitando su comprensión y análisis mediante el uso de la terminología y el formato adecuados.
- 4.1** Resolver problemas o dar explicación a procesos biológicos o geológicos utilizando conocimientos, datos e información, razonamiento lógico, pensamiento computacional o recursos digitales.
- 4.2** Analizar críticamente la solución a un problema, cambiando los procedimientos utilizados o las conclusiones si no fuese viable o ante nuevos datos.

## Saberes básicos prioritarios

### D

#### Genética y evolución

- Fenotipo y genotipo: definición y diferencias.
- Resolución de problemas sencillos de herencia con dominancia y recesividad con uno o dos genes.
- Resolución de problemas sencillos de herencia del sexo, codominancia, dominancia incompleta, alelismo múltiple y ligada al sexo.



## Objetivos didácticos

- ✓ Diferenciar genotipo y fenotipo.
- ✓ Resolver cruces con dominancia y recesividad.
- ✓ Interpretar codominancia, dominancia incompleta y alelismo múltiple.
- ✓ Resolver casos sencillos ligados al sexo con lenguaje cuidadoso.
- ✓ Expresar resultados como probabilidades, no certezas individuales.



## Metodología y papel docente

### Enfoque metodológico

Aprendizaje basado en retos e indagación guiada, combinando interpretación de información, modelado, experimentación o trabajo de campo cuando procede, resolución de problemas, cooperación y comunicación científica.

### Papel del docente

- Presenta el reto.
- Modela procedimientos.
- Garantiza la seguridad.
- Aporta fuentes graduadas.
- Observa.
- Retroalimenta.
- Ayuda a distinguir evidencia.
- Inferencia y opinión.



## Secuencia de sesiones y actividades

-  Cada sesión genera una **evidencia** que se recoge en las fichas del Anexo 3. En las prácticas, el docente garantiza la seguridad y modela el procedimiento antes de que lo realice el alumnado.

**1****SESIÓN 1****Genotipo no es fenotipo**

Clasificación de ejemplos y discusión de influencia ambiental.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos

 **Evidencia:** Tabla genotipo-fenotipo

**2****SESIÓN 2****Un gen, dos alelos**

Modelado de segregación y cuadro de Punnett.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos

 **Evidencia:** Problemas básicos

**3****SESIÓN 3****Dos genes sencillos**

Cruces de dos caracteres con andamiaje.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos

 **Evidencia:** Problemas dihíbridos

**4****SESIÓN 4****No todo es dominancia completa**

Casos de codominancia y dominancia incompleta.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos

 **Evidencia:** Comparativa de patrones

5

## SESIÓN 5

**Más de dos alelos**

Sistema ABO como modelo de alelismo múltiple, sin datos personales.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Problemas ABO ficticios

6

## SESIÓN 6

**Herencia ligada al sexo**

Problemas ficticios con cromosomas sexuales y límites del modelo escolar.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Problemas ligados

7

## SESIÓN 7

**Detectamos errores**

Corrección de razonamientos que confunden probabilidad con resultado obligatorio.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Crítica de soluciones

8

## SESIÓN 8

**Cuaderno de casos**

Transferencia a casos nuevos y entrega.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Cuaderno final**Recursos, interdisciplinariedad y transversalidad** **Recursos**

Fichas de alelos

Cuadros de Punnett

Casos ficticios

Datos/monedas para simulación

Plantillas graduadas

**Interdisciplinariedad**

Matemáticas, Lengua y Valores.

**Elementos transversales**

Privacidad genética, diversidad humana, lenguaje no determinista y pensamiento probabilístico.

**Alternativa sin dispositivos**

Sustituir herramientas digitales por dosieres impresos y datos preparados. Las prácticas no disponibles pueden convertirse en demostraciones, simulaciones o análisis de datos ya recogidos, manteniendo el razonamiento científico.



## DUA y atención a la diversidad

### Implicación

Metas visibles, elección de formato cuando el criterio lo permita, hitos cortos, roles cooperativos y retroalimentación frecuente.

### Representación

Texto, fotografía, esquema, modelo, tabla, gráfica, demostración y glosario visual; ejemplos resueltos y materiales de distinta complejidad.

### Acción y expresión

Informe, modelo, exposición, audio o producto visual cuando sea compatible con el criterio; organizadores y listas de cotejo.

### Medidas específicas en esta SdA

Casos ficticios; plantillas; colores consistentes; calculadora; menor número de genes; explicación oral opcional.

### Refuerzo Anexo 8

Cruces monohíbridos y un caso de codominancia con pasos guiados.

### Ampliación Anexo 9

Simular muchos cruces con una hoja de cálculo y comparar frecuencias observadas con probabilidades teóricas.

## Evaluación

Evaluación continua y formativa: diagnóstico inicial, evidencias durante el proceso, revisión de borradores y valoración final del producto más una evidencia individual. La ponderación debe adaptarse a la normativa autonómica y a los acuerdos del departamento.

### FASE 1 Inicial

Diagnóstico de ideas previas con la primera ficha del Anexo 3 y la ficha de lanzamiento (Anexo 1).

### FASE 2 Formativa

Evidencias de cada sesión, revisión de borradores y retroalimentación con la lista de cotejo (Anexo 5).

### FASE 3 Final

Valoración del producto con la rúbrica (Anexo 6) más una evidencia individual y la reflexión del Anexo 7.

## Criterios, evidencias e instrumentos

| Criterio | Evidencia principal                                                                                                                                                               | Instrumento                                                       |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 1.1      | Interpretación de los cuadros de Punnett, de los datos de Mendel (F4) y de los árboles genealógicos (F8) para deducir genotipos y proporciones.                                   | Fichas 2, 3 y 6 / rúbrica y lista de cotejo                       |
| 1.2      | Redacción de las conclusiones de cada caso con vocabulario genético preciso (alelo, homocigoto, heterocigoto, dominante, recesivo, ligado al sexo) y con lenguaje probabilístico. | Cuaderno de casos (Anexo 4) y Ficha 8 / rúbrica                   |
| 4.1      | Resolución correcta de cruces monohíbridos y dihíbridos, de codominancia, de dominancia incompleta, de alélismo múltiple (ABO) y de herencia ligada al X, con probabilidades.     | Fichas 2 a 6 y prueba individual (Ficha 8) / escala de valoración |

| Criterio | Evidencia principal                                                                                                                                             | Instrumento                                         |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 4.2      | Detección y corrección razonada de errores (confundir probabilidad con certeza, cuadros mal contruidos) y revisión de las soluciones propias ante datos nuevos. | Ficha 7 «Detectamos errores» / escala de valoración |

### ↻ Autoevaluación y coevaluación Anexo 7

El alumnado valora sus aprendizajes, dificultades y aportación al equipo, y revisa el producto de otro equipo con la lista de cotejo antes de la entrega final.

## + Rúbrica del producto final

| Indicador                                              | NIVEL 4<br>Avanzado                                                                                                                                                                                                                            | NIVEL 3<br>Adecuado                                                                                                                                                                   | NIVEL 2<br>En proceso                                                                                                                               | NIVEL 1<br>Inicial                                                                        |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Comprensión científica</b>                          | Rigurosa, conectada y con vocabulario preciso.                                                                                                                                                                                                 | Correcta en lo esencial.                                                                                                                                                              | Parcial o con alguna confusión.                                                                                                                     | Fragmentaria o con errores esenciales.                                                    |
| <b>Uso de evidencias</b>                               | Contrasta fuentes y usa evidencias concretas.                                                                                                                                                                                                  | Aporta evidencias suficientes.                                                                                                                                                        | Evidencias escasas o descriptivas.                                                                                                                  | Conclusiones sin evidencia suficiente.                                                    |
| <b>Corrección de los razonamientos genéticos</b>       | Escribe sin errores los genotipos y los gametos, construye correctamente los cuadros de Punnett (incluidos dos genes, ABO y herencia ligada al X) y justifica cada paso con el vocabulario genético adecuado.                                  | Resuelve correctamente los casos con cuadros y genotipos; algún despiste menor (p. ej., un gameto repetido o el símbolo de un alelo) que corrige al revisar.                          | Resuelve los cruces sencillos con apoyo, pero se equivoca en los gametos, en los casos de codominancia o ABO, o en la herencia ligada al sexo.      | No construye cuadros de Punnett válidos ni distingue genotipo y fenotipo.                 |
| <b>Interpretación probabilística y no determinista</b> | Expresa los resultados como probabilidades o proporciones, aplica la independencia de sucesos (p. ej., hijos sucesivos), explica por qué una proporción no garantiza un resultado en una familia y distingue lo predecible de lo que no lo es. | Expresa los resultados como probabilidades y evita casi siempre el lenguaje determinista; la explicación de la independencia o de los límites del modelo es correcta pero incompleta. | Calcula probabilidades pero las interpreta como certezas («tendrán exactamente un hijo aa») o confunde la probabilidad de un hijo con la de varios. | Presenta los resultados como predicciones seguras o no sabe interpretar una probabilidad. |
| <b>Comunicación y producto</b>                         | Claro, preciso y responde plenamente al reto.                                                                                                                                                                                                  | Claro y responde adecuadamente.                                                                                                                                                       | Cumple parcialmente o necesita mejorar.                                                                                                             | Incompleto o no responde al reto.                                                         |

## 🔑 Variantes de aplicación

### ↗ Versión abreviada

Trabajar con fuentes/datos cerrados y un producto de una página o modelo único.

### ↗ Versión ampliada

Añadir laboratorio/campo, comparación de casos, mayor tratamiento de datos y una fase pública de comunicación científica.

## Ficha de lanzamiento del reto

SdA 6 · Detectives de la herencia

ALUMNADO

Una pareja en la que uno tiene grupo sanguíneo A y el otro grupo B puede tener hijos de los cuatro grupos: A, B, AB y O. Un padre con visión normal puede tener un nieto daltónico. ¿Cómo se explica? Hace siglo y medio, un monje llamado Gregor Mendel dedicó ocho años a cruzar más de 28 000 plantas de guisante y a contar sus descendientes, sin saber qué era un gen. En esta situación sois detectives de la herencia: resolveréis casos con cuadros de Punnett, leeréis árboles genealógicos y aprenderéis a decir qué es probable... y qué nunca podemos predecir con seguridad.

### “ ¿Cómo podemos predecir probabilidades de herencia sin confundir probabilidad con destino? ”

#### 🎯 **Vuestro reto**

Resolver e interpretar casos de herencia mendeliana y no mendeliana, explicando qué puede predecirse y qué no.

#### 📁 **Lo que vais a producir**

Cuaderno de casos genéticos con cuadros, probabilidades, codominancia, dominancia incompleta, alelismo múltiple y ligada al sexo.

#### 📍 **Hoja de ruta · 8 sesiones**

- 1 Distinguimos genotipo y fenotipo en casos reales y discutimos qué papel tiene el ambiente.
- 2 Modelamos la segregación de un gen con dos alelos y resolvemos cruces con cuadros de Punnett.
- 3 Resolvemos cruces con dos genes independientes y comparamos con los datos reales de Mendel.
- 4 Comparamos dominancia completa, dominancia incompleta y codominancia.
- 5 Usamos el sistema ABO como modelo de alelismo múltiple con familias ficticias.
- 6 Resolvemos casos de herencia ligada al sexo (daltonismo) y leemos árboles genealógicos.
- 7 Detectamos errores que confunden probabilidad con resultado obligatorio.
- 8 Resolvemos casos nuevos, repasamos y entregamos el cuaderno de casos.

#### 📋 **Al terminar seré capaz de...**

- ✓ Diferenciar genotipo y fenotipo.
- ✓ Resolver cruces con dominancia y recesividad.
- ✓ Interpretar codominancia, dominancia incompleta y alelismo múltiple.
- ✓ Resolver casos sencillos ligados al sexo con lenguaje cuidadoso.
- ✓ Expresar resultados como probabilidades, no certezas individuales.

#### 📋 **¿Cómo me evaluarán?**

Con la rúbrica del producto final (Anexo 6), la lista de cotejo (Anexo 5) y una reflexión personal (Anexo 7). ¡Revisadlas antes de empezar!

## Dossier de fuentes y materiales base

SdA 6 · Detectives de la herencia

ALUMNADO

Material base para resolver casos de herencia: genotipo y fenotipo con influencia del ambiente, glosario, esquema del cruce monohíbrido, los datos reales de Mendel, el cuadro dihíbrido, comparación de patrones de herencia, el sistema ABO, árboles genealógicos y un protocolo de simulación con monedas.

## F1 Genotipo, fenotipo y ambiente: cinco casos

DATOS

| Caso                                                 | Papel del genotipo                                                          | Papel del ambiente                                                                                | Fenotipo observado                                                                                     |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Hortensia</b><br>( <i>Hydrangea macrophylla</i> ) | Determina qué pigmentos (antocianinas) puede fabricar la planta.            | El pH del suelo: en suelos ácidos la planta absorbe aluminio, que modifica el color.              | Flores azules en suelo ácido y rosas en suelo neutro o alcalino, con el mismo genotipo.                |
| <b>Conejo himalayo</b>                               | Una versión de la enzima del pigmento que solo funciona a baja temperatura. | La temperatura de cada zona del cuerpo.                                                           | Pelo oscuro en orejas, patas, hocico y cola (zonas más frías) y blanco en el resto.                    |
| <b>Fenilcetonuria</b>                                | Variantes del gen PAH impiden degradar un aminoácido, la fenilalanina.      | La dieta: la prueba del talón detecta el trastorno al nacer y una dieta controlada evita el daño. | Con dieta adecuada, desarrollo normal; sin tratamiento, daño neurológico.                              |
| <b>Estatura humana</b>                               | Influyen miles de variantes de muchos genes.                                | Alimentación, salud en la infancia y actividad física.                                            | La estatura media de la población ha cambiado en pocas generaciones sin cambios genéticos apreciables. |
| <b>Grupo sanguíneo ABO</b>                           | El gen ABO determina el grupo; no depende de la dieta ni del clima.         | Prácticamente ninguno.                                                                            | El fenotipo coincide siempre con lo que dicta el genotipo.                                             |

Fuente: Elaboración propia a partir de MedlinePlus Genetics (NIH), de la bibliografía de botánica sobre *Hydrangea macrophylla* y de la genética del conejo himalayo. Datos simplificados.

- 🔍 Genotipo + ambiente → fenotipo. El genotipo marca un abanico de posibilidades; el ambiente decide, en muchos casos, cuál se manifiesta.

**F2** Glosario de genética mendeliana

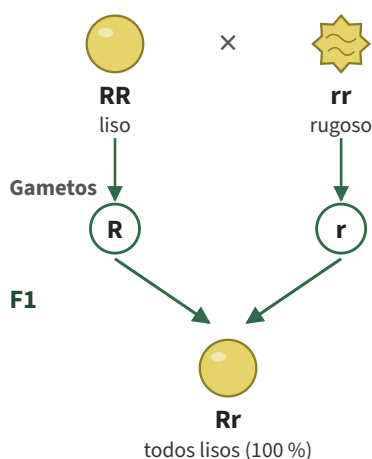
## GLOSARIO

|                                   |                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Gen</b>                        | Fragmento de ADN que lleva la información de un carácter (o de una proteína).                                                                                                                              |
| <b>Alelo</b>                      | Cada una de las versiones de un gen (p. ej., liso R o rugoso r). En una célula diploide, para la mayoría de los genes autosómicos hay dos alelos, uno en cada cromosoma homólogo (uno de cada progenitor). |
| <b>Homocigoto</b>                 | Individuo con dos alelos iguales (RR o rr).                                                                                                                                                                |
| <b>Heterocigoto</b>               | Individuo con dos alelos distintos (Rr).                                                                                                                                                                   |
| <b>Alelo dominante / recesivo</b> | El dominante se manifiesta en el heterocigoto; el recesivo solo se manifiesta si hay dos copias.                                                                                                           |
| <b>Genotipo</b>                   | Conjunto de alelos que tiene un individuo para uno o varios genes.                                                                                                                                         |
| <b>Fenotipo</b>                   | Rasgo observable (o medible) resultado del genotipo y del ambiente.                                                                                                                                        |
| <b>Gameto</b>                     | Célula reproductora (óvulo o espermatozoide) con un solo alelo de cada gen.                                                                                                                                |
| <b>P, F1, F2</b>                  | Generación parental, primera y segunda generación filial.                                                                                                                                                  |
| <b>Cruce prueba</b>               | Cruce de un individuo de fenotipo dominante con uno homocigoto recesivo para averiguar su genotipo.                                                                                                        |
| <b>Probabilidad</b>               | Número entre 0 y 1 (o porcentaje) que indica lo esperable en muchos casos; no garantiza lo que pasará en un caso concreto.                                                                                 |

Fuente: Elaboración propia.

**F3** Un cruce monohíbrido: de P a F2

## ESQUEMA

**Generación P (progenitores puros)****F2: F1 × F1 (Rr × Rr)**

|                             |   |                          |              |
|-----------------------------|---|--------------------------|--------------|
|                             |   | gametos de un progenitor |              |
|                             |   | R                        | r            |
| gametos del otro progenitor | R | RR<br>liso               | Rr<br>liso   |
|                             | r | Rr<br>liso               | rr<br>rugoso |

**Genotipos:** 1 RR : 2 Rr : 1 rr ( $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{4}$ )**Fenotipos:** 3 lisos : 1 rugoso ( $\frac{3}{4}$  y  $\frac{1}{4}$ )

R = alelo dominante (liso); r = alelo recesivo (rugoso).

Fuente: Esquema de elaboración propia. Cruce de Mendel con guisantes de semilla lisa (R) y rugosa (r).

- 🔍 Los gametos tienen un alelo de cada gen. Cada casilla del cuadro de Punnett representa una combinación posible de un gameto de cada progenitor y tiene la misma probabilidad ( $\frac{1}{4}$ ).

**F4 Los datos reales de Mendel (F2 de siete caracteres del guisante)**

DATOS

| Carácter               | Fenotipo dominante | Fenotipo recesivo | Proporción dominante : recesivo |
|------------------------|--------------------|-------------------|---------------------------------|
| Forma de la semilla    | 5 474 lisa         | 1 850 rugosa      | 2,96 : 1                        |
| Color de la semilla    | 6 022 amarilla     | 2 001 verde       | 3,01 : 1                        |
| Color de la flor       | 705 púrpura        | 224 blanca        | 3,15 : 1                        |
| Forma de la vaina      | 882 inflada        | 299 hendida       | 2,95 : 1                        |
| Color de la vaina      | 428 verde          | 152 amarilla      | 2,82 : 1                        |
| Posición de las flores | 651 axiales        | 207 terminales    | 3,14 : 1                        |
| Altura de la planta    | 787 alta           | 277 enana         | 2,84 : 1                        |

En total Mendel contó 19 959 individuos (semillas o plantas) de la F2 en estos siete experimentos y obtuvo siempre una proporción cercana a 3 : 1. No es una proporción exacta porque la fecundación es un proceso aleatorio.

Fuente: Gregor Mendel, «Versuche über Pflanzen-Hybriden» (1866). Recuentos de la generación F2 tras cruzar variedades puras.

**F5 Un cruce dihíbrido: YyRr × YyRr**

ESQUEMA

**Cruce YyRr × YyRr (Y = amarillo, y = verde; R = liso, r = rugoso)**

|                  |    |      |      |      |      |
|------------------|----|------|------|------|------|
| gametos →        |    | YR   | Yr   | yR   | yr   |
| gametos del otro | YR | YYRR | YYRr | YyRR | YyRr |
|                  | Yr | YYRr | YYrr | YyRr | Yyrr |
|                  | yR | YyRR | YyRr | yyRR | yyRr |
|                  | yr | YyRr | Yyrr | yyRr | yyrr |

 9/16 Amarillo y liso

 3/16 Amarillo y rugoso

 3/16 Verde y liso

 1/16 Verde y rugoso

**Proporción fenotípica: 9 : 3 : 3 : 1**

Cada gen se reparte de forma independiente (3.ª ley de Mendel): un progenitor YyRr produce 4 tipos de gametos con igual probabilidad (¼ cada uno).

Atajo:  $9/16 = \frac{3}{4} \times \frac{3}{4}$  (amarillo y liso);  $3/16 = \frac{3}{4} \times \frac{1}{4}$ ;  $1/16 = \frac{1}{4} \times \frac{1}{4}$  (verde y rugoso).

Fuente: Esquema de elaboración propia. Datos de Mendel: 315 amarillas y lisas, 108 amarillas y rugosas, 101 verdes y lisas, 32 verdes y rugosas (556 semillas).

 Cuadro de Punnett de  $4 \times 4 = 16$  casillas. Los gametos de un individuo YyRr son YR, Yr, yR e yr, y cada uno aparece con probabilidad ¼.

**F6 Tres patrones de herencia con un gen de dos alelos**

ESQUEMA

**Dominancia completa**

Flor púrpura (P) y blanca (p)

|   |                                                                                         |                                                                                         |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
|   | P                                                                                       | p                                                                                       |
| P | <br>PP | <br>Pp |
| p | <br>Pp | <br>pp |

**Fenotipos: 3 púrpura : 1 blanca**

Pp se ve igual que PP.

**Dominancia incompleta**

Dondiego de noche: roja (R), blanca (B)

|   |                                                                                         |                                                                                         |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
|   | R                                                                                       | B                                                                                       |
| R | <br>RR | <br>RB |
| B | <br>RB | <br>BB |

**Fenotipos: 1 roja : 2 rosas : 1 blanca**

RB es intermedio.

**Codominancia**

Vacuno: pelo rojo (R), pelo blanco (W)

|   |                                                                                           |                                                                                           |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | R                                                                                         | W                                                                                         |
| R | <br>RR | <br>RW |
| W | <br>RW | <br>WW |

**Fenotipos: 1 roja : 2 roanas : 1 blanca**

RW muestra los dos a la vez.

**Con dominancia incompleta o codominancia** los tres genotipos se distinguen por el fenotipo: 1 : 2 : 1 en la F<sub>2</sub>.**Incompleta:** el heterocigoto es intermedio (rosa). **Codominancia:** se expresan ambos alelos a la vez.

Si ningún alelo domina, se usan letras mayúsculas distintas (R, B o R, W).

Fuente: Esquema de elaboración propia. Ejemplos clásicos de genética de plantas (dondiego de noche, *Mirabilis jalapa*) y de ganado vacuno de la raza Shorthorn.

🔍 El mismo cruce Aa × Aa da 3 : 1 si hay dominancia completa y 1 : 2 : 1 si hay dominancia incompleta o codominancia.

**F7 El sistema ABO: un gen con tres alelos**

DATOS

| Genotipo                                         | Grupo (fenotipo) | Antígenos en los glóbulos rojos | Anticuerpos en el plasma | Frecuencia aproximada en España |
|--------------------------------------------------|------------------|---------------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| I <sup>A</sup> I <sup>A</sup> o I <sup>A</sup> i | A                | A                               | anti-B                   | ≈ 42 %                          |
| I <sup>B</sup> I <sup>B</sup> o I <sup>B</sup> i | B                | B                               | anti-A                   | ≈ 10 %                          |
| I <sup>A</sup> I <sup>B</sup>                    | AB               | A y B                           | ninguno                  | ≈ 3 %                           |
| ii                                               | O                | ninguno                         | anti-A y anti-B          | ≈ 45 %                          |

Hay tres alelos: **I<sup>A</sup>** e **I<sup>B</sup>** son **codominantes** entre sí y los dos **dominan** sobre **i**. Cada persona tiene solo dos de los tres. El factor Rh (+ o -) depende de otro gen distinto. Que el grupo O sea el más frecuente no significa que su alelo sea dominante: **dominante no es lo mismo que frecuente**.

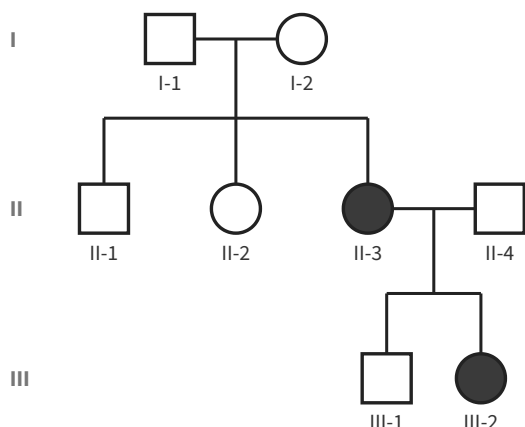
Fuente: Elaboración propia a partir de MedlinePlus Genetics (NIH) y de los centros de transfusión españoles. Los porcentajes son aproximados.

## F8 Árboles genealógicos de dos familias ficticias

ESQUEMA

**Familia A (rasgo ficticio, autosómico)**

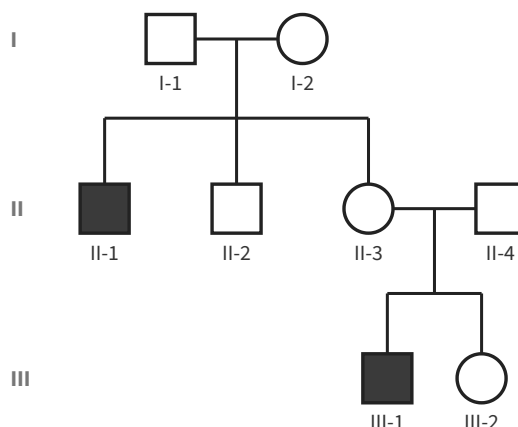
Los símbolos oscuros tienen el rasgo recesivo.



□ ○ hombre / mujer sin el rasgo      ■ ● con el rasgo

**Familia B (daltonismo, familia ficticia)**

Los símbolos oscuros son personas daltónicas.



I, II, III = generaciones · línea horizontal = pareja

Fuente: Esquemas de elaboración propia sobre familias ficticias creadas para el aula.

- 🔍 En el árbol, los cuadrados son hombres y los círculos mujeres; los símbolos oscuros indican quién presenta el rasgo. Una línea horizontal une a una pareja y una vertical lleva a sus hijos.

## F9 Simulamos la herencia con monedas

PROTOCOLO

**Pregunta:** si dos progenitores Aa tienen muchos hijos, ¿se cumple la proporción teórica  $\frac{1}{4}$  AA :  $\frac{1}{2}$  Aa :  $\frac{1}{4}$  aa?

**Modelo:** cada moneda es un progenitor. Cara = alelo A, cruz = alelo a. Cada lanzamiento representa un gameto elegido al azar.

**Procedimiento**

- Lanzad a la vez las dos monedas: el resultado es el genotipo de un hijo (dos caras = AA; dos cruces = aa; una cara y una cruz = Aa).
- Anotad el resultado con una marca en la tabla y repetid hasta completar 40 lanzamientos.
- Sumad los resultados de toda la clase y calculad las frecuencias.
- Comparad vuestras proporciones con las teóricas, y las de un equipo con las de toda la clase.

**Para pensar:** con pocos lanzamientos, los resultados se alejan de  $\frac{1}{4}$  -  $\frac{1}{2}$  -  $\frac{1}{4}$ ; con muchos, se aproximan. Aun así, el resultado de un lanzamiento (o de un hijo) nunca está decidido por los anteriores.

Fuente: Protocolo de elaboración propia. Material: 2 monedas por pareja de alumnos y papel para anotar.



Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Usa F1 (casos) y F2 (glosario).

**1 Diagnóstico inicial. Marca la opción correcta.**

El conjunto de alelos que tiene un individuo para un gen es su...

☐ fenotipo    ☐ genotipo    ☐ cariotipo

Un individuo Aa es...

☐ homocigoto dominante    ☐ heterocigoto    ☐ homocigoto recesivo

Un alelo recesivo se manifiesta en el fenotipo cuando...

☐ hay una sola copia    ☐ hay dos copias    ☐ nunca se manifiesta

Los gametos de un individuo Aa son...

☐ Aa    ☐ A y a    ☐ solo A
**2 Clasifica cada expresión como genotipo (G) o fenotipo (F).**

| Expresión          | G o F |
|--------------------|-------|
| Rr                 |       |
| semilla lisa       |       |
| aa                 |       |
| pelo negro         |       |
| Bb                 |       |
| estatura de 172 cm |       |

**3 En los guisantes, el alelo R (semilla lisa) domina sobre r (rugosa). Completa la tabla.**

| Genotipo | Fenotipo | ¿Homocigoto o heterocigoto? | Gametos que produce |
|----------|----------|-----------------------------|---------------------|
| RR       |          |                             |                     |
| Rr       |          |                             |                     |
| rr       |          |                             |                     |

- 4 Con F1: dos hortensias con el mismo genotipo tienen flores de distinto color porque crecen en suelos distintos. ¿Cambia su genotipo? ¿Qué demuestra este caso sobre la relación entre genotipo y fenotipo? ¿Ocurre lo mismo con el grupo sanguíneo ABO?

---

---

---

---

---

**FICHA 2 Un gen, dos alelos**

Sesión 2

Usa F3 y F4. En las cobayas, el pelaje negro (N) domina sobre el marrón (n).

- 1 Cruzamos dos cobayas heterocigotas,  $Nn \times Nn$ . Completa el cuadro de Punnett, escribe los genotipos y fenotipos de las crías con sus probabilidades y calcula: (a) probabilidad de que la primera cría sea marrón; (b) de que las dos primeras sean marrones; (c) de que una camada de 4 crías tenga al menos una marrón.

|   | N | n |
|---|---|---|
| N |   |   |
| n |   |   |

---

---

---

---

---

- 2 Plantas de guisante con flor púrpura (P, dominante) y blanca (p). Completa la tabla de cruces.

| Cruce                         | Gametos | Genotipos de los hijos | Fenotipos de los hijos (proporción) |
|-------------------------------|---------|------------------------|-------------------------------------|
| $PP \times pp$                |         |                        |                                     |
| $Pp \times pp$ (cruce prueba) |         |                        |                                     |
| $Pp \times Pp$                |         |                        |                                     |

- 3 Con F4: calcula la proporción dominante : recesivo del color de la flor y de la altura de la planta. ¿Son exactamente 3 : 1? ¿Por qué se acercan a 3 : 1 sin ser exactas?

| Carácter            | Dominantes | Recesivos | Proporción |
|---------------------|------------|-----------|------------|
| Color de la flor    | 705        | 224       |            |
| Altura de la planta | 787        | 277       |            |

- 4 Árbol genealógico A de F8 (rasgo recesivo; alelos A y a). Escribe los genotipos que se pueden deducir con seguridad y calcula la probabilidad de que II-2 (que no tiene el rasgo) sea portador del alelo a.

| Persona | Genotipo | Razonamiento |
|---------|----------|--------------|
| I-1     |          |              |
| I-2     |          |              |
| II-3    |          |              |
| II-4    |          |              |
| III-1   |          |              |
| II-2    |          |              |

### FICHA 3 Dos genes sencillos

Sesión 3

Usa F5. Recuerda: cada gameto lleva un alelo de cada gen. Los genes se heredan de forma independiente.

- 1 Escribe los gametos que produce cada genotipo.

| Genotipo | Gametos posibles | Número de tipos |
|----------|------------------|-----------------|
| AaBb     |                  |                 |
| AABb     |                  |                 |
| aabb     |                  |                 |

- 2 Cruce YyRr × YyRr. Con F5 completa y calcula (como fracciones) la probabilidad de cada fenotipo, la de semillas amarillas (sean lisas o rugosas) y la de semillas verdes y rugosas.

| Fenotipo       | Amarillo liso | Amarillo rugoso | Verde liso | Verde rugoso |
|----------------|---------------|-----------------|------------|--------------|
| Casillas de 16 |               |                 |            |              |
| Probabilidad   |               |                 |            |              |

- 3 Mendel contó 556 semillas: 315 amarillas lisas, 108 amarillas rugosas, 101 verdes lisas y 32 verdes rugosas. Calcula cuántas esperaba con la proporción 9 : 3 : 3 : 1 y compáralas con las observadas.

| Fenotipo        | Observadas | Esperadas (556 × fracción) | Diferencia |
|-----------------|------------|----------------------------|------------|
| Amarilla lisa   | 315        |                            |            |
| Amarilla rugosa | 108        |                            |            |
| Verde lisa      | 101        |                            |            |
| Verde rugosa    | 32         |                            |            |

- 4 Cruce prueba  $YyRr \times yyrr$ . Escribe los gametos de cada progenitor, construye el cuadro y di qué proporción de fenotipos se obtiene. ¿Para qué sirve este cruce?

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

#### FICHA 4 No todo es dominancia completa

Sesión 4

Usa F6. En la gallina andaluza azul, el plumaje negro (N) y el blanco salpicado (B) no se dominan: el heterocigoto es azulado.

- 1 Gallinas andaluzas. Completa el cuadro de Punnett del cruce de dos gallinas azules (NB × NB) y escribe las proporciones de genotipos y fenotipos. ¿Qué patrón de herencia es?

|   | N | B |
|---|---|---|
| N |   |   |
| B |   |   |

- 2 Calcula los descendientes de estos cruces (NN negra, NB azul, BB blanca salpicada).

| Cruce   | Genotipos de las crías | Fenotipos de las crías |
|---------|------------------------|------------------------|
| NN × BB |                        |                        |
| NB × NN |                        |                        |
| NB × BB |                        |                        |

- 3 Un toro de raza Shorthorn de pelo roano (RW, con pelos rojos y blancos mezclados) se cruza con una vaca roja (RR). ¿Qué fenotipos tendrán los terneros y en qué proporción? ¿Es dominancia incompleta o codominancia? Justifica.

---



---



---



---

- 4 Completa la comparativa.

|                                                | Dominancia completa | Dominancia incompleta | Codominancia |
|------------------------------------------------|---------------------|-----------------------|--------------|
| Fenotipo del heterocigoto                      |                     |                       |              |
| Proporción fenotípica en F2 ( $Aa \times Aa$ ) |                     |                       |              |
| Ejemplo                                        |                     |                       |              |

### FICHA 5 Más de dos alelos: el sistema ABO

Sesión 5

Usa F7. Las familias de esta ficha son ficticias: no debes buscar ni usar datos de personas reales ni de tu familia.

- 1 Completa la tabla.

| Genotipo  | Grupo sanguíneo | Alelos de cada gameto |
|-----------|-----------------|-----------------------|
| $I^A I^A$ |                 |                       |
| $I^A i$   |                 |                       |
| $I^B I^B$ |                 |                       |
| $I^B i$   |                 |                       |
| $I^A I^B$ |                 |                       |
| $ii$      |                 |                       |

- 2 Resuelve (escribe genotipos de los progenitores, cuadro y proporciones).

| Cruce                  | Grupos posibles de los hijos y probabilidad |
|------------------------|---------------------------------------------|
| $I^A i \times I^B i$   |                                             |
| $I^A I^B \times ii$    |                                             |
| $I^A I^B \times I^A i$ |                                             |

- 3 Una pareja ficticia, de grupos A y B, tiene una hija de grupo O. ¿Qué genotipo tiene cada progenitor? ¿Cuál es la probabilidad de que su siguiente hijo tenga el grupo O?

---



---



---

- 4 Con F7: ¿puede una pareja de grupo AB × AB tener un hijo de grupo O? Razona. Además, el alelo i es recesivo y el grupo O es el más frecuente. Explica por qué dominante no significa «más frecuente».

---



---



---



---

## FICHA 6 Herencia ligada al sexo

Sesión 6

El daltonismo rojo-verde depende de un gen del cromosoma X. Alelos: XD (visión normal) y Xd (daltonismo, recesivo). El cromosoma Y no lleva este gen. Usa F8 (familia B). Son familias ficticias.

- 1 Sexo de los hijos. Construye el cuadro XX × XY. ¿Qué probabilidad hay de que un hijo sea varón? Una pareja tiene tres hijas: ¿qué probabilidad hay de que el cuarto hijo sea varón?

|   | X | Y |
|---|---|---|
| X |   |   |
| X |   |   |

---



---

- 2 Una mujer portadora (XD<sub>X</sub>d) y un hombre de visión normal (XD<sub>Y</sub>) tienen hijos. Completa la tabla (probabilidad de cada tipo de hijo, sobre el total de hijos).

| Hijo/a | Genotipo | Fenotipo | Probabilidad |
|--------|----------|----------|--------------|
| Hija   |          |          |              |
| Hija   |          |          |              |
| Hijo   |          |          |              |
| Hijo   |          |          |              |

- 3 Calcula y explica: (a) mujer  $XdXd \times$  hombre  $XDY$ ; (b) hombre  $XdY \times$  mujer  $DXdD$ . ¿Puede un hombre daltónico transmitir el daltonismo a un hijo varón? ¿Por qué es más frecuente en hombres?

---



---



---



---



---

- 4 Árbol B de F8. Escribe el genotipo de I-1, I-2, II-1, II-3, II-4 y III-1. ¿Qué probabilidad hay de que III-2 sea portadora?

| Persona | Genotipo | Razonamiento |
|---------|----------|--------------|
| I-1     |          |              |
| I-2     |          |              |
| II-1    |          |              |
| II-3    |          |              |
| II-4    |          |              |
| III-1   |          |              |
| III-2   |          |              |

## FICHA 7 Detectamos errores

Sesión 7

Cada afirmación procede de un cuaderno ficticio. Corrige las que tengan errores y explica por qué.

- 1 ¿Es correcta cada afirmación? Señala el error y escribe la versión correcta.

| Afirmación                                                                                                    | ¿Correcta? | Corrección |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|
| «Dos padres $Aa \times Aa$ ya tienen tres hijos con fenotipo dominante, así que el cuarto será seguro $aa$ .» |            |            |
| «Si el cruce da $3 : 1$ , en una familia de cuatro hijos habrá exactamente uno recesivo.»                     |            |            |
| «Para cruzar $AaBb \times AaBb$ basta con un cuadro de $2 \times 2$ .»                                        |            |            |
| «Un padre AB y una madre O pueden tener un hijo O.»                                                           |            |            |
| «Un hombre daltónico transmite el daltonismo a todos sus hijos varones.»                                      |            |            |

- 2 Probabilidades. Una pareja  $Aa \times Aa$  (A dominante) tiene 4 hijos. Calcula la probabilidad de que: (a) todos tengan el fenotipo dominante; (b) al menos uno tenga el fenotipo recesivo; (c) exactamente uno tenga el fenotipo recesivo.

---

---

---

---

---

---

- 3 Simulación con monedas (F9). Anota los resultados de tu pareja y de la clase.

| Genotipo | Frecuencia teórica | Mi pareja (40) | Clase (total) | Frecuencia observada en la clase |
|----------|--------------------|----------------|---------------|----------------------------------|
| AA       | $\frac{1}{4}$      |                |               |                                  |
| Aa       | $\frac{1}{2}$      |                |               |                                  |
| aa       | $\frac{1}{4}$      |                |               |                                  |

- 4 Conclusión. ¿Se acercan más a la proporción teórica los resultados de tu pareja o los de toda la clase? ¿Qué relación hay con la frase «la probabilidad no es destino»?

---

---

---

---

## FICHA 8 Cuaderno de casos y prueba individual

Sesión 8

Resuelve casos nuevos que integran lo aprendido. Revisa antes el cuaderno con la lista de cotejo (Anexo 5).

- 1 Gatos carey. En los gatos, el color del pelaje naranja (XO) y el negro (XB) están en el cromosoma X y son codominantes: las gatas XOXB son «carey» (manchas naranjas y negras). Cruzamos una gata carey con un gato negro (XBY). Construye el cuadro y escribe los fenotipos posibles de gatas y gatos con su probabilidad.

|    | XB | Y |
|----|----|---|
| XO |    |   |
| XB |    |   |

---

---

---

---



- 2** Caso integrador (familia ficticia). Una mujer de grupo A (IA i) portadora de daltonismo (XDXd) y un hombre de grupo B (IB i) con visión normal (XDY) tienen hijos. Los dos genes están en cromosomas distintos y se heredan de forma independiente. Calcula la probabilidad de que un hijo sea: (a) de grupo O; (b) un varón daltónico; (c) de grupo O y además varón daltónico.

---

---

---

---

---

---

---

---

- 3** Autoevalúa el cuaderno: marca lo que contiene.

- ☐ Un cruce monohíbrido con cuadro y probabilidades
- ☐ Un cruce dihíbrido
- ☐ Un caso de dominancia incompleta o codominancia
- ☐ Un caso de ABO
- ☐ Un caso ligado al sexo y un árbol genealógico
- ☐ Un error detectado y corregido
- ☐ Conclusiones con lenguaje no determinista

**Plantilla del producto final**

SdA 6 · Detectives de la herencia

ALUMNADO

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Cuaderno de casos genéticos en una página (A3 o cartulina). En cada casilla: planteamiento, cuadro de Punnett, resultado con probabilidades y una frase de interpretación.

**Título y autores****Caso 1: cruce monohíbrido***Genotipos, cuadro, proporciones.***Caso 2: dos genes***Gametos, cuadro  $4 \times 4$ , proporción.***Caso 3: dominancia incompleta o codominancia***Cuadro y comparación.***Caso 4: ABO***Alelos, cuadro y grupos posibles.***Caso 5: ligada al sexo***Cuadro y probabilidades por sexo.***Árbol genealógico***Genotipos deducidos y razonamiento.***Errores detectados y qué se puede predecir***Probabilidad no es destino.*

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Antes de entregar **Cuaderno de casos genéticos con cuadros, probabilidades, codominancia, dominancia incompleta, alelismo múltiple y ligada al sexo.**, comprueba cada punto y marca la casilla. Si alguno falla, todavía estás a tiempo de mejorarlo.

### Contenido del producto

- ☐ Cada caso indica los genotipos de los progenitores y los gametos de cada uno.
- ☐ Los cuadros de Punnett tienen el tamaño adecuado ( $2 \times 2$  con un gen,  $4 \times 4$  con dos genes) y las casillas bien rellenas.
- ☐ Genotipo y fenotipo no se confunden: cada resultado dice «genotipo» o «fenotipo».
- ☐ Las proporciones se expresan también como probabilidades (fracciones o porcentajes).
- ☐ En el caso de ABO aparecen los tres alelos y se justifican los grupos posibles.
- ☐ En el caso ligado al sexo se escriben los genotipos con X e Y y se dan probabilidades por sexo.
- ☐ El árbol genealógico está bien leído y los genotipos deducidos se razonan.
- ☐ Se incluye al menos un error típico (confundir probabilidad y certeza) y su corrección.
- ☐ Las conclusiones evitan el lenguaje determinista («es probable», «puede») y no usan datos de personas reales.
- ☐ Se citan las fuentes y el vocabulario es preciso.

### Calidad y rigor

- ☐ He utilizado vocabulario específico de la materia y lo he explicado cuando era necesario.
- ☐ He apoyado mis afirmaciones con evidencias (datos, citas, mapas o ejemplos concretos).
- ☐ He citado o identificado todas las fuentes utilizadas.
- ☐ He revisado la ortografía, la presentación y el orden del producto.
- ☐ He incorporado las mejoras propuestas en la coevaluación o por el docente.

**Lo que más me ha costado**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Firma del equipo / fecha de entrega**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Rúbrica imprimible

SdA 6 · Detectives de la herencia

ALUMNADO · DOCENTE

Nombre:

Curso/grupo:

Fecha:

Rúbrica para valorar **Cuaderno de casos genéticos con cuadros, probabilidades, codominancia, dominancia incompleta, alelismo múltiple y ligada al sexo**. Marca el nivel alcanzado en cada indicador.

| Indicador                                              | NIVEL 4<br>Avanzado                                                                                                                                                                                                                            | NIVEL 3<br>Adecuado                                                                                                                                                                   | NIVEL 2<br>En proceso                                                                                                                               | NIVEL 1<br>Inicial                                                                        | Nivel |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>Comprensión científica</b>                          | Rigurosa, conectada y con vocabulario preciso.                                                                                                                                                                                                 | Correcta en lo esencial.                                                                                                                                                              | Parcial o con alguna confusión.                                                                                                                     | Fragmentaria o con errores esenciales.                                                    |       |
| <b>Uso de evidencias</b>                               | Contrasta fuentes y usa evidencias concretas.                                                                                                                                                                                                  | Aporta evidencias suficientes.                                                                                                                                                        | Evidencias escasas o descriptivas.                                                                                                                  | Conclusiones sin evidencia suficiente.                                                    |       |
| <b>Corrección de los razonamientos genéticos</b>       | Escribe sin errores los genotipos y los gametos, construye correctamente los cuadros de Punnett (incluidos dos genes, ABO y herencia ligada al X) y justifica cada paso con el vocabulario genético adecuado.                                  | Resuelve correctamente los casos con cuadros y genotipos; algún despiste menor (p. ej., un gameto repetido o el símbolo de un alelo) que corrige al revisar.                          | Resuelve los cruces sencillos con apoyo, pero se equivoca en los gametos, en los casos de codominancia o ABO, o en la herencia ligada al sexo.      | No construye cuadros de Punnett válidos ni distingue genotipo y fenotipo.                 |       |
| <b>Interpretación probabilística y no determinista</b> | Expresa los resultados como probabilidades o proporciones, aplica la independencia de sucesos (p. ej., hijos sucesivos), explica por qué una proporción no garantiza un resultado en una familia y distingue lo predecible de lo que no lo es. | Expresa los resultados como probabilidades y evita casi siempre el lenguaje determinista; la explicación de la independencia o de los límites del modelo es correcta pero incompleta. | Calcula probabilidades pero las interpreta como certezas («tendrán exactamente un hijo aa») o confunde la probabilidad de un hijo con la de varios. | Presenta los resultados como predicciones seguras o no sabe interpretar una probabilidad. |       |
| <b>Comunicación y producto</b>                         | Claro, preciso y responde plenamente al reto.                                                                                                                                                                                                  | Claro y responde adecuadamente.                                                                                                                                                       | Cumple parcialmente o necesita mejorar.                                                                                                             | Incompleto o no responde al reto.                                                         |       |

## Observaciones del docente

---



---



---

## Valoración global

---



---



---

**Autoevaluación y coevaluación**

SdA 6 · Detectives de la herencia

ALUMNADO

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

**Parte 1 · Autoevaluación**

| Afirmación                                                                                        | Aún no                | Con ayuda             | Bien                  | Muy bien              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Sé construir un cuadro de Punnett para uno o dos genes y expresar el resultado como probabilidad. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Sé explicar por qué una probabilidad no garantiza lo que ocurrirá en una familia concreta.        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| He cumplido mi rol y mis tareas dentro del equipo.                                                | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| He escuchado y tenido en cuenta las ideas de los demás.                                           | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| He usado fuentes y evidencias para justificar mis ideas.                                          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| He revisado y mejorado mi trabajo a partir de la retroalimentación.                               | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

**Dos aprendizajes que he logrado**


---



---



---

**Una dificultad que he tenido**


---



---



---

**Una mejora que haré la próxima vez**


---



---

**Parte 2 · Coevaluación de otro equipo****Equipo evaluado:** \_\_\_\_\_**Fortaleza 1**


---



---

**Fortaleza 2**


---



---

**Propuesta de mejora**


---



---

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Resolverás cruces con un gen siguiendo los pasos ya marcados y un caso de codominancia guiado.

**⊗ Glosario visual y pasos**

**Alelo** = versión de un gen · **Dominante** = se ve aunque haya una sola copia (letra mayúscula) · **Recesivo** = solo se ve con dos copias (letra minúscula) · **Homocigoto** = dos alelos iguales (AA, aa) · **Heterocigoto** = dos alelos distintos (Aa). **Pasos del cruce:** 1) escribe los genotipos; 2) escribe los gametos de cada progenitor; 3) rellena el cuadro de Punnett; 4) cuenta genotipos y fenotipos; 5) escribe las probabilidades.

**⊗ Ejemplo modelado**

Guisantes: alto (T, dominante) y enano (t). Cruce  $Tt \times Tt$ . **1)** Gametos: T y t en cada progenitor. **2)** Cuadro: TT, Tt, Tt, tt. **3)** Genotipos: 1 TT : 2 Tt : 1 tt. **4)** Fenotipos: 3 altos (TT, Tt, Tt) : 1 enano (tt). **5)** Probabilidad de planta enana =  $1/4 = 25\%$ .

**1 Cobayas: pelo corto (L, dominante) y pelo largo (l). Cruce  $Ll \times Ll$ . Completa el cuadro y las respuestas.**

|   | L  | l  |
|---|----|----|
| L | LL |    |
| l |    | ll |

Genotipos: \_\_\_\_\_ LL : \_\_\_\_\_ Ll : \_\_\_\_\_ ll. Fenotipos: \_\_\_\_\_ de pelo corto : \_\_\_\_\_ de pelo largo. Probabilidad de cría de pelo largo = \_\_\_\_\_.

**2 Caso guiado de codominancia: toro roano (RW) × vaca blanca (WW). Completa.**

|   | R | W |
|---|---|---|
| W |   |   |
| W |   |   |

Los terneros son RW (\_\_\_\_\_) o WW (\_\_\_\_). Probabilidad de cada uno: \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_.

**3 Marca la opción correcta.**

Un individuo Aa produce gametos...

☐ A y a    ☐ Aa    ☐ solo a

Con dominancia incompleta, el heterocigoto...

☐ se parece al dominante    ☐ es intermedio    ☐ no existe

## Actividad de ampliación

SdA 6 · Detectives de la herencia

ALUMNADO

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

 **Simulamos miles de cruces con una hoja de cálculo**

En F9 simulaste 40 hijos con monedas. Con una hoja de cálculo puedes simular miles de hijos y comprobar cómo las frecuencias observadas se acercan a las probabilidades teóricas, sin dejar de variar de una simulación a otra.

 **Pasos**

- 1 En la hoja de cálculo, en la columna A escribe 1000 veces la fórmula =SI(ALEATORIO()<0,5;"A";"a") (primer progenitor) y en la columna B lo mismo (segundo progenitor).
- 2 En la columna C une los dos alelos: =A1&B1. Después, con CONTAR.SI cuenta cuántos hijos hay de cada genotipo (AA, Aa y aA, aa) y calcula las frecuencias.
- 3 Repite con las primeras 10 filas, las primeras 100 y las 1000. Pulsa F9 para repetir la simulación y anota qué cambia.
- 4 Compara la frecuencia de aa con 0,25 y calcula la diferencia en cada caso.
- 5 Haz un gráfico de barras con las frecuencias de los tres genotipos para n = 1000 y explica la conclusión.

**1** **Tabla de resultados de la simulación (anota los valores de una de tus repeticiones).**

| Número de hijos (n) | Nº de aa | Frecuencia de aa | Diferencia con 0,25 |
|---------------------|----------|------------------|---------------------|
| 10                  |          |                  |                     |
| 100                 |          |                  |                     |
| 1000                |          |                  |                     |

 **Entrega**

Una hoja con la tabla completa, un gráfico de barras y un párrafo que responda: ¿qué ocurre con la diferencia respecto a lo teórico al aumentar n? ¿Garantiza la probabilidad el resultado en una familia con 4 hijos?

 **Ficha 1**

1. Diagnóstico: b, b, b, b.
2. G: Rr, aa, Bb. F: semilla lisa, pelo negro, estatura de 172 cm.
3. RR: liso, homocigoto dominante, gametos R. Rr: liso, heterocigoto, gametos R y r ( $\frac{1}{2}$  cada uno). rr: rugoso, homocigoto recesivo, gametos r.
4. El genotipo no cambia: lo que cambia es el fenotipo por el pH del suelo. El genotipo marca posibilidades y el ambiente influye en cuál se manifiesta. En el sistema ABO el ambiente no modifica el fenotipo.

 **Ficha 2**

1. Cuadro  $Nn \times Nn$ : NN, Nn, Nn, nn. Genotipos:  $\frac{1}{4}$  NN,  $\frac{1}{2}$  Nn,  $\frac{1}{4}$  nn. Fenotipos:  $\frac{3}{4}$  negras,  $\frac{1}{4}$  marrones. (a)  $\frac{1}{4} = 25\%$ . (b)  $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16} = 6,25\%$ . (c)  $1 - (\frac{3}{4})^4 = 1 - \frac{81}{256} = \frac{175}{256} \approx 0,68$  (68 %).
2.  $PP \times pp$ : gametos P y p; todos Pp, púrpura (100 %).  $Pp \times pp$ : gametos P, p y p;  $\frac{1}{2}$  Pp púrpura :  $\frac{1}{2}$  pp blanca.  $Pp \times Pp$ :  $\frac{1}{4}$  PP :  $\frac{1}{2}$  Pp :  $\frac{1}{4}$  pp;  $\frac{3}{4}$  púrpura :  $\frac{1}{4}$  blanca.
3. Flor:  $705/224 = 3,15 : 1$ . Altura:  $787/277 = 2,84 : 1$ . No son exactamente 3 : 1 porque la fecundación es aleatoria: cada gameto se une al azar y, con un número finito de plantas, hay variaciones. Con muchas plantas la proporción se aproxima a 3 : 1.
4. I-1 y I-2: Aa y Aa (tienen una hija afectada, aa, y ellos no lo están). II-3: aa. II-4: Aa (su hija III-2 es aa y él no lo está). III-1: Aa (recibe a de la madre aa y no está afectado, por tanto recibió A del padre). II-2: tiene probabilidad  $\frac{2}{3}$  de ser portadora (Aa),  $\frac{1}{3}$  de ser AA: del cruce  $Aa \times Aa$ , entre las personas no afectadas (AA, Aa, Aa) dos de tres son Aa.

 **Ficha 3**

1.  $AaBb$ : AB, Ab, aB, ab (4 tipos).  $AABb$ : AB, Ab (2 tipos).  $aabb$ : ab (1 tipo).
2. Amarillo liso  $\frac{9}{16}$ ; amarillo rugoso  $\frac{3}{16}$ ; verde liso  $\frac{3}{16}$ ; verde rugoso  $\frac{1}{16}$ . Amarillas (liso + rugoso) =  $\frac{12}{16} = \frac{3}{4}$ . Verdes y rugosas =  $\frac{1}{16}$ .
3. Esperadas: 312,75; 104,25; 104,25; 34,75. Diferencias: +2,25; +3,75; -3,25; -2,75. Los datos de Mendel se ajustan muy bien a 9 : 3 : 3 : 1.
4.  $YyRr \times yyrr$ : gametos YR, Yr, yR, yr y solo yr. Descendencia:  $\frac{1}{4}$  YyRr (amarillo liso),  $\frac{1}{4}$  Yyrr (amarillo rugoso),  $\frac{1}{4}$  yyRr (verde liso),  $\frac{1}{4}$  yyrr (verde rugoso): 1 : 1 : 1 : 1. El cruce prueba sirve para averiguar el genotipo de un individuo de fenotipo dominante.

 **Ficha 4**

1.  $NB \times NB$ : NN, NB, NB, BB  $\rightarrow \frac{1}{4}$  negra,  $\frac{1}{2}$  azul,  $\frac{1}{4}$  blanca salpicada (1 : 2 : 1). Dominancia incompleta (el heterocigoto es intermedio).
2.  $NN \times BB$ : 100 % NB (azules).  $NB \times NN$ :  $\frac{1}{2}$  NN negras :  $\frac{1}{2}$  NB azules.  $NB \times BB$ :  $\frac{1}{2}$  NB azules :  $\frac{1}{2}$  BB blancas.
3.  $RW \times RR$ :  $\frac{1}{2}$  RR rojos :  $\frac{1}{2}$  RW roanos. Es codominancia: en el heterocigoto se ven pelos rojos y pelos blancos a la vez, no un color intermedio.
4. Completa: dominancia completa = igual que el dominante, 3 : 1, flor púrpura; incompleta = intermedio, 1 : 2 : 1, dondiego de noche o gallina andaluza azul; codominancia = se expresan ambos alelos, 1 : 2 : 1, vacuno roano.



### Ficha 5

1. IA IA: A (IA); IA i: A (IA o i); IB IB: B (IB); IB i: B (IB o i); IA IB: AB (IA o IB); ii: O (i).
2. IA i × IB i:  $\frac{1}{4}$  A (IA i),  $\frac{1}{4}$  B (IB i),  $\frac{1}{4}$  AB (IA IB),  $\frac{1}{4}$  O (ii). IA IB × ii:  $\frac{1}{2}$  A (IA i),  $\frac{1}{2}$  B (IB i). IA IB × IA i:  $\frac{1}{4}$  IA IA (A),  $\frac{1}{4}$  IA i (A),  $\frac{1}{4}$  IA IB (AB),  $\frac{1}{4}$  IB i (B) →  $\frac{1}{2}$  A,  $\frac{1}{4}$  AB,  $\frac{1}{4}$  B.
3. La hija es ii, así que cada progenitor aporta i: el de grupo A es IA i y el de grupo B es IB i. Probabilidad de que el siguiente hijo sea O:  $\frac{1}{4}$  (cada hijo es independiente).
4. AB × AB: IA IB × IA IB → IA IA, IA IB, IA IB, IB IB; ninguno es ii, así que no puede tener un hijo O. Dominante se refiere a cómo se expresa un alelo en el heterocigoto, no a su frecuencia en la población; la frecuencia de cada alelo depende de la historia de la población.

### Ficha 6

1. XX × XY: XX, XX, XY, XY →  $\frac{1}{2}$  niña,  $\frac{1}{2}$  niño. Con tres hijas, la probabilidad del cuarto sigue siendo  $\frac{1}{2}$ .
2. XDxD × XdY: hija XDxD (normal)  $\frac{1}{4}$ ; hija XDxD (portadora, visión normal)  $\frac{1}{4}$ ; hijo XdY (normal)  $\frac{1}{4}$ ; hijo XdY (daltónico)  $\frac{1}{4}$ . Entre las hijas,  $\frac{1}{2}$  portadoras; entre los hijos,  $\frac{1}{2}$  daltónicos.
3. (a) XDxD × XdY: hijas XDxD (portadoras, visión normal) y hijos XdY (daltónicos): todas las hijas portadoras y todos los hijos daltónicos. (b) XdY × XDxD: hijas XDxD (portadoras) e hijos XdY (normales). Un hombre daltónico no puede transmitir el daltonismo a un hijo varón (su hijo recibe el Y del padre, no el X). Es más frecuente en hombres porque con un solo X basta un alelo recesivo para manifestarse; las mujeres necesitan dos ( $\approx 8\%$  de hombres y  $\approx 0,5\%$  de mujeres, de origen europeo).
4. I-1 XdY; I-2 XDxD (tiene un hijo daltónico y no lo es); II-1 XdY; II-3 XDxD (tiene un hijo daltónico y no lo es); II-4 XdY; III-1 XdY. III-2: recibe XD del padre y de la madre XD o Xd: probabilidad  $\frac{1}{2}$  de ser portadora (XDxD),  $\frac{1}{2}$  de ser XDxD.

### Ficha 7

1. 1) Error: cada hijo es independiente; la probabilidad de que el cuarto sea aa es  $\frac{1}{4}$ . 2) Error: 3 : 1 es la proporción esperable en muchos hijos; en una familia pequeña puede haber 0, 1, 2... recesivos. 3) Error: con dos genes cada progenitor produce 4 gametos distintos (AB, Ab, aB, ab), luego hace falta un cuadro de  $4 \times 4$ . 4) Error: AB × O → solo A o B (IA IB × ii → IA i, IB i). 5) Error: un hombre daltónico transmite el Y a sus hijos varones, que serán normales (si la madre no es portadora); sus hijas recibirán el Xd.
2. (a)  $(\frac{3}{4})^4 = 81/256 \approx 0,316$  (31,6 %). (b)  $1 - 81/256 = 175/256 \approx 0,684$  (68,4 %). (c)  $4 \times \frac{1}{4} \times (\frac{3}{4})^3 = 108/256 \approx 0,422$  (42,2 %).
3. Teórico:  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{4}$ . En 40 lanzamientos de una pareja se esperan unos 10, 20 y 10, con variación. Los datos de la clase se parecen más a la proporción teórica.
4. La clase se acerca más porque se suman muchos lanzamientos (ley de los grandes números). Aun así, el resultado de una moneda (o de un hijo) no depende de los anteriores: la probabilidad describe lo esperable a largo plazo y no determina un caso concreto.

### Ficha 8

1. Gata carey XOXB × gato negro XBY: XOXB (carey)  $\frac{1}{4}$ ; XBXB (negra)  $\frac{1}{4}$ ; XOY (naranja)  $\frac{1}{4}$ ; XBY (negro)  $\frac{1}{4}$ . Es herencia ligada al X con codominancia; los gatos machos (XY) solo tienen un X, por eso casi nunca son carey.
2. (a) IA i × IB i → ii =  $\frac{1}{4}$  (grupo O). (b) XDxD × XdY → hijo XdY =  $\frac{1}{4}$  de todos los hijos ( $\frac{1}{2}$  son varones y de ellos  $\frac{1}{2}$  daltónicos). (c)  $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = 1/16$  ( $\approx 6,25\%$ ), porque los genes se heredan de forma independiente.
3. Checklist: comprobar el cuaderno con el Anexo 5.

### Refuerzo

1.  $LI \times LI$ :  $\frac{1}{4} LI$  :  $\frac{1}{2} LI$  :  $\frac{1}{4} ll$ ;  $\frac{3}{4}$  de pelo corto :  $\frac{1}{4}$  de pelo largo; probabilidad de pelo largo =  $\frac{1}{4}$  (25 %). Cuadro:  $LI$ ,  $LI$ ,  $LI$ ,  $ll$ .
2.  $RW \times WW$ :  $RW$  (roano)  $\frac{1}{2}$  y  $WW$  (blanco)  $\frac{1}{2}$ . Cuadro:  $RW$ ,  $WW$ ,  $RW$ ,  $WW$ .
3. Test:  $A$  y  $a$ ; es intermedio.

### Ampliación

1. Respuestas variables por la aleatoriedad. Esperable: con  $n = 10$  la frecuencia de  $aa$  puede estar muy lejos de 0,25 (p. ej., 0,1 o 0,4); con  $n = 100$ , entre 0,18 y 0,32; con  $n = 1000$ , entre 0,22 y 0,28 (desviación típica  $\approx 0,014$ ). La diferencia respecto a 0,25 tiende a disminuir al aumentar  $n$ , pero no se anula.
2. La probabilidad no garantiza el resultado en una familia pequeña: con 4 hijos puede no haber ninguno  $aa$  (probabilidad  $\approx 32$  %) o varios.

### Errores frecuentes

- Escribir como gameto el genotipo completo ( $Aa$ ) en lugar de un solo alelo ( $A$  o  $a$ ).
- Rellenar mal el cuadro de dos genes: olvidar que cada progenitor  $AaBb$  produce cuatro gametos distintos.
- Pensar que la proporción 3 : 1 se cumple exactamente en cada familia o que los hijos anteriores condicionan al siguiente.
- Confundir dominante con «más frecuente» o con «mejor».
- En la herencia ligada al  $X$ , olvidar que el padre transmite el  $Y$  a los hijos varones y el  $X$  a las hijas.
- Escribir  $XdXd$  y  $XDxd$  como si fueran distintos, o escribir genotipos de varón con dos alelos ( $XDXd$ ).

### Criterios para valorar respuestas abiertas

- Valorar el proceso (gametos, cuadro, recuento, probabilidades) por encima del resultado aislado.
- Aceptar tanto fracciones como porcentajes, siempre que estén bien interpretados.
- En las respuestas abiertas, aceptar cualquier justificación que use el vocabulario genético y evite el lenguaje determinista.
- Recordar al alumnado que no debe usar datos genéticos ni sanitarios de personas reales (propias o de su familia): todos los casos son ficticios.

# 07 SITUACIÓN DE APRENDIZAJE

## Cuando el ADN cambia



### PREGUNTA GUÍA

*¿Por qué una mutación puede ser neutra, perjudicial o útil según el contexto?*



**CURSO / NIVEL**  
4.º ESO



**SESIONES**  
7 sesiones · 2.º-3.º trimestre



**COMPETENCIAS ESPECÍFICAS**  
CE1, CE2, CE4



**BLOQUES DE SABERES**  
D · Genética y evolución



**PRODUCTO FINAL**  
Mapa conceptual “Una mutación, muchos niveles” con casos neutral, enfermedad/cáncer a nivel general y adaptación evolutiva.



**CRITERIOS DE EVALUACIÓN**  
1.1, 1.2, 2.1, 2.2, 4.1, 4.2



## Contexto, reto y sentido

Las mutaciones conectan replicación, cáncer, evolución y biodiversidad. La situación evita presentar “mutación” como sinónimo de enfermedad.

### 🎯 Reto

Clasificar mutaciones por sus efectos posibles y construir una explicación causal que conecte ADN, células, organismo y población.

### 📦 Producto final

Mapa conceptual “Una mutación, muchos niveles” con casos neutral, enfermedad/cáncer a nivel general y adaptación evolutiva.

## Vinculación curricular

### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS Y DESCRIPTORES DEL PERFIL DE SALIDA

#### CE1

Interpretar y transmitir información y datos científicos, argumentando sobre ellos y utilizando diferentes formatos, para analizar conceptos y procesos de las ciencias biológicas y geológicas.

CCL1

CCL2

CCL5

STEM4

CD2

CD3

CCEC4

#### CE2

Identificar, localizar y seleccionar información, contrastando su veracidad, organizándola y evaluándola críticamente, para resolver preguntas relacionadas con las ciencias biológicas y geológicas.

CCL3

STEM4

CD1

CD2

CD3

CD4

CD5

CPSAA4

#### CE4

Utilizar el razonamiento y el pensamiento computacional, analizando críticamente las respuestas y soluciones y reformulando el procedimiento, si fuera necesario, para resolver problemas o dar explicación a procesos de la vida cotidiana relacionados con la biología y la geología.

STEM1

STEM2

CD5

CPSAA5

CE1

CE3

CCEC4

### Criterios de evaluación seleccionados

**1.1** Analizar conceptos y procesos biológicos y geológicos interpretando información en diferentes formatos, manteniendo una actitud crítica, obteniendo conclusiones y formando opiniones propias fundamentadas.

**1.2** Transmitir opiniones propias fundamentadas e información sobre Biología y Geología de forma clara y rigurosa, facilitando su comprensión y análisis mediante el uso de la terminología y el formato adecuados.

**2.1** Resolver cuestiones y profundizar en aspectos biológicos y geológicos localizando, seleccionando, organizando y analizando críticamente la información de distintas fuentes y citándolas con respeto por la propiedad intelectual.

**2.2** Contrastar la veracidad de la información sobre temas biológicos y geológicos o trabajos científicos, utilizando fuentes fiables y adoptando una actitud crítica y escéptica hacia informaciones sin base científica.

**4.1** Resolver problemas o dar explicación a procesos biológicos o geológicos utilizando conocimientos, datos e información, razonamiento lógico, pensamiento computacional o recursos digitales.

**4.2** Analizar críticamente la solución a un problema, cambiando los procedimientos utilizados o las conclusiones si no fuese viable o ante nuevos datos.

## Saberes básicos prioritarios

### D

#### Genética y evolución

- Etapas de la expresión génica, características del código genético y resolución de problemas relacionados.
- Relación entre las mutaciones, la replicación del ADN, el cáncer, la evolución y la biodiversidad.
- El proceso evolutivo de las características de una especie a la luz de la teoría neodarwinista y otras teorías con relevancia histórica.



## Objetivos didácticos

- ✓ Explicar mutación como cambio en material genético.
- ✓ Relacionar mutación con replicación y expresión génica.
- ✓ Distinguir mutaciones somáticas y heredables a nivel básico.
- ✓ Comprender que cáncer implica alteraciones celulares acumuladas y múltiples factores.
- ✓ Relacionar mutación y variabilidad sobre la que actúa la evolución.



## Metodología y papel docente

### 🔗 Enfoque metodológico

Aprendizaje basado en retos e indagación guiada, combinando interpretación de información, modelado, experimentación o trabajo de campo cuando procede, resolución de problemas, cooperación y comunicación científica.

### 🎓 Papel del docente

- Presenta el reto.
- Modela procedimientos.
- Garantiza la seguridad.
- Aporta fuentes graduadas.
- Observa.
- Retroalimenta.
- Ayuda a distinguir evidencia.
- Inferencia y opinión.



## Secuencia de sesiones y actividades

- ① Cada sesión genera una **evidencia** que se recoge en las fichas del Anexo 3. En las prácticas, el docente garantiza la seguridad y modela el procedimiento antes de que lo realice el alumnado.

1

### SESIÓN 1

#### Mutación no significa monstruo

Clasificación de afirmaciones y construcción de una definición neutral.

👥 **Agrupamiento:** Parejas/grupos

📄 **Evidencia:** Definición razonada

2

## SESIÓN 2

**De secuencia a efecto**

Aplicación a secuencias sencillas para observar posibles efectos en proteína.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Caso molecular

3

## SESIÓN 3

**¿Se hereda siempre?**

Comparación de mutaciones somáticas y de línea germinal con casos ficticios.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Tabla somática/germinal

4

## SESIÓN 4

**Cáncer: un problema celular complejo**

Modelo general de control del ciclo celular y acumulación de alteraciones, sin diagnosticar.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Mapa causal

5

## SESIÓN 5

**Mutación y biodiversidad**

Caso de resistencia o variación en una población como puente a evolución.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Caso evolutivo

6

## SESIÓN 6

**Bulos genéticos**

Contraste de mensajes deterministas o comerciales con fuentes fiables.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Fact-check

7

## SESIÓN 7

**Mapa multinivel**

Producto final y explicación individual de un caso nuevo.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Mapa final**Recursos, interdisciplinariedad y transversalidad** **Recursos**

Secuencias didácticas

Esquemas de ciclo celular

Casos ficticios

Fuentes científicas

Plantilla multinivel

**Interdisciplinariedad**

Lengua, Matemáticas y Valores.

**Elementos transversales**

No estigmatización de enfermedad, rigor en comunicación de riesgo y pensamiento crítico.

**Alternativa sin dispositivos**

Sustituir herramientas digitales por dosieres impresos y datos preparados. Las prácticas no disponibles pueden convertirse en demostraciones, simulaciones o análisis de datos ya recogidos, manteniendo el razonamiento científico.

**DUA y atención a la diversidad****Implicación**

Metas visibles, elección de formato cuando el criterio lo permita, hitos cortos, roles cooperativos y retroalimentación frecuente.

**Representación**

Texto, fotografía, esquema, modelo, tabla, gráfica, demostración y glosario visual; ejemplos resueltos y materiales de distinta complejidad.

**Acción y expresión**

Informe, modelo, exposición, audio o producto visual cuando sea compatible con el criterio; organizadores y listas de cotejo.

**Medidas específicas en esta SdA**

Casos no personales; textos de dos niveles; modelos visuales; evitar contenidos gráficos; glosario.

**Refuerzo**

Anexo 8

Tres casos claros con cadena causal parcialmente completada.

**Ampliación**

Anexo 9

Investigar un ejemplo de mutación beneficiosa documentada en una población y sus condiciones ambientales.

**Evaluación**

Evaluación continua y formativa: diagnóstico inicial, evidencias durante el proceso, revisión de borradores y valoración final del producto más una evidencia individual. La ponderación debe adaptarse a la normativa autonómica y a los acuerdos del departamento.

FASE 1

**Inicial**

Diagnóstico de ideas previas con la primera ficha del Anexo 3 y la ficha de lanzamiento (Anexo 1).



FASE 2

**Formativa**

Evidencias de cada sesión, revisión de borradores y retroalimentación con la lista de cotejo (Anexo 5).



FASE 3

**Final**

Valoración del producto con la rúbrica (Anexo 6) más una evidencia individual y la reflexión del Anexo 7.

## Criterios, evidencias e instrumentos

| Criterio | Evidencia principal                                                                                                                                                                          | Instrumento                                                |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 1.1      | Interpretación del código genético (F2), de secuencias del gen HBB y de los datos de incidencia de cáncer por edad (F7) para deducir el efecto de una mutación y el papel de la acumulación. | Fichas 2 y 4 / rúbrica y lista de cotejo                   |
| 1.2      | Mapa conceptual multinivel con terminología precisa (génica, cromosómica, somática, germinal, oncogén, gen supresor, frecuencia alélica) y explicación escrita del caso nuevo CCR5-Δ32.      | Mapa final (Anexo 4) y Ficha 7 / rúbrica y lista de cotejo |
| 2.1      | Selección, organización y cita de al menos dos fuentes fiables para documentar los casos del mapa.                                                                                           | Apartado «Fuentes» del mapa / checklist de fiabilidad      |
| 2.2      | Verificación de cinco mensajes deterministas o comerciales sobre genes (F9) con fuentes fiables y veredicto razonado.                                                                        | Ficha 6 «Bulos genéticos» / checklist de fiabilidad        |
| 4.1      | Resolución de casos de mutación: tipo de mutación, efecto en la proteína y si es somática o germinal, con una cadena causal completa.                                                        | Fichas 2 y 3 / escala de valoración                        |
| 4.2      | Revisión de la valoración «beneficiosa o perjudicial» del alelo HbS al cambiar el ambiente (con y sin malaria) y corrección de la propia explicación.                                        | Ficha 5 y revisión del mapa / escala de valoración         |

### ↻ Autoevaluación y coevaluación Anexo 7

El alumnado valora sus aprendizajes, dificultades y aportación al equipo, y revisa el producto de otro equipo con la lista de cotejo antes de la entrega final.

## + Rúbrica del producto final

| Indicador                                       | NIVEL 4<br>Avanzado                                                                                                                                                                         | NIVEL 3<br>Adecuado                                                                            | NIVEL 2<br>En proceso                                                                                                         | NIVEL 1<br>Inicial                                                                       |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Comprensión científica</b>                   | Rigurosa, conectada y con vocabulario preciso.                                                                                                                                              | Correcta en lo esencial.                                                                       | Parcial o con alguna confusión.                                                                                               | Fragmentaria o con errores esenciales.                                                   |
| <b>Uso de evidencias</b>                        | Contrasta fuentes y usa evidencias concretas.                                                                                                                                               | Aporta evidencias suficientes.                                                                 | Evidencias escasas o descriptivas.                                                                                            | Conclusiones sin evidencia suficiente.                                                   |
| <b>Comprensión multinivel de las mutaciones</b> | Encadena sin ayuda los cinco niveles (ADN, proteína, célula, organismo, población) en los tres casos, con flechas y palabras de enlace correctas, y distingue mutación somática y germinal. | Conecta correctamente al menos cuatro niveles en los tres casos; algún enlace es poco preciso. | Describe los casos con niveles sueltos o saltos (de ADN a enfermedad sin pasar por la proteína o la célula); necesita apoyos. | Confunde niveles (gen, proteína, cromosoma) o presenta la mutación solo como enfermedad. |



| Indicador                                               | NIVEL 4<br>Avanzado                                                                                                                                                                            | NIVEL 3<br>Adecuado                                                                                                                                 | NIVEL 2<br>En proceso                                                                                                           | NIVEL 1<br>Inicial                                                                         |
|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Rigor al relacionar mutación, cáncer y evolución</b> | Explica el cáncer como acumulación de mutaciones somáticas en genes de control del ciclo y la adaptación como selección de variantes que surgen al azar; evita el determinismo y el finalismo. | Relaciona correctamente cáncer y evolución con mutación, con alguna imprecisión menor (p. ej., no menciona la acumulación o el papel del ambiente). | Mezcla ideas correctas con expresiones deterministas («si tienes el gen, tendrás cáncer») o finalistas («muta para adaptarse»). | Atribuye el cáncer a una sola causa o afirma que los organismos mutan porque lo necesitan. |
| <b>Comunicación y producto</b>                          | Claro, preciso y responde plenamente al reto.                                                                                                                                                  | Claro y responde adecuadamente.                                                                                                                     | Cumple parcialmente o necesita mejorar.                                                                                         | Incompleto o no responde al reto.                                                          |



## Variantes de aplicación

### ↗ Versión abreviada

Trabajar con fuentes/datos cerrados y un producto de una página o modelo único.

### ↘ Versión ampliada

Añadir laboratorio/campo, comparación de casos, mayor tratamiento de datos y una fase pública de comunicación científica.

## Ficha de lanzamiento del reto

SdA 7 · Cuando el ADN cambia

ALUMNADO

En las películas, una mutación convierte a alguien en superhéroe o en monstruo. En la realidad, cada uno de vosotros nació con unas 50-100 mutaciones nuevas que no tenían vuestros padres, y casi todas pasan desapercibidas. Algunas causan enfermedades como la anemia falciforme; otras, acumuladas durante años en una célula, contribuyen al cáncer; y otras han ayudado a poblaciones enteras a sobrevivir a la malaria. ¿Cómo puede un mismo fenómeno ser neutro, perjudicial o útil? Vuestro reto: seguir una mutación desde el ADN hasta la población y construir un mapa conceptual que lo explique nivel a nivel.

“¿Por qué una mutación puede ser neutra, perjudicial o útil según el contexto?”

### 🎯 Vuestro reto

Clasificar mutaciones por sus efectos posibles y construir una explicación causal que conecte ADN, células, organismo y población.

### 📦 Lo que vais a producir

Mapa conceptual “Una mutación, muchos niveles” con casos neutral, enfermedad/cáncer a nivel general y adaptación evolutiva.

### 📍 Hoja de ruta · 7 sesiones

- 1 Desmontamos mitos y construimos una definición neutral de mutación.
- 2 Transcribimos y traducimos secuencias reales para ver cómo cambia la proteína.
- 3 Distinguimos mutaciones somáticas y germinales: ¿cuáles pasan a los hijos?
- 4 Modelamos el cáncer como acumulación de alteraciones en el control del ciclo celular.
- 5 Relacionamos mutación, ambiente y frecuencia de un alelo en una población.
- 6 Contrastamos bulos genéticos con fuentes fiables.
- 7 Construimos el mapa «Una mutación, muchos niveles» y explicamos un caso nuevo.

### 📖 Al terminar seré capaz de...

- ✓ Explicar mutación como cambio en material genético.
- ✓ Relacionar mutación con replicación y expresión génica.
- ✓ Distinguir mutaciones somáticas y heredables a nivel básico.
- ✓ Comprender que cáncer implica alteraciones celulares acumuladas y múltiples factores.
- ✓ Relacionar mutación y variabilidad sobre la que actúa la evolución.

### 📝 ¿Cómo me evaluarán?

Con la rúbrica del producto final (Anexo 6), la lista de cotejo (Anexo 5) y una reflexión personal (Anexo 7). ¡Revisadlas antes de empezar!

Materiales para seguir una mutación desde el ADN hasta la población: definición y tipos, código genético, casos de enfermedad, modelo de cáncer, datos de incidencia, un caso de adaptación y mensajes para verificar.

### F1 ¿Qué es una mutación?

TEXTO

Una **mutación** es un cambio en la secuencia del material genético (ADN) de una célula. No es un «defecto» ni un «monstruo»: es un cambio, y su efecto depende de **dónde** ocurre (en qué gen o región), **en qué célula y en qué ambiente** vive el organismo. La mayoría son **neutras**: no cambian la proteína o afectan a regiones sin función conocida.

#### ¿Por qué se producen?

- **Espontáneamente**, por errores al copiar el ADN durante la replicación. La ADN polimerasa corrige casi todos sus errores, pero queda en torno a un error por cada mil millones de nucleótidos copiados. Cada persona nace con unas 50-100 mutaciones nuevas que no estaban en sus padres.
- Por **agentes mutágenos**: **físicos** (radiación ultravioleta, rayos X, radiación gamma), **químicos** (sustancias del humo del tabaco, algunos contaminantes) y **biológicos** (algunos virus, como el del papiloma humano o el de la hepatitis B).

#### Según su extensión:

- **Génicas o puntuales**: afectan a uno o pocos nucleótidos de un gen (sustitución, inserción o delección).
- **Cromosómicas o estructurales**: cambian la estructura de un cromosoma (delección, duplicación, inversión o translocación de un fragmento).
- **Genómicas o numéricas**: cambian el número de cromosomas, como la trisomía 21 (47 cromosomas en lugar de 46).

#### Según la célula afectada:

- **Somáticas**: en células del cuerpo (piel, pulmón, sangre...). Afectan solo a ese individuo y a las células que descienden de la célula mutada; **no pasan a los hijos**.
- **Germinales**: en las células que originan los gametos (óvulos y espermatozoides). **Pueden transmitirse** a la descendencia y aparecer en todas sus células.

Fuente: Elaboración propia a partir del glosario genómico del NHGRI (National Human Genome Research Institute, EE. UU.) y de las estimaciones de la tasa de mutación humana de Kong et al. (Nature, 2012).

**F2 El código genético (codones del ARNm)**

ESQUEMA

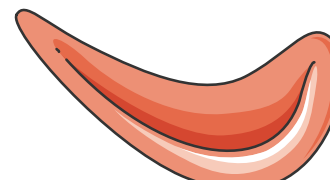
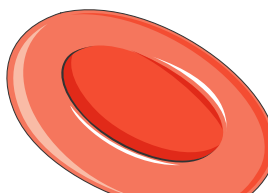
|              |   | Segunda base |         |            |            |
|--------------|---|--------------|---------|------------|------------|
|              |   | U            | C       | A          | G          |
| Primera base | U | UUU Phe      | UCU Ser | UAU Tyr    | UGU Cys    |
|              |   | UUC Phe      | UCC Ser | UAC Tyr    | UGC Cys    |
|              |   | UUA Leu      | UCA Ser | UAA Parada | UGA Parada |
|              |   | UUG Leu      | UCG Ser | UAG Parada | UGG Trp    |
|              | C | CUU Leu      | CCU Pro | CAU His    | CGU Arg    |
|              |   | CUC Leu      | CCC Pro | CAC His    | CGC Arg    |
|              |   | CUA Leu      | CCA Pro | CAA Gln    | CGA Arg    |
|              |   | CUG Leu      | CCG Pro | CAG Gln    | CGG Arg    |
|              | A | AUU Ile      | ACU Thr | AAU Asn    | AGU Ser    |
|              |   | AUC Ile      | ACC Thr | AAC Asn    | AGC Ser    |
|              |   | AUA Ile      | ACA Thr | AAA Lys    | AGA Arg    |
|              |   | AUG Met      | ACG Thr | AAG Lys    | AGG Arg    |
|              | G | GUU Val      | GCU Ala | GAU Asp    | GGU Gly    |
|              |   | GUC Val      | GCC Ala | GAC Asp    | GGC Gly    |
|              |   | GUA Val      | GCA Ala | GAA Glu    | GGA Gly    |
|              |   | GUG Val      | GCG Ala | GAG Glu    | GGG Gly    |

Fuente: Esquema de elaboración propia a partir del código genético estándar.

- 🔍 AUG codifica metionina y es la señal de inicio. UAA, UAG y UGA son codones de parada. Varios codones pueden codificar el mismo aminoácido: el código es degenerado.

**F3 Anemia falciforme y fibrosis quística: dos mutaciones génicas**

ILUSTRACIÓN



Glóbulo rojo normal: disco bicóncavo y flexible que pasa por los capilares. Glóbulo rojo falciforme: rígido, en forma de hoz; puede obstruir capilares.

**Anemia falciforme.** La hemoglobina transporta el oxígeno dentro de los glóbulos rojos. En el gen **HBB** (cromosoma 11), que codifica la cadena beta de la hemoglobina, un solo nucleótido cambia: el codón **GAG** pasa a ser **GTG** en la hebra codificante. La proteína lleva **valina** en lugar de **ácido glutámico** en la posición 6. Esa hemoglobina (HbS) se agrupa en fibras cuando hay poco oxígeno y deforma el glóbulo rojo. Las personas con dos copias del alelo (SS) tienen anemia falciforme: anemia, crisis de dolor y más infecciones. Las personas con una copia (AS, portadoras) suelen estar sanas. Hoy existen tratamientos eficaces y, desde 2023-2024, terapias de edición genética aprobadas en EE. UU. y Europa.

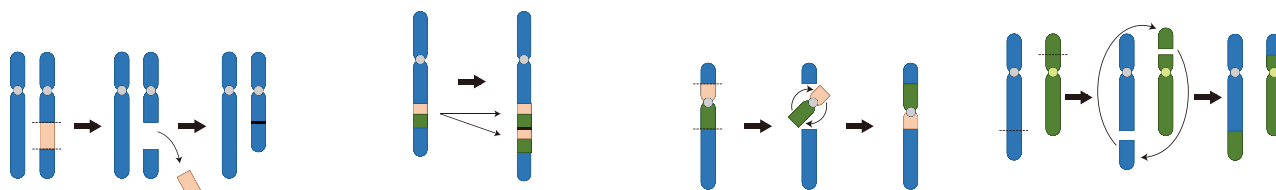
**Fibrosis quística.** La causan mutaciones en el gen **CFTR** (cromosoma 7), que codifica un canal de cloruro de las membranas. La mutación más frecuente, **F508del**, elimina tres nucleótidos: la proteína pierde un solo aminoácido (la fenilalanina 508), se pliega mal y casi no llega a la membrana. Las secreciones de pulmones y páncreas se vuelven espesas. En España afecta aproximadamente a 1 de cada 5000 recién nacidos.

Fuente: Ilustraciones: Servier Medical Art (CC BY 3.0). Texto de elaboración propia a partir de MedlinePlus Genetics (NIH), OMS y Federación Española de Fibrosis Quística.

- 🔍 Las dos son enfermedades hereditarias recesivas: hacen falta dos alelos mutados para padecerlas.

## F4 Mutaciones cromosómicas (estructurales)

ILUSTRACIÓN

**Delección:** se pierde un fragmento.**Duplicación:** un fragmento se repite.**Inversión:** un fragmento gira 180°.**Translocación:** un fragmento pasa a otro cromosoma.

**Mutaciones genómicas (numéricas).** Cambian el número de cromosomas, casi siempre por un error en el reparto de los cromosomas durante la meiosis. Ejemplos: **trisomía 21** o síndrome de Down (47 cromosomas, con tres cromosomas 21) y **monosomía X** o síndrome de Turner (45 cromosomas). En plantas son frecuentes las **poliploidías** (juegos completos de cromosomas de más): el trigo harinero tiene seis juegos.

Algunas mutaciones cromosómicas aparecen solo en células somáticas: la translocación entre los cromosomas 9 y 22 (**cromosoma Filadelfia**) está en las células de la leucemia mieloide crónica, pero no en el resto del cuerpo.

Fuente: Ilustraciones: DBCLS / Bioicons (CC BY 4.0).

## F5 Cinco casos: ¿dónde ocurrió la mutación?

DATOS

| Caso | Qué ocurre                                                                                                                 | Dato clave                                                                                                                                 |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1    | Una persona de 60 años que ha tomado mucho el sol sin protección tiene un lunar que ha cambiado de forma.                  | Las células del lunar tienen una mutación en el gen BRAF que no aparece en sus células de la sangre.                                       |
| 2    | Una pareja sin la condición tiene un hijo con acondroplasia (un tipo de talla baja).                                       | El hijo tiene una mutación nueva en el gen FGFR3 que no está en las células de ninguno de los padres. Cerca del 80 % de los casos son así. |
| 3    | Dos personas sanas tienen una hija con fibrosis quística.                                                                  | Los dos progenitores tienen, en todas sus células, una copia mutada del gen CFTR y otra normal.                                            |
| 4    | Un adulto tiene leucemia mieloide crónica.                                                                                 | Sus células de la médula ósea tienen el cromosoma Filadelfia; las de su piel tienen cromosomas normales.                                   |
| 5    | Una persona recibe radioterapia en el pecho y pregunta si sus futuros hijos heredarán los cambios del ADN de esas células. | La radiación se dirige solo a la zona tratada; los ovarios y testículos se protegen.                                                       |

Fuente: Casos ficticios creados para el aula a partir de situaciones descritas en MedlinePlus Genetics (NIH). Las personas no son reales.

**F6 El cáncer: un problema de control celular que se acumula**

ESQUEMA

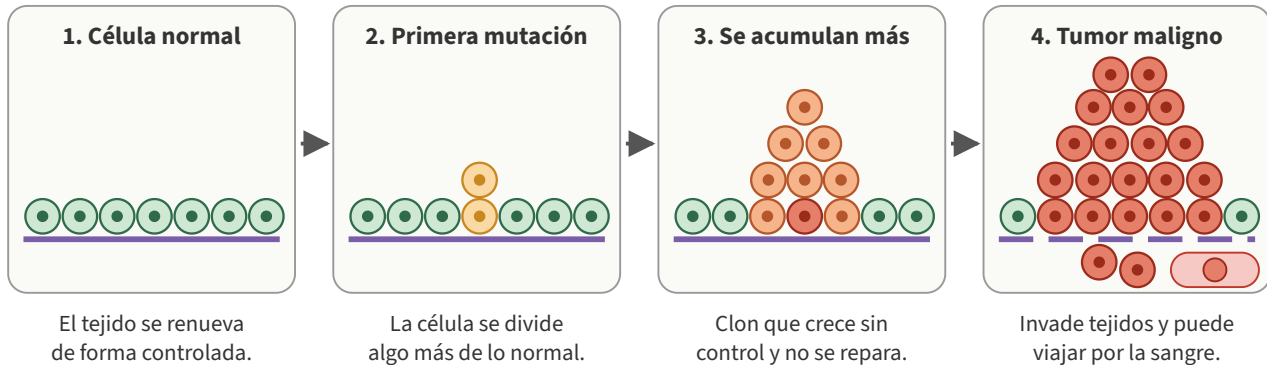
**Protooncogenes = «acelerador»**

Dan la orden de dividirse cuando el cuerpo lo necesita (crecimiento, reparar una herida).  
Si mutan → oncogén: acelerador «pisado» siempre.

**Genes supresores = «frenos»**

Detienen el ciclo, reparan el ADN o activan la muerte celular programada (apoptosis). Ej.: TP53.  
Si mutan → freno roto: la célula dañada sigue.

Proceso de muchos años · cada paso necesita nuevas alteraciones · línea morada = membrana basal del tejido

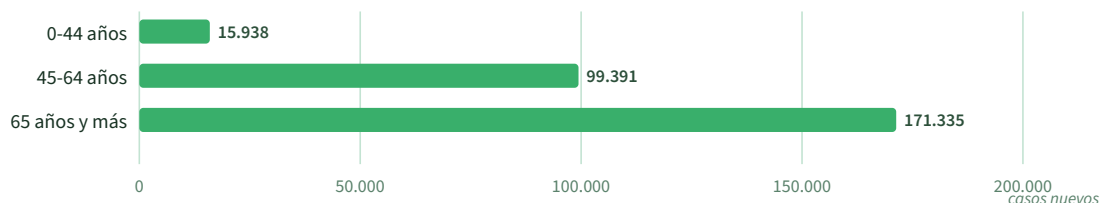


Fuente: Esquema de elaboración propia a partir del modelo de carcinogénesis en varias etapas (Instituto Nacional del Cáncer de EE. UU., NCI).

🔍 El cáncer no es una sola enfermedad ni tiene una sola causa: hacen falta varias alteraciones en la misma célula. Solo entre el 5 % y el 10 % de los cánceres se relacionan con una mutación germinal heredada (NCI).

**F7 Nuevos casos de cáncer estimados en España en 2024, por edad**

GRÁFICO



Fuente: REDECAN (Red Española de Registros de Cáncer), Estimaciones de la incidencia del cáncer en España, 2024. Población redondeada a partir del INE (1 de enero de 2024).

🔍 Total: 286 664 casos. Población aproximada de cada grupo: 0-44 años ≈ 24,5 millones; 45-64 años ≈ 14,3 millones; 65 años y más ≈ 9,9 millones. Para comparar grupos de distinto tamaño hay que calcular tasas.

**F8 Una mutación, dos ambientes: la hemoglobina S y la malaria**

ESTUDIO DE CASO

La **malaria** (paludismo) la causa un protozoo, *Plasmodium falciparum*, que transmiten los mosquitos *Anopheles* y que se multiplica dentro de los glóbulos rojos. En 2023 hubo unos 263 millones de casos y 597 000 muertes en el mundo, la mayoría niños pequeños de África (OMS, 2024).

En los años cincuenta, el médico Anthony Allison observó que el alelo **HbS** era mucho más frecuente en las regiones africanas con malaria. En algunas de esas zonas, entre el 10 % y el 40 % de la población es portadora (**AS**). Las personas portadoras rara vez desarrollan malaria grave: su riesgo se reduce en torno a un 90 %. Las personas **AA** no tienen esa protección, y las **SS** padecen anemia falciforme.

Resultado: donde hay malaria, los portadores sobreviven y tienen hijos con más frecuencia, y el alelo se mantiene en la población generación tras generación. Donde no hay malaria, el alelo no aporta ventaja y suele ser poco frecuente.

La mutación **no apareció para proteger** de la malaria: surgió por azar, como cualquier otra. Fue el ambiente el que hizo que los portadores dejaran más descendencia.

*Fuente: Elaboración propia a partir del Informe mundial sobre la malaria 2024 (OMS), de los trabajos de A. C. Allison (1954) y de revisiones posteriores sobre HbS y malaria.*

🔍 ¿Es la mutación HbS «buena» o «mala»? Antes de responder, pregunta: ¿en qué ambiente?, ¿con una copia o con dos?

**F9 Cinco mensajes sobre genes que circulan por redes**

NOTICIA

- 1. «¿Cáncer en la familia? Entonces tú también lo tendrás: está en tus genes.»
- 2. «Kit de ADN por 79 €: descubre con una muestra de saliva tu dieta perfecta y tu talento deportivo. ¡Resultados 100 % personalizados!»
- 3. «Las mutaciones siempre son malas: por eso la evolución intenta evitarlas.»
- 4. «La wifi y el 5G rompen tu ADN y provocan mutaciones.»
- 5. «Comer alimentos transgénicos cambia tus genes.»

*Fuente: Mensajes ficticios creados para el aula que imitan publicaciones y anuncios habituales. Para contrastarlos: AECC, SEOM, Instituto Nacional del Cáncer de EE. UU. (cancer.gov/espanol), MedlinePlus en español y OMS.*

🔍 Recuerda las cinco preguntas de fiabilidad: ¿quién lo dice?, ¿en qué se basa?, ¿es reciente?, ¿coincide con otras fuentes?, ¿cómo está escrito?

## FICHA 1

## Mutación no significa monstruo

## Sesión 1

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Usa F1 y F4. Al final de la sesión tendréis vuestra propia definición de mutación.

## 1 Diagnóstico inicial. Marca la opción correcta.

Una mutación es...

- ☐ una enfermedad    ☐ un cambio en la secuencia del ADN    ☐ un ser vivo deforme

La información de un gen llega a la proteína gracias a...

- ☐ la transcripción a ARNm y la traducción en los ribosomas    ☐ la meiosis    ☐ los lípidos de la membrana

Un codón es...

- ☐ un gen completo    ☐ un triplete de nucleótidos del ARNm    ☐ un cromosoma

Las mutaciones que pueden pasar a los hijos son las que ocurren en...

- ☐ cualquier célula del cuerpo    ☐ las células de la piel    ☐ las células que originan los gametos

## 2 Verdadero o falso. Corrige en tu cuaderno las falsas.

|                                                                          | V                        | F                        |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Todas las mutaciones causan enfermedades.                                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Cada persona nace con mutaciones nuevas que no tenían sus padres.        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| La radiación ultravioleta del sol es un agente mutágeno.                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Si una mutación ocurre en una célula de la piel, la heredarán los hijos. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Sin mutaciones no existirían los distintos alelos de un gen.             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Las mutaciones aparecen porque el organismo las necesita para adaptarse. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

## 3 Relaciona cada cambio con su tipo de mutación (F1 y F4).

1 Se sustituye un nucleótido por otro ●

● a Mutación genómica (trisomía)

2 Se pierde un fragmento de un cromosoma ●

● b Inversión

3 Un fragmento pasa a otro cromosoma ●

● c Mutación génica puntual

4 Hay un cromosoma de más (47) ●

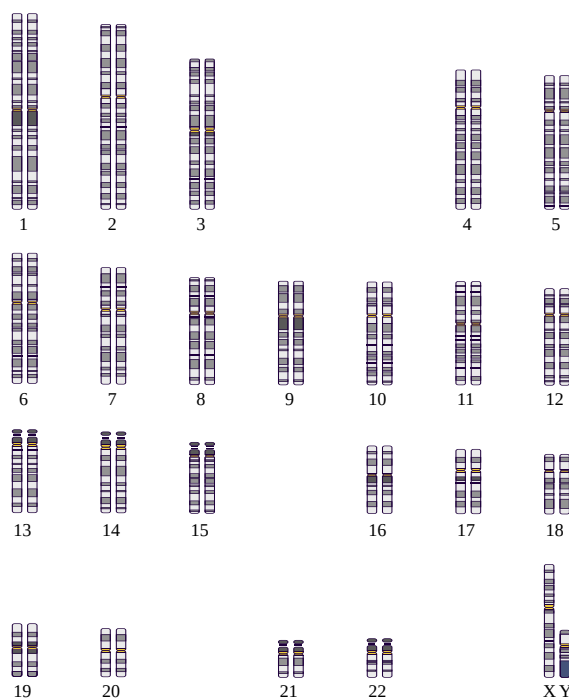
● d Translocación

5 Un fragmento de cromosoma gira 180° ●

● e Deleción cromosómica



4 Este cariotipo humano no tiene alteraciones. ¿Cuántos cromosomas tiene y de qué sexo cromosómico es? Rodea el par que cambiaría en el síndrome de Down y explica qué cambio sería. Después, escribid vuestra definición de mutación sin usar las palabras «defecto», «malo» ni «monstruo».



Cariotipo humano (DBCLS, CC BY 4.0).

---

---

---

---

---

---

---

---

## FICHA 2 De secuencia a efecto

## Sesión 2

Usa el código genético (F2) y F3. Las secuencias corresponden al inicio real del gen HBB (beta-globina). El ARNm es complementario a la hebra molde y lleva U en lugar de T.

- 1 Transcribe y traduce la secuencia normal y las cuatro versiones mutadas (A-D). Rodea en cada versión lo que ha cambiado respecto a la normal.

| Versión | ADN molde (3' → 5')                 | ARNm (5' → 3') | Proteína |
|---------|-------------------------------------|----------------|----------|
| Normal  | TAC CAC GTA GAC TGA GGA CTC CTC TTC |                |          |
| A       | TAC CAC GTA GAC TGA GGA CTC CTT TTC |                |          |
| B       | TAC CAC GTA GAC TGA GGA CAC CTC TTC |                |          |
| C       | TAC CAC GTA GAC TGA GGA CTC CTC ATC |                |          |
| D       | TAC CAC TAG ACT GAG GAC TCC TCT TC  |                |          |

- 2 Clasifica cada mutación: silenciosa, de cambio de sentido, sin sentido (aparece un codón de parada) o de desplazamiento del marco de lectura.

| Versión | Tipo de mutación | Efecto probable en la proteína |
|---------|------------------|--------------------------------|
| A       |                  |                                |
| B       |                  |                                |
| C       |                  |                                |
| D       |                  |                                |

- 3 La versión B es la mutación real de la anemia falciforme (F3). Explica, nivel a nivel, por qué cambiar uno solo de los 146 aminoácidos de la cadena beta puede afectar a todo el organismo. (La metionina inicial se elimina después de la traducción; por eso el aminoácido cambiado se numera como posición 6.)

---



---



---



---



---

- 4 La mutación F508del de la fibrosis quística elimina tres nucleótidos seguidos. ¿Por qué no desplaza el marco de lectura? ¿Por qué puede ser grave aunque solo falte un aminoácido?

---



---



---

Lee los casos de F5 y repasa en F1 la diferencia entre mutaciones somáticas y germinales.

### 1 Analiza los cinco casos.

| Caso | ¿Somática o germinal? | ¿Puede pasar a los hijos de la persona afectada? ¿Por qué? |
|------|-----------------------|------------------------------------------------------------|
| 1    |                       |                                                            |
| 2    |                       |                                                            |
| 3    |                       |                                                            |
| 4    |                       |                                                            |
| 5    |                       |                                                            |

### 2 Marca la opción correcta.

Las mutaciones que la radiación produce en las células del pulmón...

- ☐ pasarán a todos los hijos    ☐ afectan solo a esas células y a sus descendientes    ☐ cambian el ADN de todo el cuerpo

Una mutación germinal nueva (de novo) aparece...

- ☐ en todas las células de los padres    ☐ en un óvulo o un espermatozoide concreto    ☐ por el estilo de vida del hijo

En un tumor, la mayoría de las mutaciones son...

- ☐ somáticas, acumuladas en las células del tumor    ☐ germinales, heredadas de los padres  
☐ contagiadas por otra persona

### 3 Dibuja un árbol de divisiones celulares que muestre por qué una mutación en el cigoto aparece en todas las células del cuerpo (incluidos los gametos), mientras que una mutación en una célula de la piel adulta aparece solo en una zona.

FICHA 4 **Cáncer: un problema celular complejo**

Sesión 4

Usa F6 y F7. Trabajamos un modelo general; no se trata de diagnosticar a nadie. Si algo te preocupa sobre tu salud o la de tu familia, habla con tu familia o con tu centro de salud.

1 **Completa el modelo.**

Las células se dividen cuando lo indican los genes llamados \_\_\_\_\_, que actúan como un acelerador. Los genes \_\_\_\_\_ de tumores, como TP53, frenan el ciclo, reparan el ADN o activan la \_\_\_\_\_. Cuando un protooncógeno muta y queda siempre activo pasa a llamarse \_\_\_\_\_. Un cáncer aparece cuando en una misma célula se \_\_\_\_\_ varias mutaciones a lo largo de muchos \_\_\_\_\_, y sus células descendientes se dividen sin control e \_\_\_\_\_ otros tejidos.

2 **Con los datos de F7, calcula la tasa de casos nuevos por cada 100 000 habitantes ( $\text{casos} \div \text{población} \times 100\,000$ ) y represéntala con barras. ¿Cuántas veces mayor es la tasa a partir de 65 años que antes de 45?**

| Grupo de edad | Casos nuevos (2024) | Población     | Tasa por 100 000 hab. |
|---------------|---------------------|---------------|-----------------------|
| 0-44 años     | 15 938              | 24,5 millones |                       |
| 45-64 años    | 99 391              | 14,3 millones |                       |
| 65 años y más | 171 335             | 9,9 millones  |                       |



3 **Explica con el modelo de F6 por qué el riesgo de cáncer aumenta tanto con la edad. Usa las palabras «acumulación», «mutación somática» y «división celular».**

#### 4 Analiza estos factores del Código Europeo contra el Cáncer y otros datos de F6.

| Factor                              | ¿Cómo se relaciona con las mutaciones? | ¿Se puede reducir? ¿Cómo? |
|-------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------|
| Tabaco                              |                                        |                           |
| Sol sin protección                  |                                        |                           |
| Virus del papiloma humano (VPH)     |                                        |                           |
| Alcohol                             |                                        |                           |
| Edad                                |                                        |                           |
| Mutación germinal heredada en BRCA1 |                                        |                           |

### FICHA 5 Mutación y biodiversidad

Sesión 5

Lee F3 y F8. La pregunta clave no es «¿la mutación es buena o mala?», sino «¿en qué ambiente y con cuántas copias?».

#### 1 Completa con «ventaja», «desventaja» o «sin efecto importante» y explica brevemente por qué.

| Genotipo      | Ambiente con malaria | Ambiente sin malaria |
|---------------|----------------------|----------------------|
| AA (sin HbS)  |                      |                      |
| AS (portador) |                      |                      |
| SS            |                      |                      |

#### 2 Datos ilustrativos de una población modelo en una zona con malaria. Porcentaje de portadores (AS): generación 1, 2 %; generación 5, 8 %; generación 10, 15 %; generación 15, 20 %; generación 20, 22 %. Representalos y explica por qué la frecuencia aumenta y por qué no llega al 100 %.



- 3 Nuevos datos: imagina que la malaria desaparece de esa región. ¿Qué ocurriría con la frecuencia del alelo HbS a lo largo de muchas generaciones? Revisa tu respuesta de la tarea 1: ¿cambia alguna casilla? Corrígela con otro color.

---



---



---



---

- 4 Completa la idea clave.

Las mutaciones aparecen por \_\_\_\_\_, no porque el organismo las necesite. El \_\_\_\_\_ determina qué variantes dejan más descendencia. Así, la frecuencia de un alelo en una \_\_\_\_\_ puede cambiar de una generación a otra. Las mutaciones son la fuente última de \_\_\_\_\_ genética sobre la que actúa la evolución.

## FICHA 6

## Bulos genéticos

Sesión 6

Usa F9 y las fuentes fiables que se indican en su procedencia. Anota siempre qué fuente has consultado.

- 1 Verifica los cinco mensajes.

| Mensaje | ¿Qué dice la ciencia? | Fuente fiable consultada | Veredicto: falso, engañoso o cierto con matices |
|---------|-----------------------|--------------------------|-------------------------------------------------|
| 1       |                       |                          |                                                 |
| 2       |                       |                          |                                                 |
| 3       |                       |                          |                                                 |
| 4       |                       |                          |                                                 |
| 5       |                       |                          |                                                 |

- 2 Marca las señales de alarma que encuentras en el mensaje 2.

- ☐ Vende un producto
- ☐ Promete resultados exactos o «100 %»
- ☐ No cita estudios ni expertos identificables
- ☐ Trata un rasgo complejo como si dependiera de un solo gen
- ☐ Olvida la influencia del ambiente
- ☐ Usa un tono alarmista o milagroso

3

Reescribe el mensaje 1 para que sea científicamente correcto y no genere miedo. Usa la expresión «aumenta el riesgo».

---

---

---

---

## FICHA 7

## Mapa multinivel y caso nuevo

## Sesión 7

Nombre:

Curso/grupo:

Fecha:

*Primero organizad los tres casos del mapa; después, cada persona resuelve el caso nuevo de forma individual.*

**1** Organiza tus tres casos por niveles antes de dibujar el mapa (Anexo 4).

| Nivel     | Caso neutral | Caso de enfermedad o cáncer | Caso de adaptación |
|-----------|--------------|-----------------------------|--------------------|
| ADN       |              |                             |                    |
| Proteína  |              |                             |                    |
| Célula    |              |                             |                    |
| Organismo |              |                             |                    |
| Población |              |                             |                    |

**2** Evidencia individual. Caso nuevo: el gen CCR5 codifica una proteína de la membrana de algunos glóbulos blancos que el VIH usa como «puerta» para entrar. La variante CCR5-Δ32 tiene una delección de 32 pares de bases. Las personas con dos copias son muy resistentes a la mayoría de cepas del VIH. En el norte de Europa, cerca del 10 % de las copias de este gen son Δ32; en África y Asia oriental es muy rara. Algunos estudios la relacionan con formas más graves de la infección por el virus del Nilo Occidental. a) ¿Qué tipo de mutación es y por qué la proteína deja de funcionar? (Pista: ¿es 32 múltiplo de 3?) b) Explica su efecto en los niveles célula, organismo y población. c) ¿Es beneficiosa o perjudicial? Argumenta según el contexto.



# Plantilla del producto final

SdA 7 · Cuando el ADN cambia

ALUMNADO

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Mapa conceptual en A3 o cartulina. Cada concepto en un recuadro; cada flecha con una palabra de enlace (causa, produce, depende de, se hereda si...). Usad un color por rama.

## Título y autores

## Centro del mapa: ¿qué es una mutación?

Definición neutral, causas (errores de replicación, agentes mutágenos) y tipos (génica, cromosómica, genómica).

## Mapa: ADN → proteína → célula → organismo → población

Tres ramas: caso neutral, caso de enfermedad o cáncer y caso de adaptación. Indicad en cada rama si la mutación es somática o germinal.

## El contexto decide

Un ejemplo de mutación cuyo efecto cambia según el ambiente.

## Errores que hemos evitado

Determinismo, finalismo, «mutación = enfermedad».

## Conclusiones y limitaciones

## Fuentes consultadas

Al menos dos, citadas (autor u organismo, título, año).

## Lista de cotejo para el proceso y la entrega

SdA 7 · Cuando el ADN cambia

ALUMNADO

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Antes de entregar **Mapa conceptual “Una mutación, muchos niveles” con casos neutral, enfermedad/cáncer a nivel general y adaptación evolutiva.**, comprueba cada punto y marca la casilla. Si alguno falla, todavía estás a tiempo de mejorarlo.

### Contenido del producto

- ☐ La definición de mutación es neutral (cambio en el ADN) e incluye causas y tipos.
- ☐ Aparecen los tres casos: neutral, enfermedad o cáncer, y adaptación.
- ☐ Cada rama recorre los niveles ADN, proteína, célula, organismo y población sin saltos.
- ☐ Las flechas llevan palabras de enlace correctas.
- ☐ Se indica si cada mutación es somática o germinal y si se puede heredar.
- ☐ El cáncer se presenta como acumulación de varias alteraciones, no como una causa única.
- ☐ La adaptación se explica sin finalismo: la mutación surge al azar y el ambiente selecciona.
- ☐ No hay expresiones estigmatizantes ni deterministas («tiene el gen de...»).
- ☐ Se citan al menos dos fuentes fiables.

### Calidad y rigor

- ☐ He utilizado vocabulario específico de la materia y lo he explicado cuando era necesario.
- ☐ He apoyado mis afirmaciones con evidencias (datos, citas, mapas o ejemplos concretos).
- ☐ He citado o identificado todas las fuentes utilizadas.
- ☐ He revisado la ortografía, la presentación y el orden del producto.
- ☐ He incorporado las mejoras propuestas en la coevaluación o por el docente.

#### Lo que más me ha costado

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

#### Firma del equipo / fecha de entrega

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Rúbrica imprimible

SdA 7 · Cuando el ADN cambia

ALUMNADO · DOCENTE

Nombre:

Curso/grupo:

Fecha:

Rúbrica para valorar **Mapa conceptual “Una mutación, muchos niveles” con casos neutral, enfermedad/cáncer a nivel general y adaptación evolutiva..** Marca el nivel alcanzado en cada indicador.

| Indicador                                               | NIVEL 4<br>Avanzado                                                                                                                                                                            | NIVEL 3<br>Adecuado                                                                                                                                 | NIVEL 2<br>En proceso                                                                                                           | NIVEL 1<br>Inicial                                                                         | Nivel |
|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>Comprensión científica</b>                           | Rigurosa, conectada y con vocabulario preciso.                                                                                                                                                 | Correcta en lo esencial.                                                                                                                            | Parcial o con alguna confusión.                                                                                                 | Fragmentaria o con errores esenciales.                                                     |       |
| <b>Uso de evidencias</b>                                | Contrasta fuentes y usa evidencias concretas.                                                                                                                                                  | Aporta evidencias suficientes.                                                                                                                      | Evidencias escasas o descriptivas.                                                                                              | Conclusiones sin evidencia suficiente.                                                     |       |
| <b>Comprensión multinivel de las mutaciones</b>         | Encadena sin ayuda los cinco niveles (ADN, proteína, célula, organismo, población) en los tres casos, con flechas y palabras de enlace correctas, y distingue mutación somática y germinal.    | Conecta correctamente al menos cuatro niveles en los tres casos; algún enlace es poco preciso.                                                      | Describe los casos con niveles sueltos o saltos (de ADN a enfermedad sin pasar por la proteína o la célula); necesita apoyos.   | Confunde niveles (gen, proteína, cromosoma) o presenta la mutación solo como enfermedad.   |       |
| <b>Rigor al relacionar mutación, cáncer y evolución</b> | Explica el cáncer como acumulación de mutaciones somáticas en genes de control del ciclo y la adaptación como selección de variantes que surgen al azar; evita el determinismo y el finalismo. | Relaciona correctamente cáncer y evolución con mutación, con alguna imprecisión menor (p. ej., no menciona la acumulación o el papel del ambiente). | Mezcla ideas correctas con expresiones deterministas («si tienes el gen, tendrás cáncer») o finalistas («muta para adaptarse»). | Atribuye el cáncer a una sola causa o afirma que los organismos mutan porque lo necesitan. |       |
| <b>Comunicación y producto</b>                          | Claro, preciso y responde plenamente al reto.                                                                                                                                                  | Claro y responde adecuadamente.                                                                                                                     | Cumple parcialmente o necesita mejorar.                                                                                         | Incompleto o no responde al reto.                                                          |       |

## Observaciones del docente

---



---



---

## Valoración global

---



---



---

**Autoevaluación y coevaluación**

SdA 7 · Cuando el ADN cambia

ALUMNADO

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

**Parte 1 · Autoevaluación**

| Afirmación                                                                                     | Aún no                | Con ayuda             | Bien                  | Muy bien              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Sé predecir el efecto de una mutación puntual en la proteína usando el código genético.        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Sé explicar por qué una misma mutación puede ser neutra, perjudicial o útil según el contexto. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| He cumplido mi rol y mis tareas dentro del equipo.                                             | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| He escuchado y tenido en cuenta las ideas de los demás.                                        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| He usado fuentes y evidencias para justificar mis ideas.                                       | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| He revisado y mejorado mi trabajo a partir de la retroalimentación.                            | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

**Dos aprendizajes que he logrado**


---



---



---

**Una dificultad que he tenido**


---



---



---

**Una mejora que haré la próxima vez**


---



---

**Parte 2 · Coevaluación de otro equipo****Equipo evaluado:** \_\_\_\_\_**Fortaleza 1**


---



---

**Fortaleza 2**


---



---

**Propuesta de mejora**


---



---

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Trabajarás con tres casos claros. En cada uno, la cadena causal está empezada: complétala nivel a nivel.

### 📖 Glosario visual

**Gen** → trozo de ADN con instrucciones para una proteína. **Mutación** → cambio en el ADN. **Alelo** → cada versión de un gen. **Somática** → en células del cuerpo, no se hereda. **Germinal** → en células que forman gametos, se puede heredar. **Mutágeno** → agente que aumenta las mutaciones (rayos UV, tabaco...). **Oncogén** → «acelerador» de la división que se ha quedado pisado. **Gen supresor** → «freno» de la división.

### 📖 Ejemplo modelado: anemia falciforme

**ADN:** en el gen HBB, GAG cambia a GTG → **Proteína:** la hemoglobina lleva valina en vez de ácido glutámico → **Célula:** con poco oxígeno, la hemoglobina forma fibras y el glóbulo rojo toma forma de hoz → **Organismo:** con dos copias (SS), anemia y dolor; con una copia (AS), casi sin síntomas → **Población:** donde hay malaria, el alelo es más frecuente porque los portadores sobreviven mejor.

## 1 Completa las cadenas causales.

| Nivel                | Caso 1. Mutación silenciosa  | Caso 2. Sol y piel                                      | Caso 3. Resistencia a la malaria                     |
|----------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| ADN                  | Un codón GAG cambia a GAA.   | La radiación UV daña el ADN de un melanocito.           | Aparece por azar el alelo HbS.                       |
| Proteína             |                              | Se altera un gen que controla la división.              |                                                      |
| Célula               | La célula funciona igual.    |                                                         | Los glóbulos rojos AS resisten mejor al parásito.    |
| Organismo            |                              | Si se acumulan más mutaciones, puede aparecer un tumor. |                                                      |
| Población / herencia | No cambia nada si se hereda. |                                                         | Donde hay malaria, el alelo se vuelve más frecuente. |

## 2 Elige la palabra correcta.

El caso 2 es una mutación...

☐ somática    ☐ germinal

En el caso 1, la mutación es...

☐ neutra    ☐ perjudicial

En el caso 3, el alelo HbS aparece...

☐ por azar    ☐ porque hace falta

## Actividad de ampliación

SdA 7 · Cuando el ADN cambia

ALUMNADO

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

 **Mutaciones que ayudaron a sobrevivir**

Algunas mutaciones resultaron beneficiosas en un ambiente concreto y se extendieron en ciertas poblaciones. Investigarás un caso documentado y las condiciones ambientales que lo favorecieron.

 **Pasos**

- 1 Elige un caso: persistencia de la lactasa en adultos (gen LCT/MCM6) en poblaciones ganaderas; adaptación a la altitud en el Tíbet (gen EPAS1); resistencia a la malaria por la variante Duffy negativa; o CCR5-Δ32 y el VIH.
- 2 Busca en al menos dos fuentes fiables (MedlinePlus Genetics, NHGRI, artículos de divulgación de universidades o del CSIC) qué cambio hay en el ADN y qué efecto tiene en la proteína.
- 3 Describe el ambiente en el que la variante es ventajosa y en qué poblaciones es frecuente.
- 4 Explica por qué la mutación no apareció «para» adaptarse y qué ocurriría si el ambiente cambiara.
- 5 Señala alguna limitación o duda de los datos (tamaño de las muestras, otras explicaciones posibles).

**1 Ficha del caso.**

| Cambio en el ADN | Efecto en la proteína | Ambiente que lo favorece | Poblaciones donde es frecuente | Fuentes |
|------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------------|---------|
|                  |                       |                          |                                |         |

 **Entrega**

Una ficha de una página con la cadena causal del caso (ADN → población), un mapa o gráfico de su distribución y dos fuentes citadas.

 **Ficha 1**

1. Diagnóstico: b, a, b, c.
2. V/F: F (la mayoría son neutras), V, V, F (es somática; no pasa a los hijos), V, F (surgen al azar; el ambiente solo selecciona).
3. Relaciona: 1-c, 2-e, 3-d, 4-a, 5-b.
4. Cariotipo: 46 cromosomas (22 pares de autosomas y XY: hombre). En el síndrome de Down habría tres cromosomas 21 (47 en total): mutación genómica, normalmente por un error de reparto en la meiosis.
5. Definición esperable: «cambio en la secuencia del ADN que puede ser espontáneo o causado por agentes mutágenos; su efecto puede ser neutro, perjudicial o beneficioso según dónde ocurra y el ambiente».

 **Ficha 2**

1. Normal: ARNm AUG GUG CAU CUG ACU CCU GAG GAG AAG → Met-Val-His-Leu-Thr-Pro-Glu-Glu-Lys.
2. A: ...CCU GAG **GAA** AAG → la misma proteína (GAA y GAG codifican Glu). Mutación silenciosa; sin efecto.
3. B: ...CCU **GUG** GAG AAG → Met-Val-His-Leu-Thr-Pro-**Val**-Glu-Lys. Cambio de sentido (Glu → Val): es la hemoglobina S.
4. C: ...GAG GAG **UAG** → Met-Val-His-Leu-Thr-Pro-Glu-Glu-**parada**. Sin sentido: proteína truncada, no funcional.
5. D (delección de una G del molde): AUG GUG AUC UGA CUC CUG AGG AGA AG → Met-Val-Ile-**parada**. Desplazamiento del marco de lectura: cambian todos los codones siguientes y aparece una parada prematura.
6. Tarea 3: ADN (un nucleótido) → proteína (Val, hidrófoba, en la superficie) → las moléculas de HbS se unen en fibras con poco oxígeno → glóbulo rojo rígido en forma de hoz que se rompe y obstruye capilares → anemia, dolor, daño en órganos.
7. Tarea 4: 3 nucleótidos = 1 codón; los codones siguientes se leen igual. Pero ese aminoácido es necesario para el plegamiento: la proteína mal plegada se degrada y no llega a la membrana.

 **Ficha 3**

1. Caso 1: somática (solo en el lunar); no pasa a los hijos.
2. Caso 2: germinal nueva (de novo), producida en un gameto de uno de los padres; el hijo sí puede transmitirla a su descendencia (la acondroplasia es dominante: 50 % de probabilidad por hijo).
3. Caso 3: germinal heredada; los padres son portadores (recesiva) y cada hijo tiene un 25 % de probabilidad de heredar dos alelos mutados.
4. Caso 4: somática y cromosómica (translocación 9;22) solo en células de la médula; no se hereda.
5. Caso 5: somáticas; no pasan a los hijos porque no afectan a las células germinales, que se protegen.
6. Test: b, b, a.
7. Dibujo: el cigoto se divide y todas las células hijas heredan la mutación (también la línea germinal); una célula de la piel mutada solo origina un grupo de células de esa zona.

#### Ficha 4

1. Huecos: protooncogenes; supresores; apoptosis (muerte celular programada); oncogén; acumulan; años; invaden.
2. Tasas aproximadas: 0-44 años  $\approx$  65; 45-64 años  $\approx$  695; 65 años y más  $\approx$  1730 casos por 100 000 habitantes. A partir de 65 años la tasa es unas 27 veces mayor que antes de 45 años.
3. Edad: cuantos más años y más divisiones celulares, más oportunidades de que una misma célula acumule varias mutaciones somáticas en genes de control.
4. Tabaco: contiene decenas de sustancias cancerígenas que dañan el ADN; evitable no fumando ni respirando humo. Sol: la radiación UV daña el ADN de la piel; reducir con sombra, ropa, protector y evitar quemaduras. VPH: proteínas del virus desactivan frenos celulares (p. ej., p53); vacunación. Alcohol: su metabolito (acetaldehído) daña el ADN; reducir o evitar el consumo. Edad: acumulación; no modificable. BRCA1 heredada: mutación germinal en un gen supresor que repara el ADN; no se puede cambiar, pero aumenta el riesgo (no lo asegura) y permite seguimiento médico.

#### Ficha 5

1. Con malaria: AA desventaja (malaria grave); AS ventaja (protección sin enfermedad); SS desventaja (anemia falciforme). Sin malaria: AA sin efecto importante; AS sin efecto importante; SS desventaja.
2. Gráfica: curva creciente que se estabiliza en torno al 20-22 %. Aumenta porque los AS sobreviven y se reproducen más; no llega al 100 % porque al aumentar el alelo nacen más SS, que tienen desventaja (equilibrio entre ventaja del portador y desventaja del homocigoto).
3. Sin malaria, la ventaja de AS desaparece y los SS siguen en desventaja: la frecuencia disminuiría muy lentamente durante muchas generaciones (el alelo se oculta en los portadores sanos). En la tabla, AS pasa a «sin efecto importante».
4. Huecos: azar; ambiente; población; variabilidad (diversidad).

#### Ficha 6

1. 1: Falso o engañoso. La mayoría de los cánceres se deben a mutaciones somáticas acumuladas; solo un 5-10 % se relaciona con mutaciones germinales heredadas, que aumentan el riesgo pero no lo hacen seguro.
2. 2: Engañoso. La dieta y el rendimiento dependen de muchos genes y sobre todo del ambiente; estos tests tienen escaso valor predictivo y no los avalan las sociedades científicas.
3. 3: Falso. Muchas mutaciones son neutras y algunas son beneficiosas; son la fuente de variabilidad. La evolución no «intenta» nada.
4. 4: Falso. Las ondas de radiofrecuencia no son ionizantes y no tienen energía para romper el ADN; una revisión sistemática encargada por la OMS (2024) no encontró relación entre teléfonos móviles y cáncer cerebral.
5. 5: Falso. El ADN de cualquier alimento (transgénico o no) se digiere; no se incorpora a nuestras células.
6. Mensaje 1 reescrito (ejemplo): «Tener familiares con cáncer puede aumentar el riesgo en algunos casos, pero no significa que vayas a tenerlo. Si te preocupa, consulta en tu centro de salud. Hábitos como no fumar o protegerse del sol reducen el riesgo.»

#### Ficha 7

1. CCR5- $\Delta$ 32: mutación génica de delección; 32 no es múltiplo de 3  $\rightarrow$  desplazamiento del marco de lectura y codón de parada prematuro  $\rightarrow$  proteína truncada que no llega a la membrana.
2. Célula: los glóbulos blancos sin CCR5 en la membrana no dejan entrar a la mayoría de cepas del VIH. Organismo: con dos copias, resistencia al VIH; con una, infección algo más lenta. Población: frecuente en el norte de Europa, rara en otras regiones (sus causas históricas se siguen investigando).
3. Beneficiosa ante el VIH, posiblemente perjudicial ante el virus del Nilo Occidental: su valor depende del ambiente (patógenos presentes).



### Refuerzo

1. Caso 1: proteína igual (el codón codifica el mismo aminoácido); organismo sin cambios.
2. Caso 2: célula que se divide sin control; mutación somática que no se hereda.
3. Caso 3: proteína: hemoglobina con valina (HbS); organismo: portador protegido frente a la malaria grave.
4. Test: somática, neutra, por azar.

### Errores frecuentes

- Identificar «mutación» con enfermedad o con algo monstruoso.
- Olvidar que el ARNm es complementario a la hebra molde y lleva U (o traducir el ADN molde directamente).
- Creer que cualquier mutación del cuerpo se hereda (confusión somática/germinal).
- Explicar el cáncer con una sola causa o como algo inevitable si «está en los genes».
- Pensar que las mutaciones aparecen porque el organismo las necesita (finalismo).
- Comparar números absolutos de casos entre grupos de distinto tamaño en lugar de tasas.

### Criterios para valorar respuestas abiertas

- Valorar la cadena causal completa por niveles por encima de la memorización de nombres.
- En la ficha de bulos, aceptar distintos veredictos («falso» o «engñoso») si están justificados con una fuente fiable citada.
- Tratar los temas de salud con respeto: no pedir ni comentar casos personales o familiares; reconducir preguntas personales hacia el centro de salud.
- En el caso CCR5-Δ32 se valora que el alumnado argumente que el efecto depende del contexto, no una respuesta única.

# 08

## SITUACIÓN DE APRENDIZAJE

# La evolución en acción

### PREGUNTA GUÍA

**?** ¿Cómo cambian las poblaciones si los individuos no “evolucionan porque lo necesitan”?



**CURSO / NIVEL**  
4.º ESO



**SESIONES**  
8 sesiones · 3.º trimestre



**COMPETENCIAS ESPECÍFICAS**  
CE1, CE2, CE3, CE4



**BLOQUES DE SABERES**  
D · Genética y evolución · A · Proyecto científico



**PRODUCTO FINAL**  
Museo de evidencias de la evolución con simulación de selección, comparación histórica de teorías y estudio de un caso.



**CRITERIOS DE EVALUACIÓN**  
1.1, 1.2, 2.1, 2.3, 3.3, 3.4, 4.1, 4.2



## Contexto, reto y sentido

La evolución se presta a explicaciones finalistas. La situación confronta lamarckismo, darwinismo y síntesis moderna mediante evidencias y simulaciones.

### 🎯 Reto

Explicar el cambio de una población mediante variación heredable, selección y reproducción diferencial, y evaluar explicaciones alternativas.

### 🏆 Producto final

Museo de evidencias de la evolución con simulación de selección, comparación histórica de teorías y estudio de un caso.

## Vinculación curricular

### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS Y DESCRIPTORES DEL PERFIL DE SALIDA

#### CE1

Interpretar y transmitir información y datos científicos, argumentando sobre ellos y utilizando diferentes formatos, para analizar conceptos y procesos de las ciencias biológicas y geológicas.

CCL1

CCL2

CCL5

STEM4

CD2

CD3

CCEC4

#### CE2

Identificar, localizar y seleccionar información, contrastando su veracidad, organizándola y evaluándola críticamente, para resolver preguntas relacionadas con las ciencias biológicas y geológicas.

CCL3

STEM4

CD1

CD2

CD3

CD4

CD5

CPSAA4

#### CE3

Planificar y desarrollar proyectos de investigación, siguiendo los pasos de las metodologías científicas y cooperando cuando sea necesario, para indagar en aspectos relacionados con las ciencias geológicas y biológicas.

CCL1

CCL2

STEM2

STEM3

STEM4

CD1

CD2

CPSAA3

CE3

#### CE4

Utilizar el razonamiento y el pensamiento computacional, analizando críticamente las respuestas y soluciones y reformulando el procedimiento, si fuera necesario, para resolver problemas o dar explicación a procesos de la vida cotidiana relacionados con la biología y la geología.

STEM1

STEM2

CD5

CPSAA5

CE1

CE3

CCEC4

### Criterios de evaluación seleccionados

#### 1.1

Analizar conceptos y procesos biológicos y geológicos interpretando información en diferentes formatos, manteniendo una actitud crítica, obteniendo conclusiones y formando opiniones propias fundamentadas.

#### 1.2

Transmitir opiniones propias fundamentadas e información sobre Biología y Geología de forma clara y rigurosa, facilitando su comprensión y análisis mediante el uso de la terminología y el formato adecuados.

#### 2.1

Resolver cuestiones y profundizar en aspectos biológicos y geológicos localizando, seleccionando, organizando y analizando críticamente la información de distintas fuentes y citándolas con respeto por la propiedad intelectual.

#### 2.3

Valorar la contribución de la ciencia a la sociedad y la labor de las personas dedicadas a ella, destacando el papel de la mujer y entendiendo la investigación como labor colectiva e interdisciplinar en constante evolución influida por el contexto político y los recursos económicos.

#### 3.3

Realizar experimentos y tomar datos cuantitativos o cualitativos utilizando los instrumentos, herramientas o técnicas adecuadas con corrección y precisión.

**3.4**

Interpretar y analizar los resultados obtenidos en un proyecto de investigación utilizando, cuando sea necesario, herramientas matemáticas y tecnológicas y obteniendo conclusiones razonadas o valorar la imposibilidad de hacerlo.

**4.1**

Resolver problemas o dar explicación a procesos biológicos o geológicos utilizando conocimientos, datos e información, razonamiento lógico, pensamiento computacional o recursos digitales.

**4.2**

Analizar críticamente la solución a un problema, cambiando los procedimientos utilizados o las conclusiones si no fuese viable o ante nuevos datos.

## Saberes básicos prioritarios

**D**

### Genética y evolución

- Relación entre las mutaciones, la replicación del ADN, el cáncer, la evolución y la biodiversidad.
- El proceso evolutivo de las características de una especie a la luz de la teoría neodarwinista y otras teorías con relevancia histórica.

**A**

### Proyecto científico

- Métodos de observación y de toma de datos de fenómenos naturales.
- La labor científica y las personas dedicadas a la ciencia; papel de la mujer en la ciencia.
- La evolución histórica del saber científico: ciencia colectiva, interdisciplinar y en continua construcción.



## Objetivos didácticos

- ✓ Distinguir cambio individual de cambio poblacional.
- ✓ Comparar lamarckismo, darwinismo y neodarwinismo en su contexto.
- ✓ Interpretar evidencias de evolución.
- ✓ Modelar selección natural con variación y reproducción diferencial.
- ✓ Reconocer azar en la aparición de variación y selección no aleatoria respecto al ambiente.



## Metodología y papel docente

### 🔗 Enfoque metodológico

Aprendizaje basado en retos e indagación guiada, combinando interpretación de información, modelado, experimentación o trabajo de campo cuando procede, resolución de problemas, cooperación y comunicación científica.

### 🎓 Papel del docente

- Presenta el reto.
- Modela procedimientos.
- Garantiza la seguridad.
- Aporta fuentes graduadas.
- Observa.
- Retroalimenta.
- Ayuda a distinguir evidencia.
- Inferencia y opinión.



## Secuencia de sesiones y actividades

- ① Cada sesión genera una **evidencia** que se recoge en las fichas del Anexo 3. En las prácticas, el docente garantiza la seguridad y modela el procedimiento antes de que lo realice el alumnado.

1

### SESIÓN 1

#### ¿Evolucionan las jirafas porque estiran el cuello?

Análisis de explicaciones finalistas y predicciones distintas.



**Agrupamiento:** Parejas/grupos



**Evidencia:** Comparación de explicaciones

2

### SESIÓN 2

#### Darwin y otras ideas

Línea temporal con Lamarck, Darwin/Wallace y síntesis moderna.



**Agrupamiento:** Parejas/grupos



**Evidencia:** Tabla histórica

3

### SESIÓN 3

#### Evidencias que convergen

Estaciones de fósiles, anatomía comparada, biogeografía y ADN.



**Agrupamiento:** Parejas/grupos



**Evidencia:** Matriz de evidencias

4

### SESIÓN 4

#### Simulamos selección

Modelo con variación de fenotipos y ambiente durante varias generaciones.



**Agrupamiento:** Parejas/grupos



**Evidencia:** Datos de simulación

5

### SESIÓN 5

#### Los datos cambian la población

Gráfica de frecuencias y explicación sin lenguaje de necesidad.



**Agrupamiento:** Parejas/grupos



**Evidencia:** Gráfica evolutiva

6

### SESIÓN 6

#### Un caso real

Estudio de resistencia a antibióticos/insecticidas u otro caso documentado.



**Agrupamiento:** Parejas/grupos



**Evidencia:** Comentario de caso

7

### SESIÓN 7

#### Montamos el museo

Selección de piezas, cartelas y revisión de afirmaciones.



**Agrupamiento:** Parejas/grupos



**Evidencia:** Borrador de museo

8

## SESIÓN 8

**Visita guiada**

Exposición y corrección individual de una explicación errónea.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Museo final**Recursos, interdisciplinariedad y transversalidad** **Recursos**

Fichas de teorías

Evidencias visuales reales

Material de simulación

Datos de frecuencias

Casos documentados

**Interdisciplinariedad**

Historia, Matemáticas y Lengua.

**Elementos transversales**

Naturaleza de la ciencia, revisión de teorías, rechazo de usos sociales indebidos y pensamiento crítico.

**Alternativa sin dispositivos**

Sustituir herramientas digitales por dosieres impresos y datos preparados. Las prácticas no disponibles pueden convertirse en demostraciones, simulaciones o análisis de datos ya recogidos, manteniendo el razonamiento científico.

**DUA y atención a la diversidad****Implicación**

Metas visibles, elección de formato cuando el criterio lo permita, hitos cortos, roles cooperativos y retroalimentación frecuente.

**Representación**

Texto, fotografía, esquema, modelo, tabla, gráfica, demostración y glosario visual; ejemplos resueltos y materiales de distinta complejidad.

**Acción y expresión**

Informe, modelo, exposición, audio o producto visual cuando sea compatible con el criterio; organizadores y listas de cotejo.

**Medidas específicas en esta SdA**

Simulación física sencilla; gráficas preformateadas; textos adaptados; roles; lenguaje visual.

**Refuerzo** Anexo 8

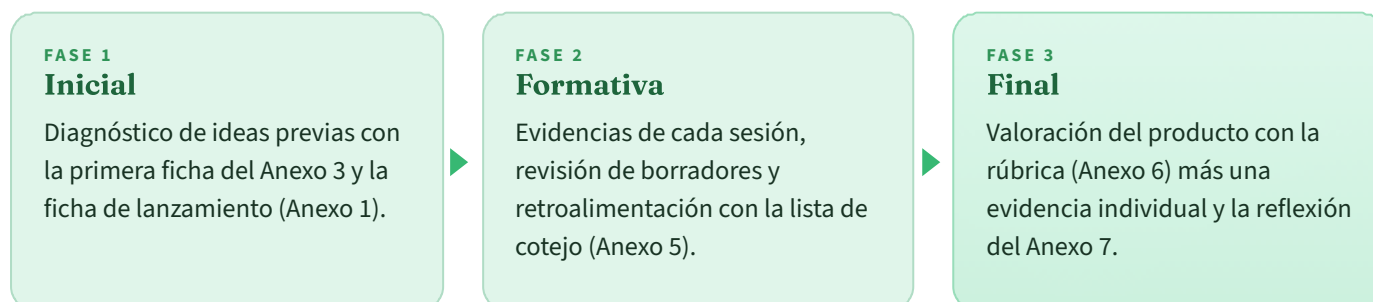
Simulación con dos variantes y dos generaciones; comparar Lamarck y Darwin con frases guiadas.

**Ampliación** Anexo 9

Incorporar deriva genética o selección sexual de forma introductoria, diferenciándolas de selección natural.

## Evaluación

Evaluación continua y formativa: diagnóstico inicial, evidencias durante el proceso, revisión de borradores y valoración final del producto más una evidencia individual. La ponderación debe adaptarse a la normativa autonómica y a los acuerdos del departamento.



### Criterios, evidencias e instrumentos

| Criterio | Evidencia principal                                                                                                                                                                           | Instrumento                                                               |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 1.1      | Interpretación del árbol filogenético y de las diferencias en la hemoglobina (F6) y de la matriz de evidencias para concluir que distintas pruebas independientes apoyan un origen común.     | Ficha 3 «Evidencias que convergen» / rúbrica y lista de cotejo            |
| 1.2      | Cartelas del museo con terminología precisa (variación heredable, selección natural, adaptación, población, frecuencia) y explicación del caso sin expresiones finalistas.                    | Museo final (Anexo 4) y Ficha 7 / rúbrica y lista de cotejo               |
| 2.1      | Selección y cita de al menos dos fuentes fiables para las piezas del museo, con verificación de su procedencia.                                                                               | Ficha 7 (tabla de piezas y fuentes) / checklist de fiabilidad             |
| 2.3      | Tabla histórica que sitúa a Lamarck, Darwin, Wallace, Mary Anning, Rosalind Franklin, Lynn Margulis o Rosemary Grant en su contexto y explica cómo se revisan las teorías con nuevas pruebas. | Ficha 2 «Darwin y otras ideas» / checklist de fiabilidad                  |
| 3.3      | Registro ordenado y completo de la simulación de selección (fenotipos supervivientes y descendientes por generación, en dos ambientes).                                                       | Ficha 4 «Simulamos selección» / rúbrica de proyecto científico            |
| 3.4      | Cálculo de frecuencias relativas, gráfica de su evolución por generaciones y conclusión razonada sobre el efecto del ambiente, con limitaciones del modelo.                                   | Ficha 5 «Los datos cambian la población» / rúbrica de proyecto científico |
| 4.1      | Explicación del aumento de bacterias resistentes con la secuencia variación → selección → reproducción diferencial → cambio en la población.                                                  | Ficha 6 «Un caso real» / escala de valoración                             |
| 4.2      | Detección y corrección individual de los errores de una explicación finalista o lamarckista, y revisión de la propia predicción inicial a la luz de los datos.                                | Ficha 8 «Visita guiada» / escala de valoración                            |

### Autoevaluación y coevaluación Anexo 7

El alumnado valora sus aprendizajes, dificultades y aportación al equipo, y revisa el producto de otro equipo con la lista de cotejo antes de la entrega final.

## Rúbrica del producto final

| Indicador                                                 | NIVEL 4<br>Avanzado                                                                                                                                                                                                                                | NIVEL 3<br>Adecuado                                                                                                                                                 | NIVEL 2<br>En proceso                                                                                                                                                              | NIVEL 1<br>Inicial                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Comprensión científica</b>                             | Rigurosa, conectada y con vocabulario preciso.                                                                                                                                                                                                     | Correcta en lo esencial.                                                                                                                                            | Parcial o con alguna confusión.                                                                                                                                                    | Fragmentaria o con errores esenciales.                                                                    |
| <b>Uso de evidencias</b>                                  | Contrasta fuentes y usa evidencias concretas.                                                                                                                                                                                                      | Aporta evidencias suficientes.                                                                                                                                      | Evidencias escasas o descriptivas.                                                                                                                                                 | Conclusiones sin evidencia suficiente.                                                                    |
| <b>Explicación no finalista de la evolución</b>           | Explica el cambio de la población sin ayuda con los cuatro elementos (variación previa que surge al azar, herencia, selección por el ambiente y reproducción diferencial) y detecta y corrige con precisión expresiones finalistas y lamarckistas. | Usa variación, selección y herencia de forma correcta; alguna expresión es imprecisa («se adaptan») pero no implica intención ni herencia de caracteres adquiridos. | Mezcla ideas darwinistas con expresiones de necesidad o de cambio individual («las bacterias se acostumbran», «para sobrevivir desarrollan...»); necesita apoyos para corregirlas. | Explica la evolución como cambio voluntario del individuo o como herencia de lo que se usa o se adquiere. |
| <b>Interpretación de evidencias y datos poblacionales</b> | Calcula frecuencias sin errores, construye gráficas completas y relaciona al menos cuatro tipos de evidencia con la predicción de un origen común; señala limitaciones del modelo y de los datos.                                                  | Calcula y representa correctamente las frecuencias e interpreta al menos tres tipos de evidencia; las limitaciones son generales.                                   | Comete errores en el cálculo de frecuencias o en la gráfica, o describe las evidencias sin explicar qué indican.                                                                   | Confunde número de individuos con frecuencia o no relaciona los datos con la evolución de la población.   |
| <b>Comunicación y producto</b>                            | Claro, preciso y responde plenamente al reto.                                                                                                                                                                                                      | Claro y responde adecuadamente.                                                                                                                                     | Cumple parcialmente o necesita mejorar.                                                                                                                                            | Incompleto o no responde al reto.                                                                         |

## Variantes de aplicación

### ↗ Versión abreviada

Trabajar con fuentes/datos cerrados y un producto de una página o modelo único.

### ↘ Versión ampliada

Añadir laboratorio/campo, comparación de casos, mayor tratamiento de datos y una fase pública de comunicación científica.



## Ficha de lanzamiento del reto

SdA 8 · La evolución en acción

ALUMNADO

«Las jirafas tienen el cuello largo porque lo necesitaban para llegar a las hojas altas.» «Las bacterias se hacen resistentes para defenderse del antibiótico.» Frases así parecen lógicas, pero esconden un error: dan a entender que los seres vivos cambian a propósito. En esta situación investigaréis cómo cambian realmente las poblaciones: compararéis las ideas de Lamarck, Darwin y Wallace, reuniréis evidencias de fósiles, anatomía, embriones, islas y ADN, simularéis la selección natural con datos propios y analizaréis un caso real. Con todo ello montaréis un museo de la evolución para el resto del centro.

## “¿Cómo cambian las poblaciones si los individuos no “evolucionan porque lo necesitan”?”

### 🎯 Vuestro reto

Explicar el cambio de una población mediante variación heredable, selección y reproducción diferencial, y evaluar explicaciones alternativas.

### 🏛️ Lo que vais a producir

Museo de evidencias de la evolución con simulación de selección, comparación histórica de teorías y estudio de un caso.

### 📍 Hoja de ruta · 8 sesiones

- 1 Comparamos explicaciones sobre el cuello de las jirafas y detectamos el finalismo.
- 2 Construimos la línea temporal de las teorías: Lamarck, Darwin-Wallace y la síntesis moderna.
- 3 Recorremos estaciones de evidencias: fósiles, anatomía comparada, embriología, biogeografía y ADN.
- 4 Simulamos la selección natural durante varias generaciones y registramos los datos.
- 5 Calculamos frecuencias, construimos la gráfica y explicamos el cambio sin lenguaje de necesidad.
- 6 Analizamos un caso real: la resistencia de las bacterias a los antibióticos.
- 7 Seleccionamos piezas, redactamos cartelas y revisamos afirmaciones del museo.
- 8 Hacemos la visita guiada y corregimos de forma individual una explicación errónea.

### 📖 Al terminar seré capaz de...

- ✓ Distinguir cambio individual de cambio poblacional.
- ✓ Comparar lamarckismo, darwinismo y neodarwinismo en su contexto.
- ✓ Interpretar evidencias de evolución.
- ✓ Modelar selección natural con variación y reproducción diferencial.
- ✓ Reconocer azar en la aparición de variación y selección no aleatoria respecto al ambiente.

### 📋 ¿Cómo me evaluarán?

Con la rúbrica del producto final (Anexo 6), la lista de cotejo (Anexo 5) y una reflexión personal (Anexo 7).  
¡Revisadlas antes de empezar!

Materiales para el museo de la evolución: explicaciones y frases para revisar, la historia de las teorías, cuatro tipos de evidencias, un árbol filogenético con datos moleculares, el protocolo y los datos de la simulación y un caso real de resistencia a antibióticos.

### F1 ¿Por qué tienen las jirafas el cuello tan largo?

#### ESTUDIO DE CASO

**Explicación A (Lamarck, 1809).** Las jirafas antiguas vivían en lugares donde casi no había hierba y tenían que comer hojas de los árboles. Al **estirarse** continuamente, su cuello y sus patas delanteras se alargaron un poco a lo largo de su vida. Esos cambios **se transmitieron a sus crías**, que volvieron a estirarse, y así, generación tras generación, el cuello se hizo cada vez más largo.

**Explicación B (Darwin, 1872).** En una población de jirafas antiguas había **variación**: unas tenían el cuello algo más largo que otras, y esa diferencia **se heredaba**. En épocas de sequía, las que alcanzaban ramas más altas comían más, sobrevivían mejor y **dejaban más descendientes**. Así, generación tras generación, los cuellos largos se hicieron más **frecuentes en la población**.

**¿Y hoy?** La explicación B sigue el mecanismo de la selección natural, pero los científicos aún discuten **qué ventaja concreta** seleccionó el cuello largo. Una hipótesis alternativa propone que los machos con cuellos más largos y pesados ganaban los combates a cuellazos y se reproducían más (**selección sexual**). En 2022 se describió un pariente fósil de las jirafas, *Discokeryx*, con un cráneo y unas vértebras preparados para golpes muy fuertes, un dato que refuerza esta idea. Las dos hipótesis no son incompatibles.

#### Frases que se oyen en clase y en documentales:

- 1. «Los osos polares se volvieron blancos para camuflarse en la nieve.»
- 2. «Las bacterias se hacen resistentes porque quieren sobrevivir al antibiótico.»
- 3. «Si un culturista entrena mucho, sus hijos nacerán más musculosos.»
- 4. «Los peces de las cuevas perdieron los ojos porque no los usaban.»
- 5. «En la población había polillas claras y oscuras; los pájaros comían más polillas claras sobre troncos oscuros y por eso las oscuras se hicieron más frecuentes.»
- 6. «El ser humano desciende del chimpancé.»
- 7. «La evolución busca crear seres cada vez más perfectos.»

Fuente: Elaboración propia a partir de J.-B. Lamarck, *Filosofía zoológica* (1809); C. Darwin, *El origen de las especies* (6.ª ed., 1872); Simmons y Scheepers (*The American Naturalist*, 1996) y Wang et al. (*Science*, 2022).

🔍 Pista: ¿quién cambia en cada explicación, el individuo o la población? ¿El cambio aparece antes o después de que el ambiente actúe?

**F2** Línea temporal: de las especies fijas a la síntesis moderna

## CRONOLOGÍA

|                  |                                                                                                                                                                                                                         |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1735</b>      | Carlos Linneo publica <i>Systema Naturae</i> y clasifica las especies, que considera fijas e inmutables ( <b>fijismo</b> ).                                                                                             |
| <b>1796-1812</b> | Georges Cuvier demuestra que algunas especies, como el mamut, se han <b>extinguido</b> ; explica los cambios con catástrofes sucesivas, pero sigue siendo fijista.                                                      |
| <b>1809</b>      | Jean-Baptiste Lamarck publica <i>Filosofía zoológica</i> : primera teoría completa de la <b>transformación</b> de las especies (uso y desuso, herencia de caracteres adquiridos).                                       |
| <b>1811-1812</b> | Mary Anning, con 12 años, desentierra en Lyme Regis (Inglaterra) el primer esqueleto de ictosaurio identificado correctamente. Fue una gran paleontóloga, pero, por ser mujer, no pudo entrar en la Sociedad Geológica. |
| <b>1830-1833</b> | Charles Lyell publica <i>Principios de geología</i> : la Tierra cambia por procesos lentos que actúan durante muchísimo tiempo.                                                                                         |
| <b>1831-1836</b> | Charles Darwin viaja en el <i>Beagle</i> ; en 1835 visita las islas Galápagos.                                                                                                                                          |
| <b>1858</b>      | Alfred Russel Wallace envía desde las Molucas un ensayo con la misma idea que Darwin. Sus trabajos se presentan juntos en la Sociedad Linneana de Londres.                                                              |
| <b>1859</b>      | Darwin publica <i>El origen de las especies</i> : <b>selección natural</b> y origen común de todos los seres vivos.                                                                                                     |
| <b>1861</b>      | Se descubre <i>Archaeopteryx</i> en Solnhofen (Alemania), con plumas y alas, pero también dientes, garras y cola ósea.                                                                                                  |
| <b>1866</b>      | Gregor Mendel publica sus leyes de la herencia, que pasan casi desapercibidas.                                                                                                                                          |
| <b>1889</b>      | August Weismann distingue entre células del cuerpo y células germinales y critica la herencia de caracteres adquiridos.                                                                                                 |
| <b>1900</b>      | Hugo de Vries, Carl Correns y Erich von Tschermak redescubren las leyes de Mendel.                                                                                                                                      |
| <b>1930-1947</b> | <b>Síntesis moderna</b> o teoría sintética (neodarwinismo): Fisher, Haldane, Wright, Dobzhansky, Mayr y otros unen la selección natural con la genética de poblaciones y las mutaciones.                                |
| <b>1953</b>      | Rosalind Franklin, Maurice Wilkins, James Watson y Francis Crick desvelan la estructura del ADN.                                                                                                                        |
| <b>1967</b>      | Lynn Margulis defiende que mitocondrias y cloroplastos proceden de bacterias que vivían dentro de otras células ( <b>endosimbiosis</b> ). Su idea, rechazada al principio, hoy está ampliamente aceptada.               |
| <b>1973</b>      | Peter y Rosemary Grant comienzan a estudiar los pinzones de la isla Daphne Major (Galápagos); medirán la selección natural en directo durante 40 años.                                                                  |
| <b>1994</b>      | En la Gran Dolina de Atapuerca (Burgos) aparecen fósiles de hace unos 850 000 años de una nueva especie humana, <i>Homo antecessor</i> .                                                                                |
| <b>2004</b>      | Se descubre <i>Tiktaalik</i> en el Ártico canadiense (375 millones de años): un pez con cuello y aletas con huesos de tipo extremidad.                                                                                  |

Fuente: Elaboración propia a partir de la historia de la biología evolutiva (Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC; Natural History Museum de Londres; Darwin Online).

### F3 Tres teorías, tres formas de explicar el cambio

TEXTO

**Lamarckismo (transformismo).** Los seres vivos tienen una tendencia interna a hacerse más complejos. Cuando el ambiente cambia, aparecen **nuevas necesidades**; el **uso** de un órgano lo desarrolla y el **desuso** lo atrofia. Los cambios adquiridos durante la vida **se heredan**. Quien cambia es el **individuo**, y el cambio va dirigido hacia lo que necesita.

**Darwinismo (Darwin y Wallace).** En toda población hay **variación** entre individuos, y parte de ella se hereda. Nacen más individuos de los que pueden sobrevivir, por lo que hay **lucha por la existencia**. Los que tienen variaciones favorables en ese ambiente sobreviven y se reproducen más (**selección natural**). Con el tiempo, la población cambia y pueden surgir especies nuevas a partir de un **antepasado común**. Darwin no sabía cómo se heredaban las variaciones ni de dónde salían.

**Síntesis moderna o neodarwinismo (1930-1947).** Integra la selección natural con la genética. La variación procede de las **mutaciones**, que surgen **al azar** (no según lo que el organismo necesita), y de la **recombinación** en la reproducción sexual. Lo que evoluciona es la **población**: cambian las **frecuencias de los alelos** de una generación a otra. Además de la selección natural actúan otros mecanismos, como la **deriva genética** (cambios por azar, importantes en poblaciones pequeñas) y la migración.

**¿Se heredan los caracteres adquiridos? El experimento de Weismann (1889).** August Weismann cortó la cola a ratones durante cinco generaciones seguidas (901 ratones en total). Ninguna cría nació sin cola o con la cola más corta. Hoy sabemos por qué: los cambios del cuerpo no modifican el ADN de las células germinales (óvulos y espermatozoides).

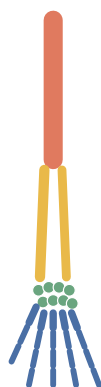
*Fuente: Elaboración propia a partir de las obras originales de Lamarck (1809) y Darwin (1859) y de manuales universitarios de biología evolutiva.*

🔍 La ciencia es una construcción colectiva: el darwinismo no «tiró a la basura» todo lo anterior; Lamarck fue el primero en defender que las especies cambian.

### F4 Anatomía comparada: órganos homólogos

ESQUEMA

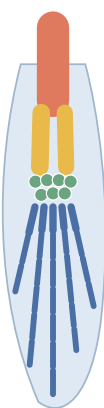
Humano: brazo



función: manipular

■ Húmero

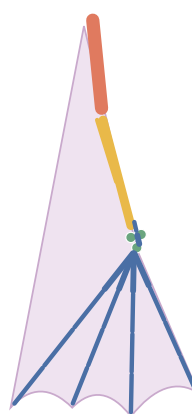
Ballena: aleta



función: nadar

■ Cúbito y radio

Murciélago: ala



función: volar

■ Carpos (muñeca)

Caballo: pata



función: correr

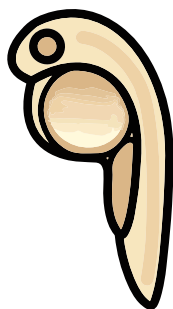
■ Metacarpos y falanges

*Fuente: Esquema de elaboración propia simplificado (no a escala) a partir de los esqueletos de las extremidades anteriores de mamíferos.*

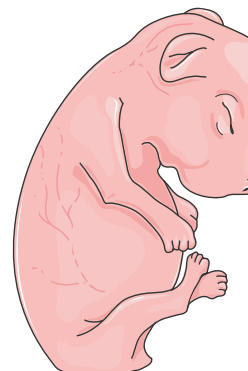
🔍 **Homólogos:** misma estructura y origen embrionario, distinta función; indican un antepasado común. **Análogos:** misma función, distinta estructura y origen (ala de murciélago y de mariposa). **Vestigiales:** restos con función reducida o nula, como la pelvis de las ballenas o los huesos estiliformes del caballo (finos, junto a su único dedo).

## F5 Estaciones de evidencias: fósiles, embriones, islas y moléculas

## ILUSTRACIÓN



Embrión de pez: somitas (futuras vértebras y músculos) y cola.



Embrión de ratón: también tiene cola y somitas.

**Estación 1 · Fósiles de transición: de mamífero terrestre a ballena.** Los fósiles hallados en Pakistán, la India y Egipto forman una serie: ***Pakicetus*** (hace unos 50 millones de años), del tamaño de un lobo, vivía en tierra, pero su oído interno ya tenía la forma típica de los cetáceos; ***Ambulocetus*** ( $\approx 49$  Ma) era anfibio, con patas grandes para nadar; ***Rodhocetus*** ( $\approx 47$  Ma) tenía las patas traseras más reducidas y los orificios nasales más atrás; ***Dorudon*** ( $\approx 40$  Ma) era totalmente acuático y conservaba unas diminutas patas traseras. Las ballenas actuales tienen restos de huesos de la pelvis dentro del cuerpo. Los estratos más antiguos contienen las formas más terrestres: el orden temporal coincide con el previsto.

**Estación 2 · Embriología comparada.** En las primeras semanas de desarrollo, los embriones de peces, aves y mamíferos (incluido el ser humano) se parecen mucho: todos tienen **arcos faríngeos** (pliegues en el cuello que en los peces forman las branquias y en los mamíferos originan partes de la mandíbula, el oído y la garganta) y una **cola** posterior al ano. El embrión humano tiene una cola con varias vértebras que se reduce hasta desaparecer hacia la octava semana (queda el cóccix). Estas semejanzas se explican porque los genes que dirigen el desarrollo se heredaron de un antepasado común.

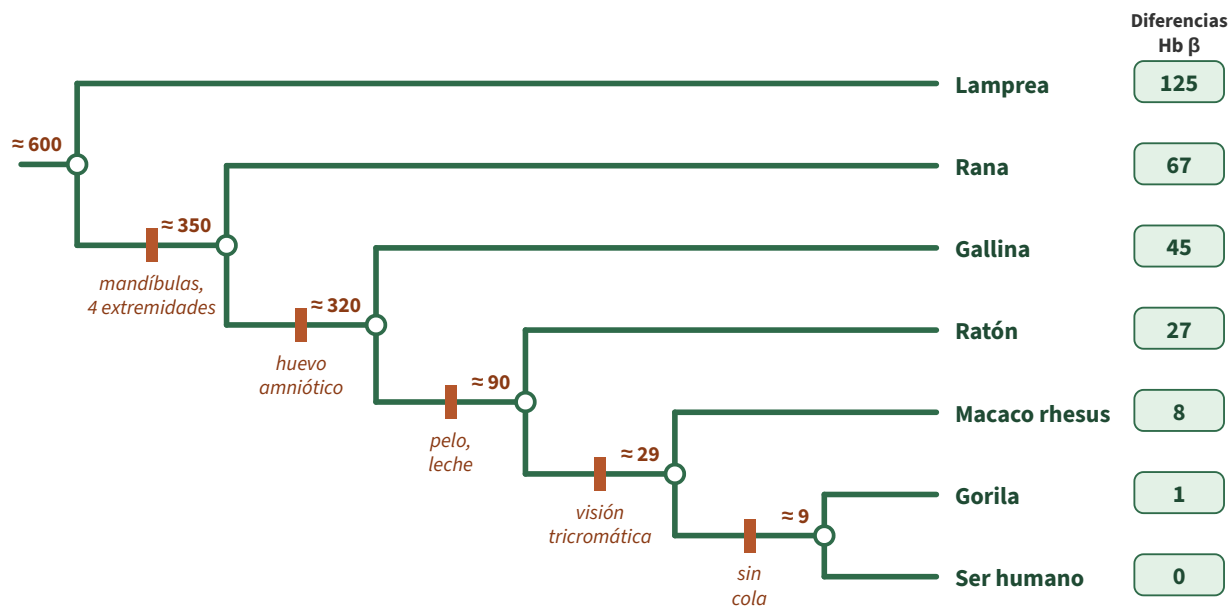
**Estación 3 · Biogeografía: islas que cuentan historias.** Las islas oceánicas, que surgieron del mar sin seres vivos, tienen muchas especies **endémicas** (exclusivas) emparentadas con las del continente más cercano. En las Galápagos hay unas 17 especies de pinzones con picos distintos según su alimento, que descienden de un antepasado llegado del continente americano hace unos pocos millones de años. En **Canarias**, los lagartos del género *Gallotia* (como el lagarto gigante de El Hierro) son endémicos y su pariente más próximo es el género *Psammmodromus* de la península ibérica y el norte de África. En 1977, una sequía en la isla Daphne Major mató a más del 80 % de los pinzones *Geospiza fortis*; solo quedaban semillas grandes y duras. Sobrevivieron más los de pico profundo, y la profundidad media del pico de la población aumentó alrededor de medio milímetro ( $\approx 5$  %), un rasgo que heredaron sus crías.

**Estación 4 · Evidencias moleculares.** Todos los seres vivos usan el ADN y el mismo código genético. Cuanto más tiempo hace que dos especies se separaron de su antepasado común, más diferencias acumulan en el ADN y en sus proteínas, porque las mutaciones se suman generación tras generación (**reloj molecular**). En F6 tienes las diferencias en la cadena beta de la hemoglobina (146 aminoácidos) entre el ser humano y otros vertebrados.

*Fuente: Elaboración propia a partir de Thewissen et al. (Nature, 2007; sobre la evolución de los cetáceos), Grant y Grant (Science, 2006), el Museo de la Evolución Humana (Burgos) y el Gobierno de Canarias (Banco de Datos de Biodiversidad de Canarias). Ilustraciones: DBCLS (CC BY 4.0) y Servier Medical Art (CC BY 3.0).*

## F6 Árbol filogenético de siete vertebrados y diferencias en la hemoglobina

ESQUEMA



$\approx 350$  = antepasado común hace unos 350 millones de años (Ma) · ■ = novedad que comparten los grupos de su derecha

Fuente: Esquema de elaboración propia. Diferencias en la cadena beta de la hemoglobina respecto a la humana según los datos recogidos en Campbell Biology (Urry et al.); edades de los antepasados comunes redondeadas a partir de TimeTree 5 (Kumar et al., 2022). El árbol no está a escala de tiempo.

- 🔍 Cada nudo es un antepasado común. El árbol no indica que una especie actual descienda de otra actual: el ser humano y el gorila son «primos», no «abuelo y nieto». ¿Aumentan las diferencias moleculares a medida que el antepasado común es más antiguo?

**F7 Protocolo: simulación de selección natural con «polillas» de papel**

PROTOCOLO

**Contexto.** En Inglaterra, a mediados del siglo XIX, la polilla del abedul era casi siempre clara. Con la contaminación de las fábricas, los troncos se oscurecieron con hollín y la forma oscura (que ya existía, por una mutación) llegó a ser el 98 % de la población cerca de Mánchester en 1895. Tras las leyes de aire limpio de los años cincuenta, las polillas claras volvieron a ser mayoría. Los pájaros cazan sobre todo las que ven mejor.

**Material (por equipo):** 1 hoja de cartulina negra o de periódico (ambiente oscuro) y 1 de papel blanco (ambiente claro), círculos de papel de 1 cm de tres colores (blanco = clara, gris = intermedia, negro = oscura; unos 60 de cada color), cronómetro, pinzas de depilar o de cocina, 1 dado y 3 vasos.

**Roles:** depredador, cronometrador, repartidor de polillas y secretario de datos (rotad en cada generación).

**Procedimiento:**

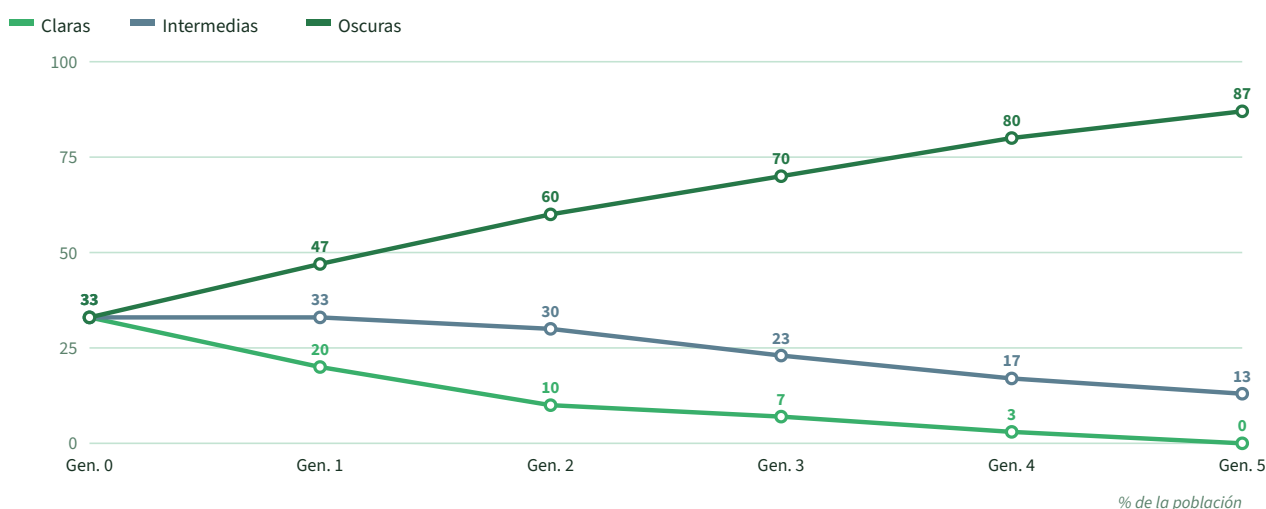
- **1. Generación 0.** Esparcid sobre el ambiente oscuro 30 polillas: 10 claras, 10 intermedias y 10 oscuras.
- **2. Depredación.** El depredador, de espaldas, se gira y caza con las pinzas, de una en una, durante 15 segundos o hasta capturar 15 polillas (lo que ocurra antes). Debe cazar la primera que vea, sin buscar un color.
- **3. Recuento.** Retirad las polillas cazadas. Contad las supervivientes de cada color y anotadlas.
- **4. Reproducción.** Cada superviviente tiene **una cría del mismo color** (herencia): añadid una polilla de ese color por cada superviviente. Si quedan más de 30, retirad al azar las que sobren con los ojos cerrados; si quedan menos, completad hasta 30 añadiendo crías de supervivientes elegidos al azar.
- **5. Mutación.** Lanzad el dado: si sale 6, cambiad una cría al azar por una del color vecino (clara ↔ intermedia ↔ oscura). Así aparece variación nueva **sin relación con lo que «convenga»**.
- **6.** Repetid los pasos 2 a 5 hasta la generación 5. Después repetid toda la simulación sobre el ambiente claro.

**Normas:** usad las pinzas solo para cazar polillas, sin apuntar a nadie; recoged todo el papel al terminar. Este modelo **simplifica** la realidad: cada polilla tiene una sola cría, no hay machos ni hembras y el depredador es una persona.

*Fuente: Actividad de modelización de elaboración propia, inspirada en el caso de la polilla del abedul (Biston betularia) y en actividades del HHMI BioInteractive.*

**F8 Resultados de un equipo de otro curso (ambiente oscuro)**

GRÁFICO

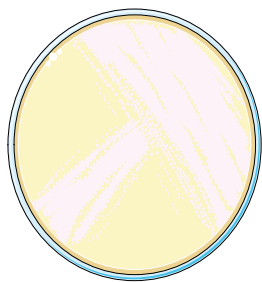


*Fuente: Datos ilustrativos de una simulación escolar como la de F7, con 30 polillas por generación.*

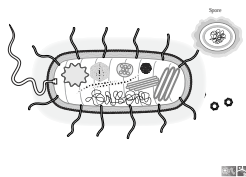
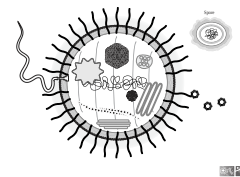
- 🔍 Número de polillas oscuras de las 30: 10, 14, 18, 21, 24 y 26. ¿Por qué no ha desaparecido aún la forma intermedia? ¿Qué pasaría si el ambiente se aclarara en la generación 6?

## F9 Caso real: bacterias que resisten a los antibióticos

## ILUSTRACIÓN



Cultivo de bacterias en placa de Petri.

Bacilo, como *Escherichia coli*.Coco, como *Staphylococcus aureus*.

**Una carrera que empezó pronto.** Alexander Fleming descubrió la penicilina en 1928, y su uso masivo comenzó en los años cuarenta. Ya en 1945, en su discurso del Premio Nobel, Fleming advirtió que el mal uso de la penicilina podía seleccionar microbios resistentes. Pocos años después, buena parte de los estafilococos de los hospitales ya resistían a la penicilina. La meticilina se introdujo en 1959 y en 1961 ya se describió *Staphylococcus aureus* resistente a meticilina (SARM).

**El experimento de la megaplaca (Baym et al., Harvard, 2016).** Los investigadores prepararon una placa de 60 × 120 cm con franjas de agar: en los extremos, sin antibiótico; hacia el centro, franjas con 3, 30, 300 y 3000 veces la concentración que mata a la bacteria *E. coli* original. Sembraron las bacterias en los extremos. Al principio se detuvieron en la primera franja con antibiótico; pero en una población de miles de millones de bacterias que se dividen cada pocos minutos, por azar surgían mutantes algo más resistentes que colonizaban la franja siguiente. En unos **11 días** alcanzaron la franja central, con 3000 veces la dosis inicial.

**¿Por qué importa?** Se estima que en 2021 las infecciones por bacterias resistentes causaron directamente 1,14 millones de muertes en el mundo y que, si no se actúa, podrían causar 39 millones entre 2025 y 2050 (The Lancet, 2024). En la Unión Europea mueren cada año más de 35 000 personas por estas infecciones (ECDC). Por eso España tiene un Plan Nacional frente a la Resistencia a los Antibióticos.

**Claves:** los antibióticos no sirven contra los virus (gripe, resfriado, covid); solo deben tomarse con receta y siguiendo exactamente la pauta indicada por el personal sanitario; no se guardan ni se comparten.

Fuente: Elaboración propia a partir de: Fleming, discurso del Nobel (1945); GBD 2021 Antimicrobial Resistance Collaborators (The Lancet, 2024); ECDC (Centro Europeo para la Prevención y el Control de Enfermedades, 2022); Baym et al. (Science, 2016); Plan Nacional frente a la Resistencia a los Antibióticos (PRAN, AEMPS).

🔍 El antibiótico no «enseña» a las bacterias a resistir ni provoca que muten para defenderse: las mutantes resistentes ya estaban o aparecen por azar, y el antibiótico elimina a las demás.



## Fichas de actividades del alumnado

SdA 8 · La evolución en acción

ALUMNADO

## FICHA 1

## ¿Evolucionan las jirafas porque estiran el cuello?

Sesión 1

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Lee las dos explicaciones de F1. Hoy no se trata de acertar, sino de razonar: qué dice cada explicación y qué predice.

## 1 Diagnóstico inicial. Marca la opción correcta.

En biología, «evolución» significa...

- ☐ que un individuo cambia a lo largo de su vida
- ☐ cambio en las características hereditarias de una población a lo largo de generaciones
- ☐ progreso hacia seres más perfectos

¿Cuál de estos caracteres puede heredarse?

- ☐ un tatuaje    ☐ un músculo desarrollado en el gimnasio    ☐ el grupo sanguíneo

Las mutaciones aparecen...

- ☐ cuando el organismo las necesita    ☐ al azar, sin relación con su utilidad    ☐ solo en ambientes contaminados

Según la teoría de la evolución, el ser humano y el chimpancé...

- ☐ comparten un antepasado común    ☐ son el mismo animal    ☐ uno desciende del otro

## 2 Compara las explicaciones A y B de F1.

| Pregunta                                                                                                           | Explicación A (Lamarck) | Explicación B (Darwin) |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------|
| ¿Había jirafas distintas antes de que cambiara el ambiente?                                                        |                         |                        |
| ¿Quién cambia: el individuo o la población?                                                                        |                         |                        |
| ¿Qué se transmite a las crías?                                                                                     |                         |                        |
| Predicción: si cortamos las ramas bajas, ¿tendrán las crías de las jirafas que más se estiran el cuello más largo? |                         |                        |

**3** Analiza las siete frases de F1. Marca su tipo y reescribe correctamente una de ellas.

| Frase | Correcta | Finalista (cambian «para» algo) | Lamarckista (se hereda lo adquirido o el uso) | Otro error |
|-------|----------|---------------------------------|-----------------------------------------------|------------|
| 1     |          |                                 |                                               |            |
| 2     |          |                                 |                                               |            |
| 3     |          |                                 |                                               |            |
| 4     |          |                                 |                                               |            |
| 5     |          |                                 |                                               |            |
| 6     |          |                                 |                                               |            |
| 7     |          |                                 |                                               |            |

---



---



---

## FICHA 2 Darwin y otras ideas

Sesión 2

Usa la línea temporal (F2) y las tres teorías (F3).

**1** Completa la tabla histórica.

|                                            | Lamarck (1809) | Darwin y Wallace (1858-1859) | Síntesis moderna (1930-1947) |
|--------------------------------------------|----------------|------------------------------|------------------------------|
| ¿De dónde sale la variación?               |                |                              |                              |
| ¿Cómo se hereda?                           |                |                              |                              |
| ¿Qué mecanismo produce el cambio?          |                |                              |                              |
| ¿Qué evoluciona: individuo o población?    |                |                              |                              |
| Una prueba o idea de su época que la apoyó |                |                              |                              |

**2 Relaciona cada aportación con su autor o autora (F2).**

1 Demostró que hay especies extinguidas ●

2 Publicó el ensayo que precipitó la presentación de la selección natural ●

3 Halló el primer esqueleto de ictosaurio identificado correctamente ●

4 Obtuvo imágenes clave de la estructura del ADN ●

5 Propuso el origen endosimbiótico de las mitocondrias ●

6 Midió en directo la selección natural en pinzones ●

● a Rosemary Grant (con Peter Grant)

● b Lynn Margulis

● c Georges Cuvier

● d Rosalind Franklin

● e Alfred Russel Wallace

● f Mary Anning

**3 Weismann cortó la cola a ratones durante cinco generaciones (F3) y concluyó que los caracteres adquiridos no se heredan. a) ¿Qué predecía el lamarckismo? b) Un defensor de Lamarck podría objetar que cortar la cola no es «uso o desuso». ¿Tiene razón? ¿Qué otra prueba sería mejor?**

---

---

---

---

---

---

---

---

**4 Elige a una de las científicas de F2. ¿Qué dificultades tuvo por el contexto de su época y por qué su trabajo muestra que la ciencia es una labor colectiva que se revisa?**

---

---

---

---

---

---

---

---

**FICHA 3 Evidencias que convergen**

Sesión 3

Recorred las cuatro estaciones de F5 y analizad F4 y F6. En cada estación, preguntaos: ¿qué observaríamos si las especies tuvieran un origen común? ¿Lo observamos?

**1 Completa la matriz de evidencias.**

| Tipo de evidencia  | Ejemplo concreto | Qué se observa | Qué indica sobre el origen común |
|--------------------|------------------|----------------|----------------------------------|
| Fósiles            |                  |                |                                  |
| Anatomía comparada |                  |                |                                  |
| Embriología        |                  |                |                                  |
| Biogeografía       |                  |                |                                  |
| Molecular          |                  |                |                                  |

**2 Clasifica cada pareja (F4): homólogos (Ho), análogos (An) o vestigiales (V).**

| Órganos                             | Ho / An / V | Por qué |
|-------------------------------------|-------------|---------|
| Brazo humano y aleta de ballena     |             |         |
| Ala de murciélago y ala de mariposa |             |         |
| Huesos de la pelvis de una ballena  |             |         |
| Ojo de pulpo y ojo humano           |             |         |
| Ala de murciélago y pata de caballo |             |         |

**3** Observa F6. a) Ordena las especies según sus diferencias en la hemoglobina. ¿Coincide el orden con el del árbol? b) ¿Qué especie tiene un antepasado común más reciente con el ser humano: el ratón o la gallina? c) Corrige: «El ser humano desciende del gorila».

---



---



---



---



---



---

**4** ¿Por qué es tan importante que cinco tipos de pruebas independientes coincidan? Usa la palabra «convergen».

---



---



---

Seguid el protocolo de F7. Antes de empezar, escribid vuestra predicción.

- 1 Predicción: en el ambiente oscuro, ¿qué color de polilla será más frecuente en la generación 5? ¿Y en el ambiente claro? ¿Por qué?

---



---



---

- 2 Registro del ambiente OSCURO (número de polillas).

| Generación | Claras vivas | Intermedias vivas | Oscuras vivas | ¿Dado = 6?<br>¿Qué cambió? | Claras (nueva gen.) | Intermedias (nueva gen.) | Oscuras (nueva gen.) |
|------------|--------------|-------------------|---------------|----------------------------|---------------------|--------------------------|----------------------|
| 0          |              |                   |               |                            | 10                  | 10                       | 10                   |
| 1          |              |                   |               |                            |                     |                          |                      |
| 2          |              |                   |               |                            |                     |                          |                      |
| 3          |              |                   |               |                            |                     |                          |                      |
| 4          |              |                   |               |                            |                     |                          |                      |
| 5          |              |                   |               |                            |                     |                          |                      |

- 3 Registro del ambiente CLARO (número de polillas).

| Generación | Claras vivas | Intermedias vivas | Oscuras vivas | ¿Dado = 6?<br>¿Qué cambió? | Claras (nueva gen.) | Intermedias (nueva gen.) | Oscuras (nueva gen.) |
|------------|--------------|-------------------|---------------|----------------------------|---------------------|--------------------------|----------------------|
| 0          |              |                   |               |                            | 10                  | 10                       | 10                   |
| 1          |              |                   |               |                            |                     |                          |                      |
| 2          |              |                   |               |                            |                     |                          |                      |
| 3          |              |                   |               |                            |                     |                          |                      |
| 4          |              |                   |               |                            |                     |                          |                      |
| 5          |              |                   |               |                            |                     |                          |                      |

#### 4 Identifica en el modelo cada elemento de la selección natural.

| Elemento                          | ¿Qué lo representa en la simulación? |
|-----------------------------------|--------------------------------------|
| Variación en la población         |                                      |
| Herencia                          |                                      |
| Presión de selección del ambiente |                                      |
| Reproducción diferencial          |                                      |
| Mutación (azar)                   |                                      |

### FICHA 5 Los datos cambian la población

Sesión 5

Una frecuencia es una proporción:  $\text{frecuencia (\%)} = \text{número de polillas de un color} \div \text{total de la población} \times 100$ . Compara después con F8.

#### 1 Calcula las frecuencias (%) de cada color en vuestro ambiente oscuro, al comienzo de cada generación.

|                 | Gen. 0 | Gen. 1 | Gen. 2 | Gen. 3 | Gen. 4 | Gen. 5 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Claras (%)      | 33     |        |        |        |        |        |
| Intermedias (%) | 33     |        |        |        |        |        |
| Oscuras (%)     | 33     |        |        |        |        |        |

#### 2 Representa las tres frecuencias en una gráfica de líneas (una línea por color, con leyenda).



#### 3 Verdadero o falso. Corrige las falsas.

|                                                                                                              | V                        | F                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Las polillas oscuras se oscurecieron para no ser vistas.                                                     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ninguna polilla cambió de color durante su vida; lo que cambió fue la proporción de colores en la población. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Las mutaciones del dado aparecieron más en el color que más convenía.                                        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| En el ambiente claro, la misma forma oscura tuvo desventaja.                                                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Si en una población no hay variación heredable, la selección natural no puede cambiarla.                     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

- 4 Escribe la conclusión de la simulación sin usar «para», «necesitar», «querer» ni «intentar». Añade dos limitaciones del modelo y compara tus datos con F8.

---

---

---

---

---

---

## FICHA 6

## Un caso real: la resistencia a los antibióticos

Sesión 6

Lee F9. Es selección natural ocurriendo ahora, en hospitales, granjas y hogares.

- 1 Ordena la secuencia del experimento de la megaplaca (numera de 1 a 6).

| N.º | Suceso                                                                                              |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     | Las bacterias resistentes se multiplican en la franja con antibiótico, donde no tienen competencia. |
|     | Se siembran bacterias en un extremo sin antibiótico.                                                |
|     | En la enorme población surge por azar una mutación que da algo más de resistencia.                  |
|     | Las bacterias llenan la zona sin antibiótico y se detienen en la primera franja.                    |
|     | Entre sus descendientes surgen nuevas mutaciones que permiten avanzar a la franja siguiente.        |
|     | Tras unos 11 días, la población alcanza la franja con 3000 veces la dosis inicial.                  |

- 2 Explica el aumento de bacterias resistentes en un paciente completando la cadena.

Variación: en la población de bacterias hay \_\_\_\_\_ que, por \_\_\_\_\_, son resistentes. Selección: el antibiótico elimina a las \_\_\_\_\_. Reproducción diferencial: las \_\_\_\_\_ sobreviven y se dividen, y sus descendientes \_\_\_\_\_ la resistencia. Resultado: la \_\_\_\_\_ de bacterias resistentes en la población aumenta.

- 3 Datos ilustrativos. En un cultivo de 1 000 000 000 de bacterias, 10 son resistentes. Tras aplicar el antibiótico mueren el 99,99 % de las sensibles y ninguna resistente. a) ¿Cuántas bacterias sensibles sobreviven? b) ¿Qué porcentaje de las supervivientes son resistentes? c) ¿Qué ocurrirá si se repite el tratamiento con las bacterias supervivientes?

---

---

---

---

---

---

4 Decide y justifica: «Tomo el antibiótico que sobró a mi hermana porque tengo la gripe.» ¿Qué errores contiene? ¿Qué harías tú?

---

---

---



Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Cada pieza del museo es una evidencia, un dato o una historia con su cartela. Revisad las cartelas con las preguntas de fiabilidad y la lista de cotejo (Anexo 5).

### 1 Planificad las piezas del museo.

| Sala                      | Pieza (objeto, imagen, gráfica, modelo) | Idea que demuestra | Fuente fiable consultada (autor u organismo, año) |
|---------------------------|-----------------------------------------|--------------------|---------------------------------------------------|
| 1. Historia de las ideas  |                                         |                    |                                                   |
| 2. Fósiles y anatomía     |                                         |                    |                                                   |
| 3. Embriones, islas y ADN |                                         |                    |                                                   |
| 4. Nuestra simulación     |                                         |                    |                                                   |
| 5. Caso real              |                                         |                    |                                                   |

### 2 Revisión de afirmaciones. Marca lo que cumple la cartela de otro equipo.

- ☐ El cambio se atribuye a la población, no al individuo
- ☐ No usa «para», «necesitar» ni «querer» para explicar el origen de un rasgo
- ☐ Menciona variación heredable y selección
- ☐ Distingue evidencia (lo que se observa) de explicación
- ☐ Incluye un dato o imagen con su procedencia
- ☐ Cita la fuente de forma completa
- ☐ Se entiende sin explicación oral

### 3 Copia la frase de una cartela que habéis tenido que corregir, antes y después de la revisión.

---



---



---



---

*Durante la visita, cada equipo explica sus salas. Al final, cada persona resuelve de forma individual la tarea 2.*

- 1** Durante la visita, anota la evidencia que te ha parecido más convincente de otro equipo y una pregunta que le hiciste.

---

---

---

- 2** Evidencia individual. Este texto está en el panel de un zoo: «Los guepardos se hicieron rapidísimos porque necesitaban cazar gacelas. Cada guepardo corría cada día un poco más y sus cachorros heredaban esa velocidad. Así la especie se fue perfeccionando hasta convertirse en el animal más rápido.» a) Subraya y nombra cada error (finalismo, herencia de caracteres adquiridos, idea de perfección). b) Reescribe la explicación con los conceptos de la selección natural.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

- 3** Vuelve a tu respuesta de la Ficha 1 (tabla de las jirafas). ¿Cambiarías algo? Escribe qué has corregido y qué prueba o dato te ha hecho cambiar de idea.

---

---

---

**Plantilla del producto final**

SdA 8 · La evolución en acción

ALUMNADO

Nombre:

Curso/grupo:

Fecha:

*Maqueta del museo (paneles en cartulina, murales o presentación digital). Cada sala tiene un título, piezas con cartela (qué es, qué demuestra, fuente) y una idea clave en letra grande. Escribid arriba el título del museo y el nombre de los comisarios.*

**Sala 1. Historia de las ideas**

*Línea temporal y comparación Lamarck / Darwin-Wallace / síntesis moderna. incluid al menos una científica.*

**Sala 2. Fósiles y anatomía comparada**

*Pieza y cartela.*

**Sala 3. Embriones, islas y ADN**

*Pieza y cartela (árbol o datos moleculares).*

**Sala 4. Nuestra simulación**

*Gráfica de frecuencias por generación en los dos ambientes y conclusión.*

**Sala 5. Caso real**

*Variación → selección → reproducción diferencial → cambio en la población.*

**Rincón de los errores**

*Una frase finalista o lamarckista y su corrección.*

**Conclusiones y limitaciones****Fuentes consultadas**

*Autor u organismo, título, año.*

## Lista de cotejo para el proceso y la entrega

SdA 8 · La evolución en acción

ALUMNADO

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Antes de entregar **Museo de evidencias de la evolución con simulación de selección, comparación histórica de teorías y estudio de un caso.**, comprueba cada punto y marca la casilla. Si alguno falla, todavía estás a tiempo de mejorarlo.

### Contenido del producto

- ☐ La línea temporal sitúa a Lamarck, Darwin-Wallace y la síntesis moderna, las diferencia e incluye una científica.
- ☐ Aparecen al menos cuatro tipos de evidencia y se explica qué indica cada una.
- ☐ La gráfica de la simulación tiene título, ejes rotulados, leyenda y frecuencias en %.
- ☐ La conclusión de la simulación menciona variación, herencia, selección y reproducción diferencial.
- ☐ El caso real se explica como cambio en la frecuencia de bacterias resistentes en la población.
- ☐ Ninguna cartela usa expresiones finalistas («para», «necesitaban», «quieren») sin corregir.
- ☐ Cada pieza indica su procedencia y se citan al menos dos fuentes fiables.
- ☐ Se reconocen limitaciones de la simulación (modelo simplificado, pocas generaciones, depredador humano).

### Calidad y rigor

- ☐ He utilizado vocabulario específico de la materia y lo he explicado cuando era necesario.
- ☐ He apoyado mis afirmaciones con evidencias (datos, citas, mapas o ejemplos concretos).
- ☐ He citado o identificado todas las fuentes utilizadas.
- ☐ He revisado la ortografía, la presentación y el orden del producto.
- ☐ He incorporado las mejoras propuestas en la coevaluación o por el docente.

#### Lo que más me ha costado

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

#### Firma del equipo / fecha de entrega

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Rúbrica imprimible**

SdA 8 · La evolución en acción

ALUMNADO · DOCENTE

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Rúbrica para valorar **Museo de evidencias de la evolución con simulación de selección, comparación histórica de teorías y estudio de un caso..** Marca el nivel alcanzado en cada indicador.

| Indicador                                                 | NIVEL 4<br>Avanzado                                                                                                                                                                                                                                | NIVEL 3<br>Adecuado                                                                                                                                                 | NIVEL 2<br>En proceso                                                                                                                                                              | NIVEL 1<br>Inicial                                                                                        | Nivel |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>Comprensión científica</b>                             | Rigurosa, conectada y con vocabulario preciso.                                                                                                                                                                                                     | Correcta en lo esencial.                                                                                                                                            | Parcial o con alguna confusión.                                                                                                                                                    | Fragmentaria o con errores esenciales.                                                                    |       |
| <b>Uso de evidencias</b>                                  | Contrasta fuentes y usa evidencias concretas.                                                                                                                                                                                                      | Aporta evidencias suficientes.                                                                                                                                      | Evidencias escasas o descriptivas.                                                                                                                                                 | Conclusiones sin evidencia suficiente.                                                                    |       |
| <b>Explicación no finalista de la evolución</b>           | Explica el cambio de la población sin ayuda con los cuatro elementos (variación previa que surge al azar, herencia, selección por el ambiente y reproducción diferencial) y detecta y corrige con precisión expresiones finalistas y lamarckistas. | Usa variación, selección y herencia de forma correcta; alguna expresión es imprecisa («se adaptan») pero no implica intención ni herencia de caracteres adquiridos. | Mezcla ideas darwinistas con expresiones de necesidad o de cambio individual («las bacterias se acostumbran», «para sobrevivir desarrollan...»); necesita apoyos para corregirlas. | Explica la evolución como cambio voluntario del individuo o como herencia de lo que se usa o se adquiere. |       |
| <b>Interpretación de evidencias y datos poblacionales</b> | Calcula frecuencias sin errores, construye gráficas completas y relaciona al menos cuatro tipos de evidencia con la predicción de un origen común; señala limitaciones del modelo y de los datos.                                                  | Calcula y representa correctamente las frecuencias e interpreta al menos tres tipos de evidencia; las limitaciones son generales.                                   | Comete errores en el cálculo de frecuencias o en la gráfica, o describe las evidencias sin explicar qué indican.                                                                   | Confunde número de individuos con frecuencia o no relaciona los datos con la evolución de la población.   |       |
| <b>Comunicación y producto</b>                            | Claro, preciso y responde plenamente al reto.                                                                                                                                                                                                      | Claro y responde adecuadamente.                                                                                                                                     | Cumple parcialmente o necesita mejorar.                                                                                                                                            | Incompleto o no responde al reto.                                                                         |       |

**Observaciones del docente**


---



---



---

**Valoración global**


---



---



---

**Autoevaluación y coevaluación**

SdA 8 · La evolución en acción

ALUMNADO

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

**Parte 1 · Autoevaluación**

| Afirmación                                                                                         | Aún no                | Con ayuda             | Bien                  | Muy bien              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Sé explicar por qué cambia una población sin decir que los individuos cambian porque lo necesitan. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Sé relacionar fósiles, órganos homólogos, embriones, biogeografía y ADN con el origen común.       | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| He cumplido mi rol y mis tareas dentro del equipo.                                                 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| He escuchado y tenido en cuenta las ideas de los demás.                                            | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| He usado fuentes y evidencias para justificar mis ideas.                                           | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| He revisado y mejorado mi trabajo a partir de la retroalimentación.                                | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

**Dos aprendizajes que he logrado**


---



---



---

**Una dificultad que he tenido**


---



---



---

**Una mejora que haré la próxima vez**


---



---

**Parte 2 · Coevaluación de otro equipo****Equipo evaluado:** \_\_\_\_\_**Fortaleza 1**


---



---

**Fortaleza 2**


---



---

**Propuesta de mejora**


---



---

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Harás una simulación corta con solo dos colores y dos generaciones, y compararás a Lamarck y Darwin con frases guiadas.

### 📖 Glosario visual

**Población** → grupo de individuos de la misma especie que viven en un lugar. **Variación** → diferencias entre individuos (color, tamaño...). **Heredable** → que pasa de padres a hijos por los genes. **Mutación** → cambio al azar en el ADN; crea variación nueva. **Selección natural** → los individuos con rasgos favorables en un ambiente sobreviven y tienen más crías. **Adaptación** → rasgo que se ha hecho frecuente porque favorecía la supervivencia o la reproducción. **Frecuencia** → proporción (%) de individuos con un rasgo.

### 📖 Ejemplo modelado: conejos en la nieve

1) **Variación:** en una población de conejos hay unos de pelo blanco y otros de pelo marrón (y se hereda). 2) **Ambiente:** el suelo está nevado; los zorros ven mejor a los marrones. 3) **Selección:** sobreviven más conejos blancos. 4) **Reproducción diferencial:** los blancos tienen más crías, que heredan el pelo blanco. 5) **Resultado:** en la generación siguiente hay más porcentaje de conejos blancos. Ningún conejo cambió de color: cambió la población.

- 1 Simulación corta. Población inicial: 10 polillas claras y 10 oscuras sobre un tronco oscuro. En cada generación los pájaros cazan 6 claras y 2 oscuras, y cada superviviente tiene 1 cría igual. Completa.

|                          | Claras | Oscuras | Total | % de oscuras |
|--------------------------|--------|---------|-------|--------------|
| Generación 0             | 10     | 10      | 20    | 50 %         |
| Supervivientes           |        |         |       |              |
| Generación 1 (con crías) |        |         |       |              |
| Supervivientes           |        |         |       |              |
| Generación 2 (con crías) |        |         |       |              |

- 2 Completa las frases.

Según Lamarck, las polillas se oscurecían porque lo \_\_\_\_\_ y transmitían a sus crías los cambios \_\_\_\_\_ durante su vida. Según Darwin, en la población ya había polillas claras y \_\_\_\_\_; los pájaros cazaban más las \_\_\_\_\_ y las oscuras tenían más \_\_\_\_\_. Por eso, generación tras generación, aumentaba la \_\_\_\_\_ de polillas oscuras.

- 3 Marca la explicación correcta.

Los peces de las cuevas no tienen ojos funcionales porque...

- ☐ dejaron de usarlos y lo transmitieron a sus crías  
☐ en la oscuridad, los peces con ojos reducidos no estaban en desventaja y esa variante se extendió en la población

Una bacteria resistente aparece...

- ☐ por una mutación al azar, antes o durante el tratamiento    ☐ porque el antibiótico le enseña a defenderse

## Actividad de ampliación

SdA 8 · La evolución en acción

ALUMNADO

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

 **No todo es selección natural: deriva genética y selección sexual**

La selección natural no es el único mecanismo que cambia las poblaciones. La deriva genética son cambios en las frecuencias debidos solo al azar, y la selección sexual favorece los rasgos que aumentan el éxito para conseguir pareja, aunque reduzcan la supervivencia.

 **Pasos**

- 1** Deriva: simula dos poblaciones con monedas (cara = alelo A, cruz = alelo a). Población pequeña: 5 individuos (10 monedas); población grande: 50 individuos (100 monedas).
- 2** En cada generación, lanza todas las monedas y anota el porcentaje de caras. Repite 8 generaciones en cada población.
- 3** Representa ambas poblaciones en la misma gráfica. ¿Cuál cambia más de una generación a otra? ¿Ha llegado alguna a 0 % o 100 % (pérdida o fijación de un alelo)?
- 4** Selección sexual: busca información fiable sobre la cola del pavo real, la cornamenta del ciervo o el canto del ruiseñor, y sobre la hipótesis de los combates de cuello en las jirafas (F1).
- 5** Elabora una tabla comparando los tres mecanismos: qué los causa, si dependen del ambiente, si producen adaptaciones y un ejemplo.

**1 Comparación de mecanismos.**

| Mecanismo         | ¿Qué lo causa? | ¿Produce adaptaciones al ambiente? | ¿Más importante en poblaciones pequeñas? | Ejemplo |
|-------------------|----------------|------------------------------------|------------------------------------------|---------|
| Selección natural |                |                                    |                                          |         |
| Deriva genética   |                |                                    |                                          |         |
| Selección sexual  |                |                                    |                                          |         |

 **Entrega**

Gráfica de deriva con las dos poblaciones, tabla comparativa y un párrafo que explique por qué un rasgo puede extenderse en una población sin ser útil para sobrevivir.



 **Ficha 1**

1. Diagnóstico: b, c, b, a.
2. Tabla: A) no hacía falta variación previa; todas cambian al estirarse. B) sí, había variación heredable previa. A) cambia el individuo; B) cambia la población (proporción de cuellos largos). A) se transmite lo adquirido por el uso; B) se transmiten las variantes heredables (genes). Predicción: A predice que sí; B predice que no (el estiramiento no se hereda), aunque las jirafas con cuello largo por herencia sí tendrán más crías.
3. Frases: 1 finalista; 2 finalista (y atribuye intención); 3 lamarckista; 4 lamarckista (uso y desuso); 5 correcta; 6 otro error (ser humano y chimpancé comparten un antepasado común; ninguno desciende del otro); 7 otro error (idea de progreso o perfección: la evolución no tiene meta). Ejemplo de reescritura de la 1: «En la población de osos antecesores había variación en el color del pelo; en la nieve, los más claros cazaban mejor y tenían más crías, y el pelo claro se hizo más frecuente.»

 **Ficha 2**

1. Lamarck: variación por necesidad, uso y desuso; herencia de caracteres adquiridos; mecanismo: uso y desuso dirigido por necesidades; evoluciona el individuo; apoyo: semejanzas entre especies y extinciones de Cuvier reinterpretadas como cambio. Darwin y Wallace: variación natural previa (origen desconocido); herencia no explicada; selección natural; evoluciona la población; apoyo: Galápagos, Malasia y Molucas, selección artificial, geología de Lyell, Archaeopteryx. Síntesis: mutación al azar y recombinación; herencia mendeliana (genes); selección natural más deriva y migración; evoluciona la población (frecuencias alélicas); apoyo: genética de poblaciones, redescubrimiento de Mendel, ADN.
2. Relaciona: Cuvier, Wallace, Mary Anning, Rosalind Franklin, Lynn Margulis, Rosemary Grant (en el orden de la columna A).
3. Weismann: a) el lamarckismo predecía que las crías nacerían con colas más cortas si se heredaran los cambios del cuerpo. b) En parte sí: una mutilación no es uso ni desuso, por lo que el experimento no refuta del todo a Lamarck; una prueba mejor es mostrar que los cambios del cuerpo no alteran el ADN de las células germinales (genética molecular) o comparar crías de padres entrenados y no entrenados con genes iguales.
4. Científicas: Mary Anning no pudo entrar en la Sociedad Geológica ni firmar sus hallazgos; Rosalind Franklin no fue reconocida a tiempo (murió en 1958, antes del Nobel de 1962); Lynn Margulis vio rechazado su artículo por muchas revistas antes de publicarlo; Rosemary Grant trabajó en equipo durante 40 años. Valorar que se mencionen el contexto y la revisión de ideas con nuevas pruebas.

 **Ficha 3**

1. Matriz: fósiles (serie de ballenas, Tiktaalik, Archaeopteryx: formas intermedias en el orden temporal previsto); anatomía (extremidades homólogas: mismo plan de huesos con distinta función → antepasado común); embriología (arcos faríngeos y cola en embriones de vertebrados → genes del desarrollo compartidos); biogeografía (pinzones de Galápagos, Gallotia en Canarias: especies de islas emparentadas con las del continente cercano); molecular (hemoglobina: más diferencias cuanto más antiguo es el antepasado común).
2. Parejas: Ho; An; V; An (estructura y origen embrionario distintos: evolución convergente); Ho.
3. a) Humano 0, gorila 1, macaco 8, ratón 27, gallina 45, rana 67, lamprea 125: el orden coincide con el árbol. b) El ratón (antepasado común hace ≈ 90 Ma frente a ≈ 320 Ma). c) «El ser humano y el gorila comparten un antepasado común que vivió hace unos 9 millones de años.»
4. Si pruebas obtenidas con métodos independientes (rocas, huesos, embriones, distribución geográfica y moléculas) convergen en el mismo árbol, la explicación es mucho más sólida que si se basara en una sola.

### Fichas 4 y 5

1. Predicción esperable: oscuras en el ambiente oscuro y claras en el ambiente claro, porque el depredador ve antes las que contrastan con el fondo.
2. Elementos: variación = tres colores; herencia = la cría tiene el color del progenitor; presión de selección = depredador que ve unas más que otras sobre el fondo; reproducción diferencial = solo los supervivientes tienen crías; mutación = el dado.
3. Frecuencias: con 30 polillas, cada polilla es un 3,3 %. Comprobar que cada columna suma 100 %.
4. V/F: F (el color estaba antes; no cambia durante la vida), V, F (el dado no depende de lo que conviene), V, V.
5. Conclusión esperable: «En el ambiente oscuro, las polillas claras fueron cazadas con más frecuencia; las oscuras sobrevivieron y tuvieron más crías del mismo color, y su frecuencia pasó del 33 % a cerca del 80-90 % en cinco generaciones. En el ambiente claro ocurrió lo contrario.» Limitaciones: pocas generaciones, una cría por individuo, depredador humano que puede no cazar al azar, población pequeña (el azar influye), sin reproducción sexual. La forma intermedia tarda en desaparecer porque se ve menos que la clara.

### Ficha 6

1. Orden (números que se escriben en las filas, de arriba abajo): 4, 1, 3, 2, 5, 6. Secuencia: siembra → se detienen en la primera franja → mutación al azar → las resistentes se multiplican → nuevas mutaciones → franja central en unos 11 días.
2. Huecos: algunas bacterias (pocas); azar (mutación); sensibles; resistentes; heredan; frecuencia (proporción).
3. Cálculo: a) sensibles iniciales  $\approx 1\,000\,000\,000$ ; sobreviven el 0,01 %  $\rightarrow \approx 100\,000$ . b)  $10 \div (100\,000 + 10) \times 100 \approx 0,01$  %; al principio eran el 0,000001 %: su proporción se ha multiplicado por unas 10 000. c) Si se repite el tratamiento con las supervivientes, las sensibles volverán a morir en su mayoría y las resistentes, que se multiplican, aumentarán su proporción en cada ciclo hasta dominar la población.
4. Errores: la gripe es un virus (el antibiótico no actúa); automedicación; dosis y antibiótico no adecuados; contribuye a seleccionar bacterias resistentes en su cuerpo. Correcto: consultar con el personal sanitario y no usar antibióticos sobrantes.

### Fichas 7 y 8

1. Tabla de piezas: valorar que cada pieza esté conectada con una idea concreta y con una fuente identificable (organismo, autor, año).
2. Guepardos: errores: «porque necesitaban» (finalismo); «cada guepardo corría más y sus cachorros heredaban esa velocidad» (herencia de caracteres adquiridos); «se fue perfeccionando» (idea de progreso). Reescritura esperable: «En las poblaciones de antepasados de los guepardos había variación heredable en la velocidad. Los más rápidos cazaban más presas, sobrevivían mejor y tenían más cachorros, que heredaban esa capacidad. A lo largo de muchas generaciones, los rasgos que aumentan la velocidad se hicieron más frecuentes en la población.»

### Refuerzo

1. Supervivientes gen. 0: 4 claras y 8 oscuras. Gen. 1: 8 claras, 16 oscuras (total 24; 67 % oscuras). Supervivientes: 2 claras (8 – 6) y 14 oscuras (16 – 2). Gen. 2: 4 claras, 28 oscuras (total 32; 88 % oscuras).
2. Huecos: necesitaban; adquiridos; oscuras; claras; crías (descendencia); frecuencia (proporción).
3. Test: la segunda opción en ambas preguntas.

### Errores frecuentes

- Usar lenguaje finalista: «para», «necesitaban», «querían adaptarse».
- Pensar que evoluciona el individuo durante su vida y no la población a lo largo de generaciones.
- Creer que las mutaciones aparecen cuando hacen falta o que el antibiótico «causa» la resistencia.
- Leer el árbol filogenético como una escalera de progreso o decir que una especie actual desciende de otra actual.
- Confundir número de individuos con frecuencia (%), o comparar totales de poblaciones de distinto tamaño.
- Confundir órganos homólogos (mismo origen) con análogos (misma función).

### Criterios para valorar respuestas abiertas

- En las explicaciones abiertas, valorar que aparezcan los cuatro elementos: variación heredable previa, selección por el ambiente, reproducción diferencial y cambio de frecuencias en la población.
- En la simulación, valorar la coherencia entre datos, gráfica y conclusión por encima del resultado concreto: el azar puede producir resultados distintos entre equipos y conviene comentarlo.
- Seguridad: las pinzas se usan solo para la simulación; no se cultivan bacterias en el aula para este caso, ya que se trabaja con datos publicados.
- Tratar la evolución humana con rigor y respeto a las creencias del alumnado, distinguiendo explicación científica y creencia personal.

## 09

## SITUACIÓN DE APRENDIZAJE

## Nuestra dirección en el universo

## PREGUNTA GUÍA



*¿Cómo situamos la Tierra en un universo cuyas escalas superan nuestra experiencia cotidiana?*



CURSO / NIVEL  
4.º ESO



SESIONES  
7 sesiones · 3.º trimestre



COMPETENCIAS ESPECÍFICAS  
CE1, CE2, CE4



BLOQUES DE SABERES  
E · La Tierra en el universo · A ·  
Proyecto científico



PRODUCTO FINAL  
Atlas “De la Tierra al universo”  
con escalas, componentes del  
sistema solar, jerarquía  
cósmica y breve sección sobre  
origen del universo.



CRITERIOS DE EVALUACIÓN  
1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 4.1



## Contexto, reto y sentido

El bloque “La Tierra en el universo” conecta escalas, modelos y evidencia. La situación evita confundir sistema solar, galaxia y universo y trabaja magnitudes de forma accesible.

**Reto**

Construir un atlas de escalas que ubique Tierra, sistema solar, Vía Láctea y universo observable y explique evidencias del modelo cosmológico actual a nivel divulgativo.

**Producto final**

Atlas “De la Tierra al universo” con escalas, componentes del sistema solar, jerarquía cósmica y breve sección sobre origen del universo.

## Vinculación curricular

### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS Y DESCRIPTORES DEL PERFIL DE SALIDA

#### CE1

Interpretar y transmitir información y datos científicos, argumentando sobre ellos y utilizando diferentes formatos, para analizar conceptos y procesos de las ciencias biológicas y geológicas.

CCL1

CCL2

CCL5

STEM4

CD2

CD3

CCEC4

#### CE2

Identificar, localizar y seleccionar información, contrastando su veracidad, organizándola y evaluándola críticamente, para resolver preguntas relacionadas con las ciencias biológicas y geológicas.

CCL3

STEM4

CD1

CD2

CD3

CD4

CD5

CPSAA4

#### CE4

Utilizar el razonamiento y el pensamiento computacional, analizando críticamente las respuestas y soluciones y reformulando el procedimiento, si fuera necesario, para resolver problemas o dar explicación a procesos de la vida cotidiana relacionados con la biología y la geología.

STEM1

STEM2

CD5

CPSAA5

CE1

CE3

CCEC4

### Criterios de evaluación seleccionados

1.1

Analizar conceptos y procesos biológicos y geológicos interpretando información en diferentes formatos, manteniendo una actitud crítica, obteniendo conclusiones y formando opiniones propias fundamentadas.

1.2

Transmitir opiniones propias fundamentadas e información sobre Biología y Geología de forma clara y rigurosa, facilitando su comprensión y análisis mediante el uso de la terminología y el formato adecuados.

1.3

Analizar y explicar fenómenos biológicos y geológicos representándolos mediante el diseño y la realización de modelos y diagramas y utilizando, cuando sea necesario, los pasos del diseño de ingeniería.

2.1

Resolver cuestiones y profundizar en aspectos biológicos y geológicos localizando, seleccionando, organizando y analizando críticamente la información de distintas fuentes y citándolas con respeto por la propiedad intelectual.

2.2

Contrastar la veracidad de la información sobre temas biológicos y geológicos o trabajos científicos, utilizando fuentes fiables y adoptando una actitud crítica y escéptica hacia informaciones sin base científica.

4.1

Resolver problemas o dar explicación a procesos biológicos o geológicos utilizando conocimientos, datos e información, razonamiento lógico, pensamiento computacional o recursos digitales.

## Saberes básicos prioritarios

### E

#### La Tierra en el universo

- El origen del universo y del sistema solar.
- Componentes del sistema solar: estructura y características.

### A

#### Proyecto científico

- Estrategias para la búsqueda de información, la colaboración y la comunicación de procesos, resultados o ideas científicas.
- Fuentes fidedignas de información científica: reconocimiento y utilización.
- Modelado para la representación y comprensión de procesos o elementos de la naturaleza.
- La evolución histórica del saber científico: ciencia colectiva, interdisciplinar y en continua construcción.



## Objetivos didácticos

- ✓ Diferenciar planeta, sistema planetario, estrella, galaxia y universo.
- ✓ Describir componentes principales del sistema solar.
- ✓ Interpretar escalas astronómicas y modelos no a escala.
- ✓ Explicar de forma divulgativa el origen del universo según el modelo científico aceptado.
- ✓ Evaluar fuentes de astronomía.



## Metodología y papel docente

### 🔗 Enfoque metodológico

Aprendizaje basado en retos e indagación guiada, combinando interpretación de información, modelado, experimentación o trabajo de campo cuando procede, resolución de problemas, cooperación y comunicación científica.

### 🎓 Papel del docente

- Presenta el reto.
- Modela procedimientos.
- Garantiza la seguridad.
- Aporta fuentes graduadas.
- Observa.
- Retroalimenta.
- Ayuda a distinguir evidencia.
- Inferencia y opinión.



## Secuencia de sesiones y actividades

- ① Cada sesión genera una **evidencia** que se recoge en las fichas del Anexo 3. En las prácticas, el docente garantiza la seguridad y modela el procedimiento antes de que lo realice el alumnado.

1

## SESIÓN 1

**Nuestra dirección cósmica**

Jerarquía aula-Tierra-sistema solar-Vía Láctea-universo observable.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Jerarquía cósmica

2

## SESIÓN 2

**Un sistema solar con diversidad**

Comparación de planetas y otros cuerpos mediante datos de tamaño, composición y distancia.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Matriz planetaria

3

## SESIÓN 3

**El problema de dibujar escalas**

Dos modelos separados: tamaños y distancias; límites de representación.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Modelos de escala

4

## SESIÓN 4

**¿Cómo sabemos que el universo cambia?**

Lectura guiada de expansión/redshift y radiación cósmica de fondo a nivel divulgativo.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Ficha de evidencias

5

## SESIÓN 5

**Big Bang no fue una explosión en un punto**

Corrección de analogías y bulos mediante modelos conceptuales.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Fact-check cosmológico

6

## SESIÓN 6

**Construimos el atlas**

Diseño y revisión de escalas, etiquetas y fuentes.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Borrador de atlas

7

## SESIÓN 7

**Viaje de escalas**

Presentación y reto individual de ubicar un objeto nuevo.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Atlas final**Recursos, interdisciplinariedad y transversalidad** **Recursos**

Datos astronómicos seleccionados

Imágenes reales de NASA/ESA u organismos equivalentes con licencia adecuada

Material de escala

Plantilla planetaria

Fuentes divulgativas fiables

**Interdisciplinariedad**

Matemáticas, Física y Química y Tecnología.

**Elementos transversales**

Alfabetización científica, humildad epistémica, fuentes fiables y perspectiva planetaria.

**Alternativa sin dispositivos**

Sustituir herramientas digitales por dosieres impresos y datos preparados. Las prácticas no disponibles pueden convertirse en demostraciones, simulaciones o análisis de datos ya recogidos, manteniendo el razonamiento científico.

**DUA y atención a la diversidad****Implicación**

Metas visibles, elección de formato cuando el criterio lo permita, hitos cortos, roles cooperativos y retroalimentación frecuente.

**Representación**

Texto, fotografía, esquema, modelo, tabla, gráfica, demostración y glosario visual; ejemplos resueltos y materiales de distinta complejidad.

**Acción y expresión**

Informe, modelo, exposición, audio o producto visual cuando sea compatible con el criterio; organizadores y listas de cotejo.

**Medidas específicas en esta SdA**

Escalas simplificadas; tarjetas jerárquicas; tablas con datos redondeados; audio/visual alternativo.

**Refuerzo**

Anexo 8

Jerarquía cósmica y comparación de cuatro cuerpos con datos ya seleccionados.

**Ampliación**

Anexo 9

Trabajar notación científica o un calendario del universo.

**Evaluación**

Evaluación continua y formativa: diagnóstico inicial, evidencias durante el proceso, revisión de borradores y valoración final del producto más una evidencia individual. La ponderación debe adaptarse a la normativa autonómica y a los acuerdos del departamento.

**FASE 1****Inicial**

Diagnóstico de ideas previas con la primera ficha del Anexo 3 y la ficha de lanzamiento (Anexo 1).

**FASE 2****Formativa**

Evidencias de cada sesión, revisión de borradores y retroalimentación con la lista de cotejo (Anexo 5).

**FASE 3****Final**

Valoración del producto con la rúbrica (Anexo 6) más una evidencia individual y la reflexión del Anexo 7.



## Criterios, evidencias e instrumentos

| Criterio | Evidencia principal                                                                                                                                                                      | Instrumento                                                                  |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| 1.1      | Interpretación de la jerarquía cósmica (F1), de la tabla planetaria (F3) y del gráfico de Hubble (F7) para obtener conclusiones con datos y unidades.                                    | Fichas 1, 2 y 4 / rúbrica y lista de cotejo                                  |
| 1.2      | Explicación escrita del origen del universo y del sistema solar y de la escala de los objetos, con terminología precisa (galaxia, sistema planetario, año luz, UA, corrimiento al rojo). | Páginas del atlas (Anexo 4) y Ficha 6 / rúbrica                              |
| 1.3      | Modelos a escala de tamaños y de distancias con cálculo correcto de la escala y explicación de sus límites; esquema del origen del sistema solar.                                        | Ficha 3 «El problema de dibujar escalas» y atlas / rúbrica y lista de cotejo |
| 2.1      | Selección de al menos tres fuentes astronómicas fiables (NASA, ESA, IAC...) y cita correcta de los datos del atlas.                                                                      | Ficha 6 (evaluación de fuentes) y atlas / checklist de fiabilidad            |
| 2.2      | Verificación de ocho afirmaciones sobre el universo (Big Bang, expansión, Plutón...) identificando errores y corrigiéndolos con fuentes fiables.                                         | Ficha 5 «Fact-check cosmológico» / checklist de fiabilidad                   |
| 4.1      | Resolución de cálculos con notación científica: tiempos de luz, escalas, constante de Hubble, edad del universo y calendario cósmico.                                                    | Fichas 1, 3, 4 y 7 / escala de valoración                                    |

### ↻ Autoevaluación y coevaluación Anexo 7

El alumnado valora sus aprendizajes, dificultades y aportación al equipo, y revisa el producto de otro equipo con la lista de cotejo antes de la entrega final.

## + Rúbrica del producto final

| Indicador                           | NIVEL 4<br>Avanzado                                                                                                                                                                                    | NIVEL 3<br>Adecuado                                                                                                                                           | NIVEL 2<br>En proceso                                                                                                        | NIVEL 1<br>Inicial                                                                         |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Comprensión científica</b>       | Rigurosa, conectada y con vocabulario preciso.                                                                                                                                                         | Correcta en lo esencial.                                                                                                                                      | Parcial o con alguna confusión.                                                                                              | Fragmentaria o con errores esenciales.                                                     |
| <b>Uso de evidencias</b>            | Contrasta fuentes y usa evidencias concretas.                                                                                                                                                          | Aporta evidencias suficientes.                                                                                                                                | Evidencias escasas o descriptivas.                                                                                           | Conclusiones sin evidencia suficiente.                                                     |
| <b>Jerarquía y escalas cósmicas</b> | Ordena sin errores la jerarquía cósmica con unidades adecuadas, convierte entre km, UA y años luz con notación científica y explica por qué ningún dibujo puede mostrar tamaños y distancias a la vez. | Ordena correctamente la jerarquía y convierte unidades con algún despiste menor; explica los límites de un modelo a escala de forma correcta pero incompleta. | Ordena la jerarquía con apoyo; confunde alguna unidad (año luz con tiempo, UA con km) o comete errores de cálculo de escala. | No distingue planeta, estrella, galaxia y universo ni sabe usar las unidades astronómicas. |

| Indicador                                            | NIVEL 4<br>Avanzado                                                                                                                                                                                                                                                        | NIVEL 3<br>Adecuado                                                                                                                                  | NIVEL 2<br>En proceso                                                                                                    | NIVEL 1<br>Inicial                                                                                               |
|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Rigor del modelo del sistema solar y universo</b> | Describe con datos reales las características de los planetas y de otros cuerpos, explica el origen del sistema solar y del universo con evidencias (expansión, radiación de fondo, elementos ligeros) y corrige analogías erróneas (Big Bang como explosión en un punto). | Describe correctamente el sistema solar y las evidencias principales del modelo cosmológico; la corrección de analogías es correcta pero incompleta. | Describe parcialmente el sistema solar y el origen del universo; acepta alguna analogía o dato erróneo sin contrastarlo. | Presenta errores esenciales (Plutón como planeta, Sol como galaxia, Big Bang como explosión) o datos sin fuente. |
| <b>Comunicación y producto</b>                       | Claro, preciso y responde plenamente al reto.                                                                                                                                                                                                                              | Claro y responde adecuadamente.                                                                                                                      | Cumple parcialmente o necesita mejorar.                                                                                  | Incompleto o no responde al reto.                                                                                |



## Variantes de aplicación

### ↗ Versión abreviada

Trabajar con fuentes/datos cerrados y un producto de una página o modelo único.

### ↖ Versión ampliada

Añadir laboratorio/campo, comparación de casos, mayor tratamiento de datos y una fase pública de comunicación científica.

## Ficha de lanzamiento del reto

SdA 9 · Nuestra dirección en el universo

ALUMNADO

Si alguien os preguntara vuestra dirección completa, escribiríais calle, localidad y país. Pero la dirección «completa» sigue: planeta Tierra, sistema solar, Vía Láctea, Grupo Local... En 1977 la NASA lanzó la sonda Voyager 1; en noviembre de 2026 será el primer objeto humano a un día luz de distancia: su señal, que viaja a 300 000 km/s, tardará 24 horas en llegarnos, y aún no habrá salido del sistema solar. En esta situación escribiréis la dirección cósmica de la Tierra con datos reales, construiréis modelos a escala que no engañen y distinguiréis lo que sabemos del universo de lo que son bulos.

## “ ¿Cómo situamos la Tierra en un universo cuyas escalas superan nuestra experiencia cotidiana? ”

### 🎯 **Vuestro reto**

Construir un atlas de escalas que ubique Tierra, sistema solar, Vía Láctea y universo observable y explique evidencias del modelo cosmológico actual a nivel divulgativo.

### 📦 **Lo que vais a producir**

Atlas “De la Tierra al universo” con escalas, componentes del sistema solar, jerarquía cósmica y breve sección sobre origen del universo.

### 📍 **Hoja de ruta · 7 sesiones**

- 1 Ordenamos la jerarquía cósmica, desde el aula hasta el universo observable, con unidades adecuadas.
- 2 Comparamos los planetas y otros cuerpos del sistema solar con datos reales de la NASA.
- 3 Calculamos dos modelos a escala, uno de tamaños y otro de distancias, y vemos sus límites.
- 4 Interpretamos la expansión del universo (corrimiento al rojo) y la radiación cósmica de fondo.
- 5 Verificamos afirmaciones sobre el Big Bang y corregimos analogías y bulos.
- 6 Construimos el atlas «De la Tierra al universo» y revisamos escalas, etiquetas y fuentes.
- 7 Presentamos el atlas y ubicamos un objeto nuevo en la jerarquía cósmica.

### 📋 **Al terminar seré capaz de...**

- ✓ Diferenciar planeta, sistema planetario, estrella, galaxia y universo.
- ✓ Describir componentes principales del sistema solar.
- ✓ Interpretar escalas astronómicas y modelos no a escala.
- ✓ Explicar de forma divulgativa el origen del universo según el modelo científico aceptado.
- ✓ Evaluar fuentes de astronomía.

### 📋 **¿Cómo me evaluarán?**

Con la rúbrica del producto final (Anexo 6), la lista de cotejo (Anexo 5) y una reflexión personal (Anexo 7). ¡Revisadlas antes de empezar!

## Dossier de fuentes y materiales base

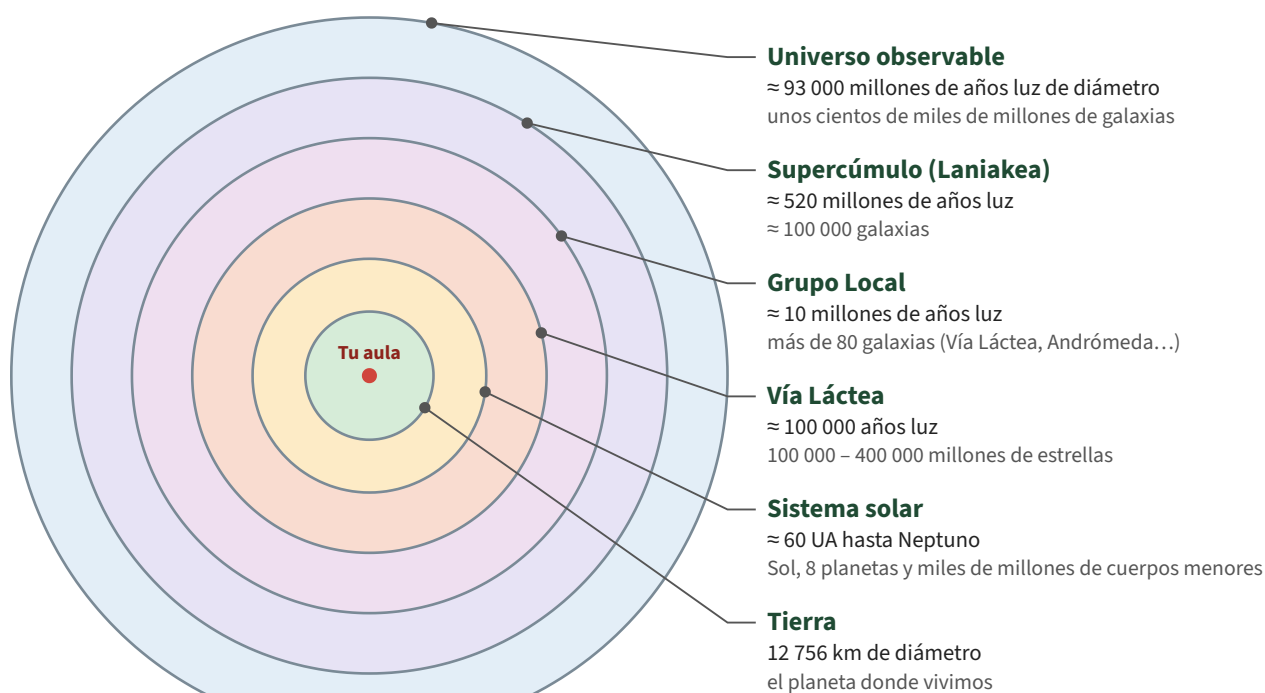
SdA 9 · Nuestra dirección en el universo

ALUMNADO

Material base para el atlas: jerarquía cósmica, unidades astronómicas, datos reales del sistema solar, esquemas de escalas y del origen del sistema solar, evidencias del modelo del Big Bang, gráfico de Hubble, afirmaciones para verificar y un protocolo para construir un modelo a escala.

## F1 Nuestra dirección cósmica

ESQUEMA



Esquema no a escala: cada círculo es mucho más grande que el anterior (de 10 a 1 000 000 de veces).

Fuente: Esquema de elaboración propia. Tamaños: NASA, ESA y publicaciones de referencia (Tully et al., Nature, 2014, para Laniakea). Cifras redondeadas.

🔍 Cada nivel contiene a los anteriores: la Tierra está en el sistema solar, este en la Vía Láctea, esta en el Grupo Local, y así sucesivamente.

## F2 Unidades para medir lo muy grande

DATOS

| Unidad                  | Qué mide                                                               | Equivalencia                                       | Ejemplo                                                   |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Kilómetro (km)          | Distancias en la Tierra y entre la Tierra y la Luna                    | 1 km = 1 000 m                                     | Tierra–Luna: 384 400 km (la luz tarda 1,3 s)              |
| Unidad astronómica (UA) | Distancias dentro del sistema solar: distancia media Tierra–Sol        | 1 UA = 149 597 871 km ≈ 1,496 · 10 <sup>8</sup> km | Neptuno está a 30 UA del Sol (la luz tarda 4 h 10 min)    |
| Año luz (al)            | Distancias entre estrellas y galaxias: lo que recorre la luz en un año | 1 al = 9,46 · 10 <sup>12</sup> km ≈ 63 241 UA      | Próxima Centauri, la estrella más cercana al Sol: 4,25 al |
| Parsec (pc)             | Distancias en astronomía profesional                                   | 1 pc = 3,26 al                                     | Los cúmulos de galaxias se miden en megaparsecs (Mpc)     |

**Un año luz mide distancia, no tiempo.** Cuando miras un objeto lejano ves la luz que salió de él hace tiempo: observar es mirar al pasado. La luz del Sol tarda 8 min 20 s en llegar a la Tierra; la de la galaxia de Andrómeda, unos 2,5 millones de años.

Fuente: Definiciones de la Unión Astronómica Internacional (UAI) y valores del NIST. Tiempos de luz calculados con  $c = 299\,792\text{ km/s}$ .

F3 El sistema solar con datos reales

DATOS

| Cuerpo   | Tipo            | Diámetro (km) | Masa (Tierra = 1) | Densidad (kg/m³) | Distancia al Sol (UA) | Período orbital | Temp. media (°C) | Satélites |
|----------|-----------------|---------------|-------------------|------------------|-----------------------|-----------------|------------------|-----------|
| Mercurio | Rocoso          | 4 879         | 0,055             | 5 429            | 0,39                  | 88 días         | 167              | 0         |
| Venus    | Rocoso          | 12 104        | 0,82              | 5 243            | 0,72                  | 225 días        | 464              | 0         |
| Tierra   | Rocoso          | 12 756        | 1                 | 5 514            | 1,00                  | 365 días        | 15               | 1         |
| Marte    | Rocoso          | 6 792         | 0,11              | 3 934            | 1,52                  | 687 días        | -65              | 2         |
| Júpiter  | Gigante gaseoso | 142 984       | 318               | 1 326            | 5,2                   | 11,9 años       | -110             | 95        |
| Saturno  | Gigante gaseoso | 120 536       | 95                | 687              | 9,6                   | 29,4 años       | -140             | 274       |
| Urano    | Gigante helado  | 51 118        | 14,5              | 1 271            | 19,2                  | 83,7 años       | -195             | 28        |
| Neptuno  | Gigante helado  | 49 528        | 17,1              | 1 638            | 30,1                  | 163,7 años      | -200             | 16        |

**El Sol** concentra el 99,86 % de la masa del sistema solar: su diámetro (1 392 700 km) es 109 veces el de la Tierra y su temperatura superficial, de unos 5 500 °C.

**Atmósferas:** Mercurio casi no tiene; Venus, 96 % de CO<sub>2</sub> (efecto invernadero intenso); Tierra, 78 % de N<sub>2</sub> y 21 % de O<sub>2</sub>; Marte, CO<sub>2</sub> muy tenue; Júpiter y Saturno, H<sub>2</sub> y He; Urano y Neptuno, H<sub>2</sub>, He y CH<sub>4</sub>.

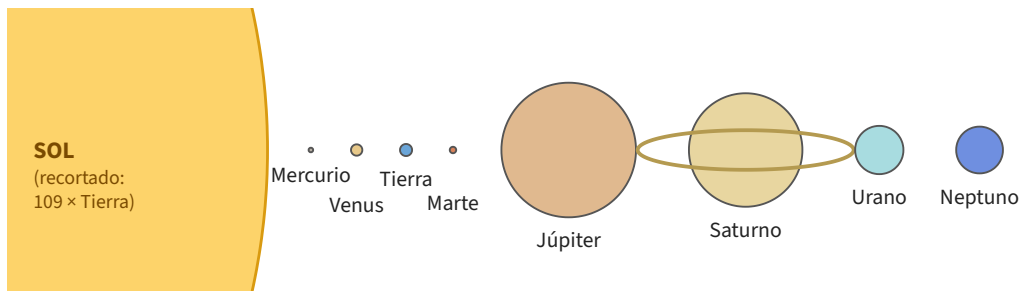
**Planetas enanos y cuerpos menores:** Ceres (940 km, cinturón de asteroides, 2,8 UA), Plutón (2 376 km, 39,5 UA), Eris (≈ 2 330 km, 68 UA), además de asteroides, cometas y objetos transneptunianos (cinturón de Kuiper). Según la Unión Astronómica Internacional (2006), un **planeta** orbita alrededor del Sol, es casi esférico y ha despejado su órbita de otros cuerpos; un **planeta enano** cumple las dos primeras condiciones pero no la tercera.

Fuente: NASA, Planetary Fact Sheet (NSSDC) y NASA/JPL (número de satélites confirmados, 2025: los recuentos cambian con nuevos descubrimientos). Valores redondeados. Temperatura: media en la superficie (rocosos) o a 1 bar de presión (gigantes).

## F4 El problema de dibujar escalas

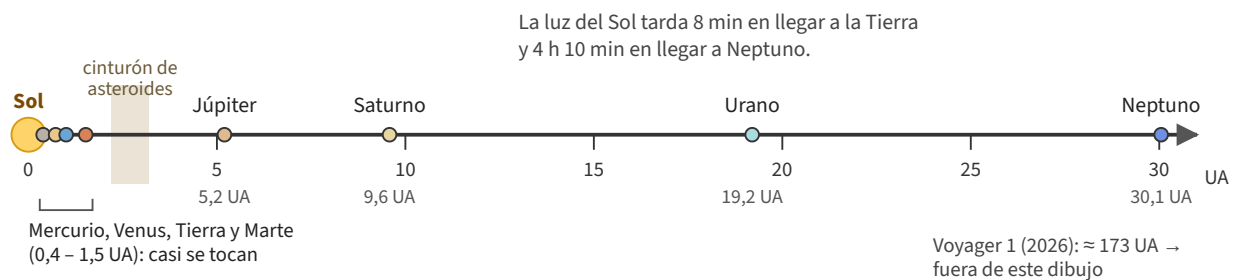
## ESQUEMA

## A. Tamaños a escala (las distancias NO están a escala)



Diámetros a la misma escala: Júpiter  $\approx$  11 veces el diámetro de la Tierra; el Sol, 109 veces. Los planetas se han separado solo para poder verlos.

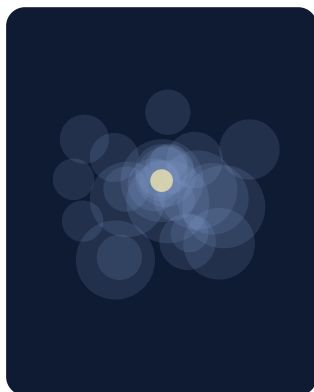
## B. Distancias al Sol a escala (los tamaños NO están a escala)



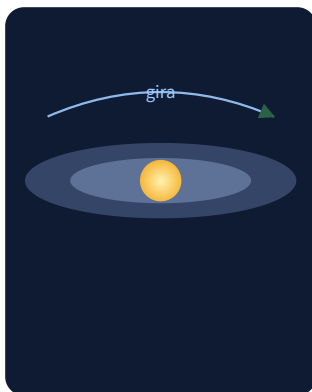
Ningún dibujo puede mostrar a la vez tamaños y distancias a la misma escala: los planetas serían puntos invisibles.

Fuente: Esquema de elaboración propia con datos de la NASA (diámetros y distancias medias).

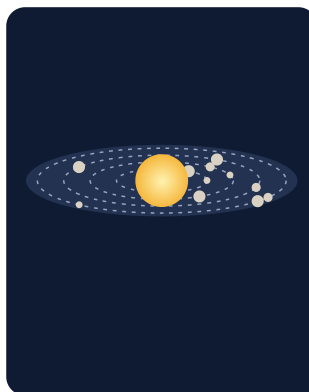
🔍 Los tamaños en A están a escala entre sí; las distancias en B están a escala entre sí; pero A y B no usan la misma escala.

**F5** Origen del sistema solar**ESQUEMA****1. Nube de gas y polvo**

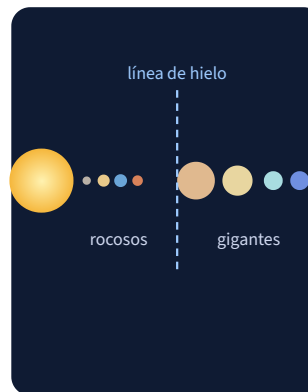
Hace  $\approx 4\,600$  millones de años, una nube fría se contrae

**2. Disco protoplanetario**

La nube gira y se aplanan; el centro forma el protosol

**3. Planetesimales**

El polvo se agrupa en rocas y protoplanetas; el Sol se enciende

**4. Sistema solar**

Rocosos cerca del Sol y gigantes lejos de él (línea de hielo)

*Esquema no a escala. La edad del sistema solar ( $\approx 4\,567$  millones de años) se deduce de la datación de meteoritos.*

*Fuente: Esquema de elaboración propia: modelo de la nebulosa solar, aceptado por la comunidad científica.*

**Q** Evidencias: los planetas orbitan en el mismo sentido y casi en un mismo plano; la edad de los meteoritos más antiguos ( $\approx 4\,567$  millones de años) coincide con la del sistema solar.

**F6 El universo: tres pruebas de un origen caliente y en expansión****ESTUDIO DE CASO**

El modelo cosmológico actual, el **Big Bang**, explica el universo como un espacio que se expande y se enfría desde un estado inicial muy caliente y denso hace unos 13 800 millones de años ( $13\,787 \pm 20$  millones, según la misión Planck de la ESA).

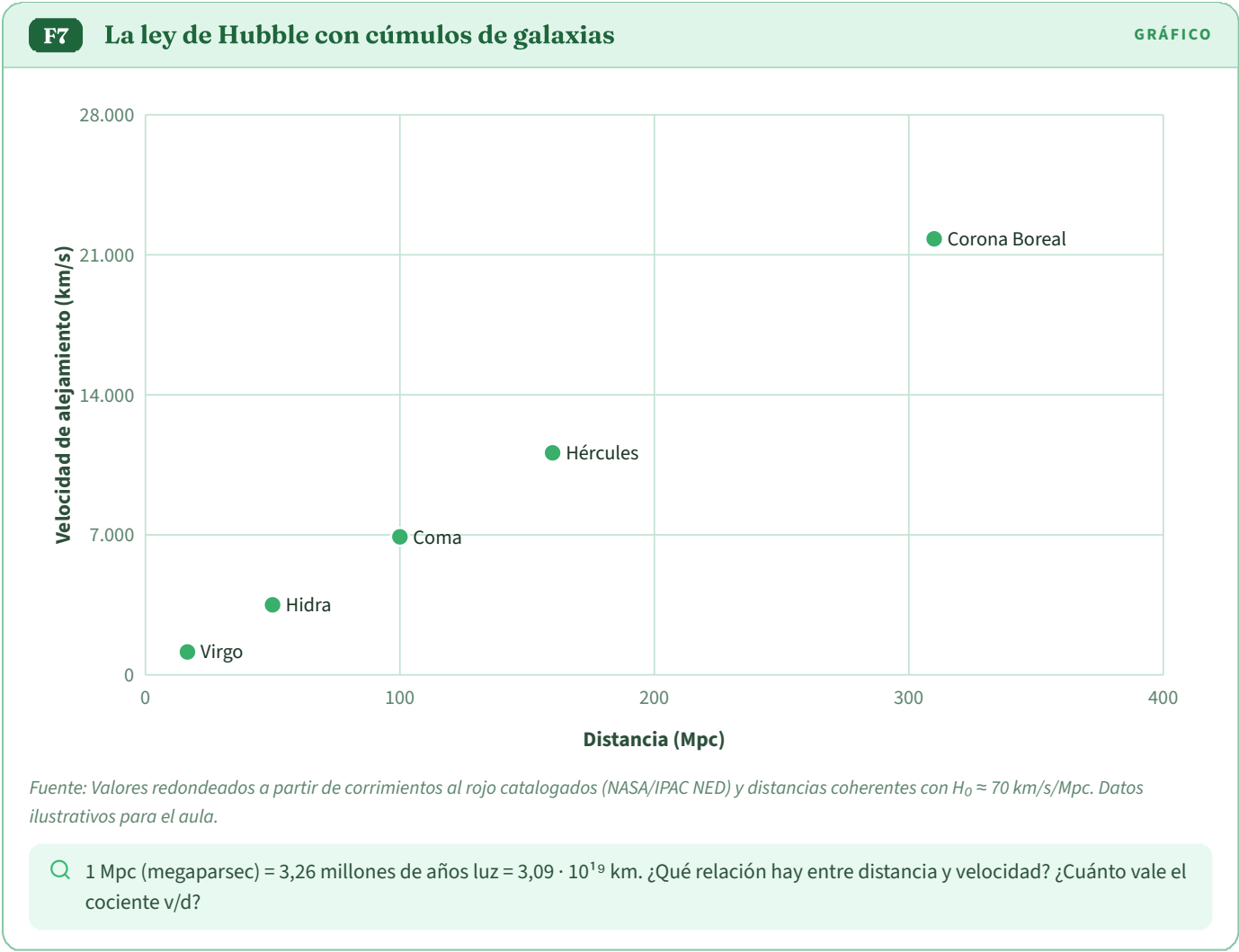
- **1. Las galaxias se alejan.** En 1927 Georges Lemaître y en 1929 Edwin Hubble encontraron que la luz de las galaxias lejanas está desplazada hacia el rojo (**corrimiento al rojo**): su luz se «estira» porque el espacio se expande. Cuanto más lejos está una galaxia, más deprisa se aleja (ley de Hubble:  $v = H_0 \cdot d$ ).
- **2. La luz más antigua.** En 1965 Arno Penzias y Robert Wilson detectaron un débil fondo de microondas que llega de todo el cielo. Es la **radiación cósmica de fondo**: la luz liberada unos 380 000 años después del Big Bang, cuando los primeros átomos se formaron y la luz pudo viajar libre. Hoy su temperatura es de 2,7 K ( $-270,4\text{ °C}$ ). Los satélites COBE, WMAP y Planck la han cartografiado.
- **3. Los elementos ligeros.** En los primeros minutos se formaron núcleos ligeros. El modelo predice que el 75 % de la materia ordinaria del universo primitivo sería hidrógeno y el 25 %, helio (en masa), y es lo que se observa en las estrellas más antiguas.

**Dos analogías (con límites).** El **globo**: si dibujas puntos en un globo y lo inflas, todos se alejan unos de otros y ninguno es el centro. El **pan con pasas**: al crecer la masa, cada pasa se separa de las demás y las más lejanas se separan más deprisa. Límite: en estas analogías el globo es una superficie con un «interior» y un «exterior» y la masa tiene bordes; el universo no tiene un centro ni un borde desde el que se expanda. No es una explosión en un punto del espacio: **es el propio espacio el que se expande**, en todos los lugares a la vez.

**Ciencia en construcción.** Dos métodos distintos de medir la rapidez de la expansión dan hoy valores algo diferentes (unos 67 y 73 km/s por megaparsec): es la «tensión de Hubble», un problema que todavía se investiga. Hubble en 1929 obtuvo un valor cerca de siete veces mayor, que daba una edad del universo inferior a la de la Tierra; se corrigió al mejorar las medidas de distancia.

*Fuente: Elaboración propia a partir de NASA, ESA (misión Planck, 2013-2018) y Hubble (1929). Cifras redondeadas.*





F8

Ocho afirmaciones para verificar

DATOS

| N.º | Afirmación                                                                            | Dónde se oye                |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 1   | «El Big Bang fue una explosión en un punto del espacio vacío.»                        | Documental divulgativo      |
| 2   | «Las galaxias se alejan de nosotros porque la Tierra está en el centro del universo.» | Conversación                |
| 3   | «Un año luz es el tiempo que tarda la luz en llegar hasta la Tierra.»                 | Película de ciencia ficción |
| 4   | «Plutón es el noveno planeta del sistema solar.»                                      | Libro antiguo               |
| 5   | «El Sol es una de las estrellas más grandes del universo.»                            | Vídeo viral                 |
| 6   | «Casi todas las estrellas que vemos de noche a simple vista están en otras galaxias.» | Conversación                |
| 7   | «El Big Bang es solo una teoría, no tiene pruebas.»                                   | Tertulia                    |
| 8   | «El sistema solar, la Vía Láctea y el universo son lo mismo.»                         | Anuncio                     |

**Dónde comprobar:** NASA ([science.nasa.gov](http://science.nasa.gov)), Agencia Espacial Europea ([esa.int](http://esa.int)), Instituto de Astrofísica de Canarias ([iac.es](http://iac.es)), Observatorio Astronómico Nacional del IGN ([ign.es](http://ign.es)) y planetarios y museos de ciencia. **Señales de alarma:** «los científicos no quieren que lo sepas», datos sin fuente ni fecha, imágenes sin créditos, titulares con «descubren que todo lo que sabíamos es falso».

*Fuente: Afirmaciones de elaboración propia basadas en ideas erróneas frecuentes sobre astronomía. No son citas reales de ninguna persona o medio.*

**F9****Construimos un modelo del sistema solar con un rollo de papel****PROTOCOLO**

**Modelo de distancias.** Cada hoja del rollo representa **10 millones de km**.

- Marca la posición del Sol en el extremo del rollo y calcula, para cada planeta, cuántas hojas hay que desenrollar (distancia en millones de km ÷ 10).
- Desenrolla el papel por el suelo del patio o del pasillo y pega una nota con el nombre de cada planeta en su hoja.
- Mide con la cinta métrica la longitud total del modelo hasta Neptuno.

**Modelo de tamaños.** El Sol es un balón de **22 cm** de diámetro.

- Calcula la escala:  $22 \text{ cm} \div 1\,392\,700 \text{ km}$ .
- Calcula el diámetro de cada planeta en el modelo y escoge un objeto de ese tamaño (una semilla, una cuenta...).

**Observa:** ¿puedes mantener en un mismo modelo los tamaños y las distancias? ¿A qué distancia del balón estaría la Tierra si usaras la escala del modelo de tamaños?

**Seguridad y orden:** trabajad en un espacio despejado, sin correr con los rollos y recogiendo el material al final.

*Fuente: Actividad de elaboración propia. Material: rollo de papel higiénico (o tira de papel con hojas marcadas), cinta métrica, cinta adhesiva, balón o pelota de 22 cm, cuentas o semillas de distinto tamaño.*

## Fichas de actividades del alumnado

SdA 9 · Nuestra dirección en el universo

ALUMNADO

## FICHA 1 Nuestra dirección cósmica

Sesión 1

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Usa F1 (jerarquía) y F2 (unidades).  $\text{Tiempo de luz} = \text{distancia} \div \text{velocidad de la luz (300 000 km/s)}$ .

## 1 Diagnóstico inicial. Marca la opción correcta.

La Vía Láctea es...

- ☐
- una estrella
- ☐
- una galaxia
- ☐
- un sistema planetario

El Sol es...

- ☐
- un planeta
- ☐
- una estrella
- ☐
- una galaxia

Un año luz es una unidad de...

- ☐
- tiempo
- ☐
- distancia
- ☐
- velocidad

Los planetas del sistema solar giran alrededor de...

- ☐
- la Tierra
- ☐
- el Sol
- ☐
- la Vía Láctea

## 2 Relaciona cada término con su definición.

1 Planeta



2 Estrella



3 Sistema planetario



4 Galaxia



5 Universo observable



a Cuerpo que orbita alrededor de una estrella, casi esférico y que ha despejado su órbita

b Esfera de gas que produce energía por fusión nuclear

c Una estrella (o varias) con los cuerpos que giran a su alrededor

d Gran conjunto de estrellas, gas, polvo y materia oscura unido por la gravedad

e Parte del cosmos de la que ha podido llegarnos luz desde el Big Bang

## 3 Ordena de menor (1) a mayor (7) tamaño estos objetos y escribe a qué nivel de F1 pertenece cada uno.

| Objeto                        | Orden (1-7) | Nivel de F1 |
|-------------------------------|-------------|-------------|
| Luna                          |             |             |
| Universo observable           |             |             |
| Sol                           |             |             |
| Vía Láctea                    |             |             |
| Tierra                        |             |             |
| Grupo Local                   |             |             |
| Sistema solar (hasta Neptuno) |             |             |

- 4 Calcula cuánto tarda la luz en recorrer cada trayecto ( $t = d \div c$ ). Expresa el resultado con la unidad más adecuada (s, min, h).

| Trayecto    | Distancia (km) | Tiempo de la luz |
|-------------|----------------|------------------|
| Tierra-Luna | 384 400        |                  |
| Tierra-Sol  | 149 600 000    |                  |
| Sol-Neptuno | 4 495 000 000  |                  |

## FICHA 2 Un sistema solar con diversidad

Sesión 2

Usa la tabla de F3. Densidad del agua =  $1\,000\text{ kg/m}^3$ .

- 1 Completa la matriz planetaria con los datos de F3: justifica el tipo de cada planeta con un dato.

| Planeta  | Tipo (rocoso / gigante gaseoso / gigante helado) | Dato de F3 que lo justifica |
|----------|--------------------------------------------------|-----------------------------|
| Mercurio |                                                  |                             |
| Tierra   |                                                  |                             |
| Júpiter  |                                                  |                             |
| Urano    |                                                  |                             |

- 2 Calcula con F3: (a) cuántas veces es mayor el diámetro de Júpiter que el de la Tierra; (b) cuántas veces mayor es la masa de Júpiter que la de la Tierra; (c) qué le pasaría a Saturno si lo pusiéramos en una piscina de agua gigante (compara densidades); (d) la distancia del Sol a Saturno expresada en km.

---

---

---

---

---

---

---

---

- 3 Explica con F3 por qué Venus ( $464\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) es más caliente que Mercurio ( $167\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), aunque está más lejos del Sol.

---

---

---

---

- 4 Plutón mide  $2\,376\text{ km}$  y la Luna  $3\,475\text{ km}$ . Según los tres criterios de la UAI (F3), explica por qué Plutón es un planeta enano y por qué la Luna no es un planeta.

---

---

---

---

---

Usa F4 y F9. Trabaja con las dos escalas por separado.

- 1 **Modelo de tamaños.** El Sol es un balón de 22 cm (220 mm). Calcula la escala (mm por km) y completa el diámetro de cada cuerpo en el modelo.

| Cuerpo  | Diámetro real (km) | Diámetro en el modelo (mm) |
|---------|--------------------|----------------------------|
| Sol     | 1 392 700          | 220                        |
| Júpiter | 142 984            |                            |
| Tierra  | 12 756             |                            |
| Neptuno | 49 528             |                            |

- 2 **Modelo de distancias.** Cada hoja de papel higiénico son 10 millones de km. Calcula cuántas hojas separan cada planeta del Sol.

| Planeta  | Distancia al Sol (millones de km) | Hojas |
|----------|-----------------------------------|-------|
| Mercurio | 57,9                              |       |
| Tierra   | 149,6                             |       |
| Marte    | 228,0                             |       |
| Júpiter  | 778,5                             |       |
| Neptuno  | 4 495                             |       |

- 3 Con la escala del primer modelo (el Sol es un balón de 22 cm), calcula a qué distancia estaría la Tierra (149,6 millones de km) y Próxima Centauri ( $4,02 \cdot 10^{13}$  km). Comenta el resultado.

---

---

---

---

---

---

---

---

- 4 Explica por qué en una hoja de papel no se pueden dibujar a la vez los tamaños y las distancias del sistema solar a la misma escala.

---

---

---

---

Usa F6 y F7. Ley de Hubble:  $v = H_0 \cdot d$ .  $1 \text{ Mpc} = 3,09 \cdot 10^{19} \text{ km}$ .

- 1 Con los datos de F7, calcula el cociente  $v/d$  de cada cúmulo y la media. ¿Qué indica el resultado?

| Cúmulo        | Distancia (Mpc) | Velocidad (km/s) | $v/d$ (km/s/Mpc) |
|---------------|-----------------|------------------|------------------|
| Virgo         | 16,5            | 1 150            |                  |
| Hidra         | 50              | 3 500            |                  |
| Coma          | 100             | 6 900            |                  |
| Hércules      | 160             | 11 100           |                  |
| Corona Boreal | 310             | 21 800           |                  |
| Media         |                 |                  |                  |

- 2 Con  $H_0 = 70 \text{ km/s/Mpc}$ : (a) ¿a qué distancia está una galaxia que se aleja a  $14\,000 \text{ km/s}$ ? (b) Calcula una edad aproximada del universo como  $1/H_0$ : pasa  $H_0$  a  $\text{s}^{-1}$  dividiendo por  $3,09 \cdot 10^{19} \text{ km/Mpc}$ , invierte y pasa los segundos a años ( $1 \text{ año} = 3,16 \cdot 10^7 \text{ s}$ ).

---

---

---

---

---

---

---

---

- 3 Verdadero o falso. Corrige las falsas.

|                                                                                                         | V                        | F                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| El corrimiento al rojo indica que la luz de las galaxias lejanas se «estira» al expandirse el espacio.  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Hubble descubrió la radiación cósmica de fondo.                                                         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| La radiación cósmica de fondo es la luz más antigua que podemos observar.                               | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| El 75 % del hidrógeno y el 25 % del helio del universo primitivo es una evidencia a favor del Big Bang. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

- 4 Dibuja en F7 una recta que pase por el origen y por los puntos. ¿Por qué decimos que «la ciencia está en construcción» con el valor de  $H_0$ ?

---

---

---

---

Fact-check cosmológico con las afirmaciones de F8 y las analogías de F6.

- 1 Clasifica cada afirmación de F8 como verdadera, falsa o incompleta, y escribe una corrección con una evidencia o un dato.

| N.º | ¿V, F o incompleta? | Corrección y evidencia |
|-----|---------------------|------------------------|
| 1   |                     |                        |
| 2   |                     |                        |
| 3   |                     |                        |
| 4   |                     |                        |
| 5   |                     |                        |
| 6   |                     |                        |
| 7   |                     |                        |
| 8   |                     |                        |

- 2 Experimento del globo. Dibuja con rotulador cuatro puntos (A, B, C, D) en un globo sin inflar, mide la distancia de A a los demás, infla el globo y vuelve a medir.

| Punto | Distancia a A antes (cm) | Distancia a A después (cm) | ¿Cuántas veces mayor? |
|-------|--------------------------|----------------------------|-----------------------|
| B     |                          |                            |                       |
| C     |                          |                            |                       |
| D     |                          |                            |                       |

- 3 Explica con el experimento por qué en un universo en expansión todas las galaxias parecen alejarse de nosotros sin que la Tierra esté en el centro, y señala un límite de la analogía.

---



---



---



---



---

Cada página del atlas necesita contenido, escala y fuente.

### 1 Planifica las páginas del atlas.

| Página                                     | Contenido | Unidad o escala | Fuente |
|--------------------------------------------|-----------|-----------------|--------|
| 1. Dirección cósmica                       |           |                 |        |
| 2. Sistema solar                           |           |                 |        |
| 3. Escala de tamaños                       |           |                 |        |
| 4. Escala de distancias                    |           |                 |        |
| 5. Origen del sistema solar y del universo |           |                 |        |
| 6. Fact-check                              |           |                 |        |

### 2 Escribe estas cantidades en notación científica con la unidad indicada.

| Cantidad                          | Notación científica |
|-----------------------------------|---------------------|
| 149 600 000 km                    |                     |
| 9 460 000 000 000 km (un año luz) |                     |
| 100 000 años luz                  |                     |
| 13 800 000 000 años               |                     |

### 3 Evalúa tres fuentes que vayas a usar en el atlas.

| Fuente (nombre y dirección) | ¿Quién la publica? | ¿Fecha? | ¿Cita datos? | ¿Coincide con otra fuente fiable? (Sí/No) |
|-----------------------------|--------------------|---------|--------------|-------------------------------------------|
|                             |                    |         |              |                                           |
|                             |                    |         |              |                                           |
|                             |                    |         |              |                                           |

### 4 Revisa tu borrador: marca lo que cumple.

- ☐ Cada dibujo indica si está a escala
- ☐ Las unidades están bien escritas (km, UA, años luz)
- ☐ Los datos tienen fuente y año
- ☐ Las analogías indican sus límites
- ☐ El texto distingue sistema solar, galaxia y universo



Resuelve el reto de forma individual con F1, F2 y F6.

- 1** Reto: ubica un objeto nuevo. La nebulosa de Orión está a unos 1 340 años luz de nosotros. Indica: (a) en qué nivel de la jerarquía cósmica está; (b) su distancia en km ( $1 \text{ al} = 9,46 \cdot 10^{12} \text{ km}$ ); (c) su distancia en UA ( $1 \text{ al} = 63\,241 \text{ UA}$ ); (d) en qué año aproximado salió la luz que vemos hoy (estamos en 2026).

---

---

---

---

---

---

---

---

- 2** Escribe en 5-6 líneas el resumen de tu atlas: qué escalas has usado, qué has aprendido sobre el origen del universo y qué fuente te ha parecido más fiable.

---

---

---

---

---

---

---

---

- 3** Autoevalúa el atlas: marca lo que contiene.

- ☐ Jerarquía cósmica con unidades
- ☐ Matriz del sistema solar con datos y fuente
- ☐ Modelos de tamaños y de distancias con sus límites
- ☐ Origen del sistema solar y evidencias del Big Bang
- ☐ Fact-check con correcciones
- ☐ Fuentes fiables citadas

# Plantilla del producto final

SdA 9 · Nuestra dirección en el universo

ALUMNADO

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Atlas «De la Tierra al universo» en una página (A3 plegado o cartulina). Cada recuadro lleva un esquema o tabla con escala o unidad, y la fuente en pequeño.

## Título y autores

### Nuestra dirección cósmica

*Jerarquía con tamaños y unidades.*

### Componentes del sistema solar

*Matriz de planetas y otros cuerpos con datos.*


---



---

### Escalas: tamaños y distancias

*Dos modelos y sus límites.*


---



---

### Origen del sistema solar y del universo

*Esquema y tres evidencias.*


---



---

### Fact-check cosmológico

*Afirmación, corrección y evidencia.*


---



---

### Fuentes y reflexión

*Fuentes citadas y límites del modelo.*


---



---

## Lista de cotejo para el proceso y la entrega

SdA 9 · Nuestra dirección en el universo

ALUMNADO

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Antes de entregar **Atlas “De la Tierra al universo” con escalas, componentes del sistema solar, jerarquía cósmica y breve sección sobre origen del universo.**, comprueba cada punto y marca la casilla. Si alguno falla, todavía estás a tiempo de mejorarlo.

### Contenido del producto

- ☐ La jerarquía cósmica está en el orden correcto y cada nivel indica su tamaño con la unidad adecuada.
- ☐ La matriz del sistema solar incluye diámetro, distancia al Sol y otro dato para al menos cuatro cuerpos, con fuente.
- ☐ Los cálculos de escala están completos y se explica por qué tamaños y distancias no caben a la vez.
- ☐ El origen del sistema solar y del universo se explican con al menos tres evidencias.
- ☐ No se presenta el Big Bang como una explosión en un punto del espacio.
- ☐ Las unidades están bien escritas y se usa la notación científica en las cantidades muy grandes.
- ☐ Se verifican al menos cuatro afirmaciones con fuentes fiables y se citan.
- ☐ Se indican los límites de las analogías y modelos utilizados.

### Calidad y rigor

- ☐ He utilizado vocabulario específico de la materia y lo he explicado cuando era necesario.
- ☐ He apoyado mis afirmaciones con evidencias (datos, citas, mapas o ejemplos concretos).
- ☐ He citado o identificado todas las fuentes utilizadas.
- ☐ He revisado la ortografía, la presentación y el orden del producto.
- ☐ He incorporado las mejoras propuestas en la coevaluación o por el docente.

#### Lo que más me ha costado

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

#### Firma del equipo / fecha de entrega

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Rúbrica imprimible**

SdA 9 · Nuestra dirección en el universo

ALUMNADO · DOCENTE

Nombre:

Curso/grupo:

Fecha:

Rúbrica para valorar **Atlas “De la Tierra al universo” con escalas, componentes del sistema solar, jerarquía cósmica y breve sección sobre origen del universo..** Marca el nivel alcanzado en cada indicador.

| Indicador                                            | NIVEL 4<br>Avanzado                                                                                                                                                                                                                                                        | NIVEL 3<br>Adecuado                                                                                                                                           | NIVEL 2<br>En proceso                                                                                                        | NIVEL 1<br>Inicial                                                                                               | Nivel |
|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>Comprensión científica</b>                        | Rigurosa, conectada y con vocabulario preciso.                                                                                                                                                                                                                             | Correcta en lo esencial.                                                                                                                                      | Parcial o con alguna confusión.                                                                                              | Fragmentaria o con errores esenciales.                                                                           |       |
| <b>Uso de evidencias</b>                             | Contrasta fuentes y usa evidencias concretas.                                                                                                                                                                                                                              | Aporta evidencias suficientes.                                                                                                                                | Evidencias escasas o descriptivas.                                                                                           | Conclusiones sin evidencia suficiente.                                                                           |       |
| <b>Jerarquía y escalas cósmicas</b>                  | Ordena sin errores la jerarquía cósmica con unidades adecuadas, convierte entre km, UA y años luz con notación científica y explica por qué ningún dibujo puede mostrar tamaños y distancias a la vez.                                                                     | Ordena correctamente la jerarquía y convierte unidades con algún despiste menor; explica los límites de un modelo a escala de forma correcta pero incompleta. | Ordena la jerarquía con apoyo; confunde alguna unidad (año luz con tiempo, UA con km) o comete errores de cálculo de escala. | No distingue planeta, estrella, galaxia y universo ni sabe usar las unidades astronómicas.                       |       |
| <b>Rigor del modelo del sistema solar y universo</b> | Describe con datos reales las características de los planetas y de otros cuerpos, explica el origen del sistema solar y del universo con evidencias (expansión, radiación de fondo, elementos ligeros) y corrige analogías erróneas (Big Bang como explosión en un punto). | Describe correctamente el sistema solar y las evidencias principales del modelo cosmológico; la corrección de analogías es correcta pero incompleta.          | Describe parcialmente el sistema solar y el origen del universo; acepta alguna analogía o dato erróneo sin contrastarlo.     | Presenta errores esenciales (Plutón como planeta, Sol como galaxia, Big Bang como explosión) o datos sin fuente. |       |
| <b>Comunicación y producto</b>                       | Claro, preciso y responde plenamente al reto.                                                                                                                                                                                                                              | Claro y responde adecuadamente.                                                                                                                               | Cumple parcialmente o necesita mejorar.                                                                                      | Incompleto o no responde al reto.                                                                                |       |

**Observaciones del docente**


---



---



---

**Valoración global**


---



---



---

**Autoevaluación y coevaluación**

SdA 9 · Nuestra dirección en el universo

ALUMNADO

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

**Parte 1 · Autoevaluación**

| Afirmación                                                                                      | Aún no                | Con ayuda             | Bien                  | Muy bien              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Sé situar un objeto en la jerarquía cósmica y expresar su distancia en km, UA o años luz.       | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Sé explicar tres evidencias del modelo del Big Bang y por qué no fue una explosión en un punto. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| He cumplido mi rol y mis tareas dentro del equipo.                                              | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| He escuchado y tenido en cuenta las ideas de los demás.                                         | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| He usado fuentes y evidencias para justificar mis ideas.                                        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| He revisado y mejorado mi trabajo a partir de la retroalimentación.                             | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

**Dos aprendizajes que he logrado**


---



---



---

**Una dificultad que he tenido**


---



---



---

**Una mejora que haré la próxima vez**


---



---

**Parte 2 · Coevaluación de otro equipo****Equipo evaluado:** \_\_\_\_\_**Fortaleza 1**


---



---

**Fortaleza 2**


---



---

**Propuesta de mejora**


---



---

## Material de apoyo y refuerzo

SdA 9 · Nuestra dirección en el universo

ALUMNADO

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Trabajarás con una jerarquía cósmica de seis niveles y compararás cuatro cuerpos con datos ya seleccionados.

### 📖 Glosario visual

**Planeta** = gira alrededor de una estrella (el Sol, por ejemplo) · **Estrella** = bola de gas que brilla por sí misma · **Sistema planetario** = estrella + planetas y otros cuerpos · **Galaxia** = millones o miles de millones de estrellas juntas (la Vía Láctea) · **Universo** = todo lo que existe: galaxias, espacio, materia y energía. **Truco:** cada elemento de la lista contiene al anterior.

### 📖 Ejemplo modelado

Comparamos Tierra y Marte con los datos de F3.  
 Diámetro: Tierra 12 756 km y Marte 6 792 km → Marte mide aproximadamente la mitad ( $6\,792 \div 12\,756 \approx 0,53$ ). Distancia al Sol: Tierra 1 UA y Marte 1,52 UA → Marte está más lejos. Temperatura media: Tierra 15 °C y Marte -65 °C → más frío. Conclusión: Marte es más pequeño, está más lejos del Sol y es más frío que la Tierra.

## 1 Ordena de menor a mayor escribiendo 1-6: Tierra, Vía Láctea, sistema solar, universo observable, Luna, Grupo Local.

| Orden | Objeto              |
|-------|---------------------|
|       | Tierra              |
|       | Vía Láctea          |
|       | Sistema solar       |
|       | Universo observable |
| 1     | Luna                |
|       | Grupo Local         |

## 2 Compara estos cuerpos con los datos de F3 y completa la tabla.

| Cuerpo   | Diámetro (km) | Distancia al Sol (UA) | Temperatura media (°C) | Tipo |
|----------|---------------|-----------------------|------------------------|------|
| Mercurio | 4 879         | 0,39                  | 167                    |      |
| Marte    | 6 792         | 1,52                  |                        |      |
| Júpiter  | 142 984       |                       |                        |      |
| Neptuno  | 49 528        | 30,1                  |                        |      |

## 3 Verdadero o falso.

|                               | V                        | F                        |
|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Un año luz mide tiempo.       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| El Sol es una estrella.       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| La Vía Láctea es una galaxia. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Júpiter es un planeta rocoso. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

## Actividad de ampliación

SdA 9 · Nuestra dirección en el universo

ALUMNADO

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

 **El calendario cósmico**

Si comprimimos los 13 800 millones de años del universo en un solo año de 365 días, el Big Bang ocurre a las 00:00 del 1 de enero y el momento presente es el 31 de diciembre a las 24:00. Calcularás la fecha del calendario en la que ocurrió cada hito y usarás la notación científica.

 **Pasos**

- 1 Calcula la escala:  $365 \text{ días} \div 13\,800 \text{ millones de años} = 2,6 \cdot 10^{-8} \text{ días por año real}$ .
- 2 Para cada hito con antigüedad  $t$  (en millones de años), el día del calendario es  $365 \times (1 - t \div 13\,800)$ .
- 3 Convierte el resultado a fecha (enero = días 0-30, febrero = 31-58...) y hora.
- 4 Dibuja el calendario con las fechas obtenidas.
- 5 Escribe qué te sorprende: qué parte del año ocupa la historia de la humanidad.

**1 Completa la tabla del calendario cósmico.**

| Hito                                    | Antigüedad (millones de años) | Día del calendario (0-365) | Fecha aproximada |
|-----------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|------------------|
| Formación del Sol y del sistema solar   | 4 600                         |                            |                  |
| Primeras células (evidencias claras)    | 3 500                         |                            |                  |
| Primeros animales                       | 600                           |                            |                  |
| Extinción de los dinosaurios no avianos | 66                            |                            |                  |
| Aparición del Homo sapiens              | 0,3                           |                            |                  |

 **Entrega**

Una tabla completa, un calendario dibujado en una tira de papel y un párrafo de 5 líneas con las conclusiones.

 **Ficha 1**

1. Diagnóstico: b, b, b, b.
2. Relaciona: planeta = cuerpo que orbita alrededor de una estrella, casi esférico y que ha despejado su órbita; estrella = esfera de gas con fusión nuclear; sistema planetario = estrella con sus cuerpos; galaxia = gran conjunto de estrellas, gas, polvo y materia oscura; universo observable = parte de la que nos ha llegado luz.
3. Orden de menor a mayor: Luna (1, satélite), Tierra (2, planeta), Sol (3, estrella), sistema solar (4), Vía Láctea (5), Grupo Local (6), universo observable (7).
4. Luz: Tierra-Luna  $384\,400 \div 300\,000 \approx 1,3$  s. Tierra-Sol  $149\,600\,000 \div 300\,000 \approx 499$  s  $\approx 8,3$  min. Sol-Neptuno  $4\,495\,000\,000 \div 300\,000 \approx 14\,983$  s  $\approx 4,2$  h.

 **Ficha 2**

1. Mercurio: rocoso (densidad  $5\,429 \text{ kg/m}^3$ , diámetro pequeño). Tierra: rocoso ( $5\,514 \text{ kg/m}^3$ ). Júpiter: gigante gaseoso (diámetro  $142\,984 \text{ km}$ , densidad  $1\,326 \text{ kg/m}^3$ , composición  $\text{H}_2$  y He). Urano: gigante helado ( $51\,118 \text{ km}$ ,  $1\,271 \text{ kg/m}^3$ , con  $\text{H}_2$ , He y  $\text{CH}_4$ ).
2. (a)  $142\,984 \div 12\,756 \approx 11,2$  veces. (b) 318 veces (F3). (c) La densidad de Saturno ( $687 \text{ kg/m}^3$ ) es menor que la del agua ( $1\,000 \text{ kg/m}^3$ ), por lo que flotaría. (d)  $9,6 \text{ UA} \times 149,6 \text{ millones de km} \approx 1\,430 \text{ millones de km}$  (F3 da  $1\,433 \text{ millones de km}$ ).
3. Venus tiene una atmósfera muy densa de  $\text{CO}_2$  (96 %): el efecto invernadero retiene el calor. Mercurio casi no tiene atmósfera y no retiene el calor.
4. Plutón orbita alrededor del Sol y es casi esférico, pero no ha despejado su órbita (comparte zona con otros objetos del cinturón de Kuiper): es un planeta enano. La Luna orbita alrededor de la Tierra, no alrededor del Sol; es un satélite. Aunque Plutón ( $2\,376 \text{ km}$ ) es menor que la Luna ( $3\,475 \text{ km}$ ), esto no es lo que define el criterio.

 **Ficha 3**

1. Escala:  $220 \text{ mm} \div 1\,392\,700 \text{ km} = 1,58 \cdot 10^{-4} \text{ mm/km}$ . Júpiter  $\approx 22,6 \text{ mm}$ ; Tierra  $\approx 2,0 \text{ mm}$ ; Neptuno  $\approx 7,8 \text{ mm}$ .
2. Hojas: Mercurio 5,8; Tierra 15; Marte 22,8; Júpiter 77,8; Neptuno  $449,5 \approx 450$ .
3. Tierra a  $149,6 \cdot 10^6 \text{ km} \times 1,58 \cdot 10^{-7} \text{ m/km} \approx 23,6 \text{ m}$  del balón. Próxima Centauri:  $4,02 \cdot 10^{13} \text{ km} \times 1,58 \cdot 10^{-7} \text{ m/km} \approx 6,3 \cdot 10^6 \text{ m} \approx 6\,300 \text{ km}$ , una distancia de más de la mitad de la anchura del Atlántico. Comentario: el espacio entre estrellas es casi vacío; con la escala necesaria para ver los planetas, la estrella más cercana quedaría a miles de kilómetros.
4. Porque las distancias entre cuerpos son mucho mayores que sus tamaños: si se dibujan a escala los tamaños, las distancias no caben en la hoja; y si se dibujan a escala las distancias, los planetas serían puntos invisibles.

 **Ficha 4**

1. v/d: Virgo 69,7; Hidra 70; Coma 69; Hércules 69,4; Corona Boreal 70,3. Media  $\approx 69,7 \approx 70 \text{ km/s/Mpc}$ : la velocidad de alejamiento es proporcional a la distancia (ley de Hubble).
2. (a)  $d = v/H_0 = 14\,000 \div 70 = 200 \text{ Mpc}$ . (b)  $H_0 = 70 \div 3,09 \cdot 10^{19} = 2,27 \cdot 10^{-18} \text{ s}^{-1}$ ;  $1/H_0 = 4,4 \cdot 10^{17} \text{ s}$ ;  $\div 3,16 \cdot 10^7 \text{ s/año} \approx 1,4 \cdot 10^{10}$  años ( $\approx 14\,000$  millones de años), un valor cercano a los  $13\,800$  millones aceptados.
3. V/F: V; F (la descubrieron Penzias y Wilson en 1965; Hubble descubrió la relación entre distancia y velocidad); V; F (son 75 % de hidrógeno y 25 % de helio en masa de la materia ordinaria).
4. La recta pasa por el origen y por los puntos. «Ciencia en construcción»: distintos métodos dan valores algo distintos de  $H_0$  ( $\approx 67$  y  $73 \text{ km/s/Mpc}$ ), lo que se investiga hoy (tensión de Hubble).



### Ficha 5

- 1 F: fue una expansión del propio espacio en todas partes, no una explosión en un punto. 2 F: desde cualquier galaxia se observa lo mismo; no hay centro. 3 F: un año luz es distancia ( $\approx 9,46 \cdot 10^{12}$  km). 4 F: es un planeta enano desde 2006. 5 F: el Sol es una estrella mediana-pequeña (una enana amarilla); hay estrellas mucho mayores, como Betelgeuse. 6 F: casi todas las estrellas visibles a simple vista están en la Vía Láctea (solo la galaxia de Andrómeda se ve como una mancha tenue). 7 F: es una teoría científica (bien contrastada) con tres pruebas: expansión, radiación cósmica de fondo y abundancia de elementos ligeros. 8 F: son tres niveles distintos de la jerarquía cósmica.
2. Resultado esperado: las distancias de B, C y D a A se multiplican por un mismo factor (p. ej.,  $\approx 2$ -3 veces); los puntos más lejanos se separan más en valor absoluto. Es lo que ocurre con las galaxias (ley de Hubble).
3. En el globo no hay un punto especial desde el que se expanda: cualquier punto ve cómo se alejan los demás, y los más lejanos más deprisa. Límite: el globo es una superficie curva con interior y exterior y el universo no tiene un centro ni un exterior conocido; las galaxias no se hinchan, sino que se separan.

### Ficha 6

1. Plan del atlas: respuestas variables; comprobar que cada página tenga contenido, unidad o escala y fuente.
2.  $1,496 \cdot 10^8$  km;  $9,46 \cdot 10^{12}$  km;  $1 \cdot 10^5$  años luz;  $1,38 \cdot 10^{10}$  años.
3. Evaluación de fuentes: valorar la elección de instituciones (NASA, ESA, IAC, IGN, universidades), la fecha y la coincidencia entre fuentes.
4. Checklist: comprobar cada punto en el borrador.

### Ficha 7

1. Nebulosa de Orión: (a) Vía Láctea (dentro de nuestra galaxia, en el brazo de Orión, y por tanto también en el Grupo Local y en niveles superiores). (b)  $1\,340 \times 9,46 \cdot 10^{12} \approx 1,27 \cdot 10^{16}$  km. (c)  $1\,340 \times 63\,241 \approx 8,5 \cdot 10^7$  UA. (d)  $2026 - 1\,340 = 686$ : la luz que vemos salió hacia el año 686.
2. Resumen: valorar que incluya escalas, origen del universo con evidencias y la elección de una fuente justificada.
3. Checklist: comprobar contra el atlas.

### Refuerzo

1. Orden: Luna 1, Tierra 2, sistema solar 3, Vía Láctea 4, Grupo Local 5, universo observable 6.
2. Mercurio: rocoso. Marte: temperatura  $-65^\circ\text{C}$ , rocoso. Júpiter: 5,2 UA;  $-110^\circ\text{C}$ ; gigante gaseoso. Neptuno:  $-200^\circ\text{C}$ ; gigante helado.
3. V/F: F, V, V, F.

### Ampliación

1. Fechas aproximadas: sistema solar, día 243 (1 de septiembre); primeras células, día 272 (30 de septiembre); primeros animales, día 349 (16 de diciembre); dinosaurios, 30 de diciembre; Homo sapiens, 31 de diciembre a las 23:46. Valores calculados con  $365 \times (1 - t/13\,800)$ .
2. Conclusión esperable: la historia humana ocupa unos minutos del último día; la mayor parte del calendario ocurre antes del sistema solar.

**⚠ Errores frecuentes**

- Considerar el año luz una unidad de tiempo.
- Confundir sistema solar, galaxia y universo, o decir que el Sol es una galaxia.
- Presentar el Big Bang como una explosión en un punto del espacio.
- Dibujar modelos del sistema solar sin avisar de que los tamaños o las distancias no están a escala.
- Cometer errores de potencias de diez al convertir entre km, UA y años luz.
- Citar datos astronómicos sin fuente ni fecha (el número de satélites cambia con nuevos descubrimientos).

**⚖ Criterios para valorar respuestas abiertas**

- Valorar el uso correcto de las unidades y de la notación científica por encima del resultado numérico aproximado.
- En las explicaciones abiertas, aceptar cualquier formulación que distinga la expansión del espacio de una explosión en un punto.
- En el fact-check, valorar que cada corrección incluya una evidencia o un dato.
- Si el alumnado usa datos más recientes de la NASA (por ejemplo, un nuevo recuento de satélites), tratarlos como válidos si indican fuente y fecha.

# 10

## SITUACIÓN DE APRENDIZAJE

### ¿Estamos solos?

#### PREGUNTA GUÍA

**?** ¿Qué condiciones y evidencias necesita la ciencia para investigar la posibilidad de vida fuera de la Tierra?



**CURSO / NIVEL**  
4.º ESO



**SESIONES**  
8 sesiones · 3.º trimestre



**COMPETENCIAS ESPECÍFICAS**  
CE1, CE2, CE3, CE4



**BLOQUES DE SABERES**  
E · La Tierra en el universo · A · Proyecto científico



**PRODUCTO FINAL**  
Informe de misión astrobiológica que selecciona un objetivo, justifica criterios de habitabilidad, propone qué medir y establece qué resultados apoyarían distintas conclusiones.



**CRITERIOS DE EVALUACIÓN**  
1.1, 1.2, 2.1, 2.2, 3.1, 3.2, 4.1, 4.2



## Contexto, reto y sentido

La astrobiología permite integrar origen de la vida, habitabilidad, sistema solar, exoplanetas y naturaleza de la evidencia sin convertir la actividad en especulación sin límites.

### 🎯 Reto

Evaluar varios mundos reales o ficticios a partir de criterios de habitabilidad y distinguir evidencia de vida, indicio y condición favorable.

### 📦 Producto final

Informe de misión astrobiológica que selecciona un objetivo, justifica criterios de habitabilidad, propone qué medir y establece qué resultados apoyarían distintas conclusiones.

## Vinculación curricular

### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS Y DESCRIPTORES DEL PERFIL DE SALIDA

#### CE1

Interpretar y transmitir información y datos científicos, argumentando sobre ellos y utilizando diferentes formatos, para analizar conceptos y procesos de las ciencias biológicas y geológicas.

CCL1

CCL2

CCL5

STEM4

CD2

CD3

CCEC4

#### CE2

Identificar, localizar y seleccionar información, contrastando su veracidad, organizándola y evaluándola críticamente, para resolver preguntas relacionadas con las ciencias biológicas y geológicas.

CCL3

STEM4

CD1

CD2

CD3

CD4

CD5

CPSAA4

#### CE3

Planificar y desarrollar proyectos de investigación, siguiendo los pasos de las metodologías científicas y cooperando cuando sea necesario, para indagar en aspectos relacionados con las ciencias geológicas y biológicas.

CCL1

CCL2

STEM2

STEM3

STEM4

CD1

CD2

CPSAA3

CE3

#### CE4

Utilizar el razonamiento y el pensamiento computacional, analizando críticamente las respuestas y soluciones y reformulando el procedimiento, si fuera necesario, para resolver problemas o dar explicación a procesos de la vida cotidiana relacionados con la biología y la geología.

STEM1

STEM2

CD5

CPSAA5

CE1

CE3

CCEC4

### Criterios de evaluación seleccionados

#### 1.1

Analizar conceptos y procesos biológicos y geológicos interpretando información en diferentes formatos, manteniendo una actitud crítica, obteniendo conclusiones y formando opiniones propias fundamentadas.

#### 1.2

Transmitir opiniones propias fundamentadas e información sobre Biología y Geología de forma clara y rigurosa, facilitando su comprensión y análisis mediante el uso de la terminología y el formato adecuados.

#### 2.1

Resolver cuestiones y profundizar en aspectos biológicos y geológicos localizando, seleccionando, organizando y analizando críticamente la información de distintas fuentes y citándolas con respeto por la propiedad intelectual.

#### 2.2

Contrastar la veracidad de la información sobre temas biológicos y geológicos o trabajos científicos, utilizando fuentes fiables y adoptando una actitud crítica y escéptica hacia informaciones sin base científica.

#### 3.1

Plantear preguntas e hipótesis que puedan ser respondidas o contrastadas utilizando métodos científicos, en la explicación de fenómenos biológicos y geológicos y la realización de predicciones sobre estos.

#### 3.2

Diseñar la experimentación, la toma de datos y el análisis de fenómenos biológicos y geológicos de modo que permitan responder a preguntas concretas y contrastar una hipótesis evitando sesgos.

**4.1**

Resolver problemas o dar explicación a procesos biológicos o geológicos utilizando conocimientos, datos e información, razonamiento lógico, pensamiento computacional o recursos digitales.

**4.2**

Analizar críticamente la solución a un problema, cambiando los procedimientos utilizados o las conclusiones si no fuese viable o ante nuevos datos.

## Saberes básicos prioritarios

### E

#### La Tierra en el universo

- Hipótesis sobre el origen de la vida en la Tierra.
- Principales investigaciones en el campo de la astrobiología.

### A

#### Proyecto científico

- Hipótesis, preguntas y conjeturas: planteamiento con perspectiva científica.
- Estrategias para la búsqueda de información, la colaboración y la comunicación de procesos, resultados o ideas científicas.
- Fuentes fidedignas de información científica: reconocimiento y utilización.
- Controles experimentales (positivos y negativos): diseño e importancia para resultados objetivos y fiables.
- Modelado para la representación y comprensión de procesos o elementos de la naturaleza.
- Métodos de análisis de resultados. Diferenciación entre correlación y causalidad.
- La evolución histórica del saber científico: ciencia colectiva, interdisciplinar y en continua construcción.



## Objetivos didácticos

- ✓ Explicar hipótesis científicas generales sobre el origen de la vida distinguiendo lo conocido de lo incierto.
- ✓ Definir habitabilidad como conjunto de condiciones, no como prueba de vida.
- ✓ Conocer ejemplos de investigación astrobiológica.
- ✓ Diseñar una estrategia de búsqueda de biosignaturas a nivel escolar.
- ✓ Evaluar titulares sobre vida extraterrestre con escepticismo razonado.



## Metodología y papel docente

### Enfoque metodológico

Aprendizaje basado en retos e indagación guiada, combinando interpretación de información, modelado, experimentación o trabajo de campo cuando procede, resolución de problemas, cooperación y comunicación científica.

### Papel del docente

- Presenta el reto.
- Modela procedimientos.
- Garantiza la seguridad.
- Aporta fuentes graduadas.
- Observa.
- Retroalimenta.
- Ayuda a distinguir evidencia.
- Inferencia y opinión.



## Secuencia de sesiones y actividades

- Cada sesión genera una **evidencia** que se recoge en las fichas del Anexo 3. En las prácticas, el docente garantiza la seguridad y modela el procedimiento antes de que lo realice el alumnado.

**1**

### SESIÓN 1

#### ¿Qué necesita la vida que conocemos?

Clasificación de condiciones necesarias, favorables y no necesariamente imprescindibles.

**Agrupamiento:** Parejas/grupos

**Evidencia:** Criterios de habitabilidad

**2**

### SESIÓN 2

#### Origen de la vida: hipótesis, no certezas

Lectura comparada de hipótesis sobre química prebiótica y ambientes posibles.

**Agrupamiento:** Parejas/grupos

**Evidencia:** Tabla de hipótesis

**3**

### SESIÓN 3

#### Mundos candidatos

Comparación de Marte, Europa, Encélado y un exoplaneta mediante datos proporcionados.

**Agrupamiento:** Parejas/grupos

**Evidencia:** Matriz de mundos

**4**

### SESIÓN 4

#### Habitabilidad no es vida

Distinguir agua/energía/moléculas orgánicas de evidencia biológica.

**Agrupamiento:** Parejas/grupos

**Evidencia:** Escala de evidencia

5

## SESIÓN 5

**Diseñamos una misión**

Elección de instrumentos y medidas según la pregunta.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Plan de misión

6

## SESIÓN 6

**Titulares extraordinarios**

Fact-check de titulares simulados y discusión de niveles de evidencia.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Informe de verificación

7

## SESIÓN 7

**Informe astrobiológico**

Redacción con escenarios de resultados y qué concluiría cada uno.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Borrador

8

## SESIÓN 8

**Comité de misión**

Defensa y preguntas cruzadas; revisión final.

 **Agrupamiento:** Parejas/grupos **Evidencia:** Informe final**Recursos, interdisciplinariedad y transversalidad** **Recursos**

Datos de cuerpos del sistema solar y exoplanetas

Imágenes científicas reales

Tarjetas de instrumentos

Titulares simulados

Plantilla de niveles de evidencia

**Interdisciplinariedad**

Física y Química, Tecnología y Filosofía como reflexión sobre límites del conocimiento.

**Elementos transversales**

Pensamiento crítico, incertidumbre científica, cooperación internacional y respeto a límites de la evidencia.

**Alternativa sin dispositivos**

Sustituir herramientas digitales por dosieres impresos y datos preparados. Las prácticas no disponibles pueden convertirse en demostraciones, simulaciones o análisis de datos ya recogidos, manteniendo el razonamiento científico.

## DUA y atención a la diversidad

### Implicación

Metas visibles, elección de formato cuando el criterio lo permita, hitos cortos, roles cooperativos y retroalimentación frecuente.

### Representación

Texto, fotografía, esquema, modelo, tabla, gráfica, demostración y glosario visual; ejemplos resueltos y materiales de distinta complejidad.

### Acción y expresión

Informe, modelo, exposición, audio o producto visual cuando sea compatible con el criterio; organizadores y listas de cotejo.

### Medidas específicas en esta SdA

Datos reducidos; matriz de decisión; vocabulario anticipado; opciones de misión; presentación grabada opcional.

### Refuerzo Anexo 8

Comparar solo dos mundos y elegir entre instrumentos ya descritos.

### Ampliación Anexo 9

Investigar una misión astrobiológica real y distinguir objetivos, instrumentos y resultados confirmados.

## Evaluación

Evaluación continua y formativa: diagnóstico inicial, evidencias durante el proceso, revisión de borradores y valoración final del producto más una evidencia individual. La ponderación debe adaptarse a la normativa autonómica y a los acuerdos del departamento.

### FASE 1 Inicial

Diagnóstico de ideas previas con la primera ficha del Anexo 3 y la ficha de lanzamiento (Anexo 1).

### FASE 2 Formativa

Evidencias de cada sesión, revisión de borradores y retroalimentación con la lista de cotejo (Anexo 5).

### FASE 3 Final

Valoración del producto con la rúbrica (Anexo 6) más una evidencia individual y la reflexión del Anexo 7.

## Criterios, evidencias e instrumentos

| Criterio | Evidencia principal                                                                                                                                                   | Instrumento                                                   |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 1.1      | Interpretación de la zona habitable (F1), de la matriz de mundos (F4) y de la escala de evidencia (F5) para extraer conclusiones apoyadas en datos.                   | Fichas 1, 3 y 4 / rúbrica y lista de cotejo                   |
| 1.2      | Comunicación clara y rigurosa de los criterios de habitabilidad y de las conclusiones de cada escenario, con terminología precisa (habitable, indicio, biosignatura). | Informe de misión (Anexo 4) y Ficha 7 / rúbrica               |
| 2.1      | Selección y cita de fuentes fiables (NASA, ESA, IAC, revistas científicas) para los datos del mundo elegido.                                                          | Ficha 6 e informe de misión / lista de cotejo                 |
| 2.2      | Verificación de ocho titulares simulados sobre vida extraterrestre, con corrección de exageraciones y asignación del nivel de evidencia real.                         | Ficha 6 «Titulares extraordinarios» / checklist de fiabilidad |



| Criterio | Evidencia principal                                                                                                                                  | Instrumento                               |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 3.1      | Formulación de una pregunta científica y de una hipótesis contrastable sobre el mundo elegido, con predicciones de lo que mediría la misión.         | Ficha 5 e informe de misión / rúbrica     |
| 3.2      | Diseño de la toma de datos: instrumentos adecuados a cada pregunta, controles positivo y negativo y presupuesto de masa y potencia.                  | Ficha 5 «Diseñamos una misión» / rúbrica  |
| 4.1      | Resolución de cálculos (porcentajes de tiempo, tiempos de viaje, presupuesto de la misión) y razonamiento lógico sobre los escenarios de resultados. | Fichas 2, 3, 5 y 7 / escala de valoración |
| 4.2      | Revisión de las conclusiones ante datos nuevos o un resultado inesperado y respuesta razonada a las preguntas del comité.                            | Fichas 7 y 8 / coevaluación y rúbrica     |

### ↻ Autoevaluación y coevaluación Anexo 7

El alumnado valora sus aprendizajes, dificultades y aportación al equipo, y revisa el producto de otro equipo con la lista de cotejo antes de la entrega final.

## + Rúbrica del producto final

| Indicador                                                | NIVEL 4<br>Avanzado                                                                                                                                                                                                      | NIVEL 3<br>Adecuado                                                                                                                                                    | NIVEL 2<br>En proceso                                                                                                                  | NIVEL 1<br>Inicial                                                                         |
|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Comprensión científica</b>                            | Rigurosa, conectada y con vocabulario preciso.                                                                                                                                                                           | Correcta en lo esencial.                                                                                                                                               | Parcial o con alguna confusión.                                                                                                        | Fragmentaria o con errores esenciales.                                                     |
| <b>Uso de evidencias</b>                                 | Contrasta fuentes y usa evidencias concretas.                                                                                                                                                                            | Aporta evidencias suficientes.                                                                                                                                         | Evidencias escasas o descriptivas.                                                                                                     | Conclusiones sin evidencia suficiente.                                                     |
| <b>Aplicación rigurosa de criterios de habitabilidad</b> | Define habitabilidad como conjunto de condiciones (agua líquida, energía, elementos, estabilidad), la aplica con datos reales y fuente a varios mundos y distingue siempre «habitable» de «habitado».                    | Aplica correctamente los criterios de habitabilidad a los mundos elegidos con datos reales; distingue habitable de habitado con algún matiz sin desarrollar.           | Aplica los criterios de forma parcial o con datos incompletos; a veces trata una condición favorable como si fuera una prueba de vida. | Confunde habitabilidad con presencia de vida o usa datos sin fuente ni comprobación.       |
| <b>Diseño coherente de búsqueda de evidencias</b>        | Formula una pregunta y una hipótesis contrastables, elige instrumentos justificados dentro del presupuesto, incluye controles y explicaciones no biológicas y define qué resultado apoyaría o refutaría cada conclusión. | Elige instrumentos adecuados a la pregunta y prevé escenarios de resultados con su nivel de evidencia; los controles o las explicaciones alternativas son incompletos. | Propone instrumentos poco ajustados a la pregunta o escenarios incompletos; no distingue bien indicio de evidencia.                    | No relaciona la pregunta con las medidas ni explica qué resultado cambiaría la conclusión. |
| <b>Comunicación y producto</b>                           | Claro, preciso y responde plenamente al reto.                                                                                                                                                                            | Claro y responde adecuadamente.                                                                                                                                        | Cumple parcialmente o necesita mejorar.                                                                                                | Incompleto o no responde al reto.                                                          |



## Variantes de aplicación

### ↗ **Versión abreviada**

Trabajar con fuentes/datos cerrados y un producto de una página o modelo único.

### ↖ **Versión ampliada**

Añadir laboratorio/campo, comparación de casos, mayor tratamiento de datos y una fase pública de comunicación científica.

## Ficha de lanzamiento del reto

SdA 10 · ¿Estamos solos?

ALUMNADO

En 2026 el catálogo de la NASA ya contabiliza 6 375 exoplanetas confirmados, sabemos que bajo el hielo de Europa y de Encélado hay océanos de agua líquida, y la sonda Europa Clipper vuela hacia Júpiter para llegar en 2030. Cada pocos meses aparece un titular sobre «vida alienígena»: ¿qué hay realmente detrás? Vuestro reto es ser el equipo científico de una misión: elegir un mundo real, justificar por qué podría ser habitable, decidir qué medir y explicar qué conclusión permitiría cada resultado. Y, sobre todo, distinguir una condición favorable, un indicio y una evidencia de vida.

## “¿Qué condiciones y evidencias necesita la ciencia para investigar la posibilidad de vida fuera de la Tierra?”

### 🎯 Vuestro reto

Evaluar varios mundos reales o ficticios a partir de criterios de habitabilidad y distinguir evidencia de vida, indicio y condición favorable.

### 📦 Lo que vais a producir

Informe de misión astrobiológica que selecciona un objetivo, justifica criterios de habitabilidad, propone qué medir y establece qué resultados apoyarían distintas conclusiones.

### 📍 Hoja de ruta · 8 sesiones

- 1 Clasificamos lo que necesita la vida que conocemos y definimos «habitabilidad».
- 2 Comparamos hipótesis sobre el origen de la vida: lo conocido y lo incierto.
- 3 Evaluamos mundos candidatos (Marte, Europa, Encélado y un exoplaneta) con datos reales.
- 4 Distinguimos condición favorable, indicio y evidencia de vida.
- 5 Diseñamos una misión: preguntas, instrumentos, controles y presupuesto.
- 6 Verificamos titulares simulados sobre vida extraterrestre.
- 7 Redactamos el informe con escenarios de resultados y sus conclusiones.
- 8 Defendemos el informe ante el comité de misión.

### 📖 Al terminar seré capaz de...

- ✓ Explicar hipótesis científicas generales sobre el origen de la vida distinguiendo lo conocido de lo incierto.
- ✓ Definir habitabilidad como conjunto de condiciones, no como prueba de vida.
- ✓ Conocer ejemplos de investigación astrobiológica.
- ✓ Diseñar una estrategia de búsqueda de biosignaturas a nivel escolar.
- ✓ Evaluar titulares sobre vida extraterrestre con escepticismo razonado.

### 📝 ¿Cómo me evaluarán?

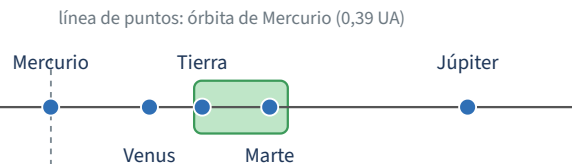
Con la rúbrica del producto final (Anexo 6), la lista de cotejo (Anexo 5) y una reflexión personal (Anexo 7). ¡Revisadlas antes de empezar!

Material base para el informe de misión: zona habitable, vida extrema en la Tierra, hipótesis sobre el origen de la vida, datos de mundos candidatos, escala de evidencia, instrumentos, casos reales de falsos positivos, titulares simulados y estado de las misiones en 2026.

### F1 La zona habitable de tres estrellas

#### ESQUEMA

#### Sol (estrella de tipo G)



Solo la Tierra mantiene agua líquida en superficie. Marte está dentro de la banda, pero es pequeño y de atmósfera muy fina.

#### TRAPPIST-1 (enana roja ultrafría, a 40 años luz)



Los siete planetas orbitan mucho más cerca que Mercurio del Sol. Los planetas e, f y g quedan en la banda.

#### Próxima Centauri (enana roja, a 4,2 años luz)



Próxima b está en la banda, pero su estrella emite fulguraciones intensas que podrían erosionar su atmósfera.

0,01

0,1

1

10

UA (escala logarítmica)

Zona habitable aproximada (donde un planeta podría tener agua líquida en superficie, según el modelo)

Fuente: Esquema de elaboración propia a partir de datos orbitales de la NASA (NSSDC, NASA Exoplanet Archive) y de modelos de zona habitable (Kopparapu et al., 2013; Gillon et al., 2017; Anglada-Escudé et al., 2016). Los límites de la banda son aproximados y cambian según el modelo.

La escala es logarítmica: cada marca vale diez veces más que la anterior. Estar dentro de la banda es una condición favorable, no una prueba de que haya agua ni vida.

**F2 Vida en condiciones extremas en la Tierra**

DATOS

| Organismo                                     | Dónde vive                             | Condición extrema que tolera | Valor aproximado                                                |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| <b>Pyrolobus fumarii</b> (arqueas)            | Chimeneas hidrotermales submarinas     | Temperatura alta             | Crece hasta unos 113 °C                                         |
| <b>Cepa 121 (Geogemma barossii)</b>           | Fuentes hidrotermales del fondo marino | Temperatura muy alta         | Se reproduce a 121 °C                                           |
| <b>Planococcus halocryophilus</b> (bacteria)  | Permafrost del Ártico canadiense       | Frío y salinidad             | Crece hasta unos -15 °C                                         |
| <b>Picrophilus torridus</b> (arqueas)         | Suelos volcánicos ácidos               | Acidez extrema               | Crece a pH cercano a 0                                          |
| <b>Deinococcus radiodurans</b> (bacteria)     | Suelos, desiertos                      | Radiación                    | Sobrevive a unos 5 000 Gy (para una persona, 5 Gy son mortales) |
| <b>Tardígrados</b> (animales microscópicos)   | Musgos y líquenes                      | Vacío y radiación espacial   | Algunos sobrevivieron 10 días expuestos en órbita               |
| <b>Microorganismos de las fosas oceánicas</b> | Fosa de las Marianas                   | Presión                      | Más de 1 000 atmósferas, 1 000 veces la presión del aire        |

**Lo que enseñan los extremófilos.** Muchos de estos organismos no solo toleran esos ambientes, los necesitan. Han ampliado los límites de lo que consideramos habitable en la Tierra. Pero todos comparten una condición: necesitan **agua líquida** y una **fuentes de energía**.

*Fuente: Valores redondeados de la bibliografía científica: Blöchl et al. (1997); Kashefi y Lovley (Science, 2003); Mykytczuk et al. (ISME Journal, 2013); Cox y Battista (Nature Reviews Microbiology, 2005); Jönsson et al. (Current Biology, 2008); Glud et al. (Nature Geoscience, 2013).*

🔍 ¿Qué condición de la vida cambia al estudiar los extremófilos y cuál se mantiene?

**F3 Origen de la vida: hipótesis, no certezas**

DATOS

| Hipótesis                       | Qué propone                                                                                       | Un dato a favor                                                                                     | Una pregunta abierta                                     |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| <b>Sopa primitiva</b>           | Descargas y radiación formaron moléculas orgánicas en un océano o charcas de la Tierra primitiva. | Miller (1953) obtuvo aminoácidos en el laboratorio con descargas eléctricas en una mezcla de gases. | ¿Qué composición tenía realmente la atmósfera primitiva? |
| <b>Fuentes hidrotermales</b>    | La vida empezó en chimeneas del fondo marino, con energía química y minerales.                    | Hoy hay ecosistemas completos en estas chimeneas, basados en la quimiosíntesis.                     | ¿Cómo se pasó de moléculas simples a una célula?         |
| <b>Mundo de ARN</b>             | El ARN, que guarda información y puede acelerar reacciones, precedió al ADN y las proteínas.      | Hay moléculas de ARN con función catalítica, y los ribosomas son ARN en su núcleo.                  | ¿Cómo se formó el ARN sin ayuda de seres vivos?          |
| <b>Ingredientes del espacio</b> | Meteoritos y cometas aportaron moléculas orgánicas a la Tierra primitiva.                         | Meteoritos como Murchison y el asteroide Bennu contienen aminoácidos y bases nitrogenadas.          | ¿Bastan esos ingredientes para formar una célula?        |

**Lo que sabemos y lo que no.** La Tierra se formó hace unos 4 540 millones de años (Ma). Los restos de vida más antiguos aceptados por muchos científicos tienen unos 3 500 Ma, aunque algunos estudios proponen señales más antiguas y se discuten. Se pueden fabricar en el laboratorio muchos «ladrillos» de la vida, pero **no sabemos aún cómo se pasó de ellos a la primera célula.**

Fuente: Elaboración propia a partir de Miller (Science, 1953), Gilbert (Nature, 1986), Martin y Russell (2003), Glavin et al. (Nature Astronomy, 2025, muestras del asteroide Bennu) y Moody et al. (Nature Ecology & Evolution, 2024). Las fechas de las primeras evidencias de vida están en debate.

F4    **Mundos candidatos: datos reales**

DATOS

| Mundo                      | Diámetro (km)                                  | Temp. (°C) | Distancia a su estrella (UA) | Agua líquida                                             | Energía posible                        | Compuestos orgánicos          | Qué sabemos                                |
|----------------------------|------------------------------------------------|------------|------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------|
| Tierra                     | 12 756                                         | 15         | 1                            | Océanos en superficie                                    | Luz solar y química                    | Abundantes                    | Conocida                                   |
| Marte                      | 6 792                                          | −63        | 1,52                         | Hoy hielo; hubo lagos hace unos 3 500 Ma                 | Química de rocas                       | Detectados por rovers         | Rovers in situ; muestras sin traer         |
| Europa (luna de Júpiter)   | 3 122                                          | −160       | 5,2                          | Océano global bajo el hielo (indicios fuertes)           | Calor de marea                         | No confirmados                | Galileo y Hubble; Clipper llega en 2030    |
| Encélado (luna de Saturno) | 504                                            | −198       | 9,6                          | Océano bajo el hielo; penachos                           | Calor de marea y actividad hidrotermal | Detectados en granos de hielo | Cassini (2004-2017)                        |
| Titán (luna de Saturno)    | 5 150                                          | −179       | 9,6                          | Lagos de metano y etano; océano bajo el hielo (probable) | Luz tenue y química atmosférica        | Abundantes                    | Cassini-Huygens; Dragonfly llegará en 2034 |
| TRAPPIST-1 e (exoplaneta)  | 11 700                                         | −22        | 0,029                        | Desconocida                                              | Luz de una estrella roja               | Desconocidos                  | JWST: atmósfera sin confirmar ni descartar |
| Próxima b (exoplaneta)     | Desconocido (masa mínima 1,07 veces la Tierra) | −39        | 0,0485                       | Desconocida                                              | Luz de una estrella con fulguraciones  | Desconocidos                  | Solo masa mínima y órbita                  |

**Atención a la temperatura de equilibrio.** Es la que tendría un planeta sin tener en cuenta su atmósfera; la real puede ser muy distinta y depende de una atmósfera que, en los exoplanetas, aún no conocemos. En Europa y Encélado el océano está bajo kilómetros de hielo, por eso no depende de la temperatura de la superficie.

Fuente: NASA/JPL y NASA Exoplanet Archive (2026); resultados de Cassini (Waite et al., 2017; Postberg et al., 2023); Anglada-Escudé et al. (Nature, 2016) para Próxima b; Agol et al. (Planetary Science Journal, 2021) para TRAPPIST-1 e. Valores redondeados. La temperatura de los exoplanetas es de equilibrio.

## F5 Escala de evidencia: de la condición favorable a la confirmación

ESQUEMA

### 1 Condición favorable

El entorno permite que la vida pudiera existir.

Ej.: agua líquida bajo el hielo de Europa; un planeta en la zona habitable.

### 2 Indicio

Una señal que la vida podría producir, pero que procesos no biológicos también explican.

Ej.: metano estacional en Marte; una molécula discutida en la atmósfera de K2-18 b.

### 3 Evidencia sólida

Varias señales independientes, repetidas por otros equipos, y explicaciones no biológicas descartadas.

Ej.: ningún caso fuera de la Tierra por ahora.

### 4 Confirmación

Organismos o restos inequívocos, analizados por distintos métodos y laboratorios.

Ej.: ningún caso por ahora.

Más pruebas independientes y menos explicaciones alternativas

Habitable ≠ habitado

Fuente: Esquema de elaboración propia para el aula, inspirado en las escalas de confianza de la NASA para la detección de vida y en la práctica científica. Los ejemplos de indicios están en discusión.

🔍 ¿En qué escalón está hoy cada mundo de F4? ¿Qué haría falta para subir al siguiente?

## F6 Instrumentos para buscar vida y habitabilidad

DATOS

| Instrumento                                   | Qué mide                                                      | Pregunta que ayuda a responder                                        | Limitación                                                      | Ejemplo real                         |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>Espectrómetro de masas</b>                 | La masa de moléculas en gases o polvo                         | ¿Qué moléculas hay en una atmósfera o en un penacho?                  | No distingue el origen biológico o no biológico de una molécula | Cassini (Encélado); Europa Clipper   |
| <b>Radar penetrante de hielo</b>              | Ondas de radio reflejadas bajo la superficie                  | ¿Hay agua líquida o bolsas bajo el hielo? ¿Qué grosor tiene?          | Solo penetra algunos kilómetros                                 | Europa Clipper; Juice                |
| <b>Magnetómetro</b>                           | El campo magnético alrededor del cuerpo                       | ¿Hay un océano salado que genere un campo inducido?                   | Es una medida indirecta                                         | Galileo; Europa Clipper; Juice       |
| <b>Cámara y espectrómetro infrarrojo</b>      | La luz reflejada y la composición de la superficie            | ¿Qué minerales, sales o hielos hay?                                   | Solo ve la superficie                                           | Europa Clipper; Perseverance         |
| <b>Espectrómetro Raman y de fluorescencia</b> | Moléculas orgánicas y minerales en la roca                    | ¿Dónde hay compuestos orgánicos y minerales relacionados con el agua? | Orgánicos no significa vida                                     | Perseverance (SHERLOC)               |
| <b>Analizador de polvo</b>                    | Composición de granos de hielo y polvo                        | ¿Cómo es el material expulsado por un penacho?                        | Los granos pueden alterarse a gran velocidad                    | Cassini (CDA); Europa Clipper (SUDA) |
| <b>Espectroscopía de transmisión</b>          | La luz de la estrella filtrada por la atmósfera de un planeta | ¿Qué gases tiene la atmósfera de un exoplaneta?                       | Señales muy débiles; la actividad de la estrella confunde       | Telescopio espacial James Webb       |
| <b>Laboratorio terrestre</b>                  | Análisis detallado de muestras traídas a la Tierra            | ¿Hay estructuras o isótopos propios de la vida?                       | Requiere traer muestras: es muy caro y lento                    | Muestras de Bennu y Ryugu            |

Fuente: Elaboración propia a partir de la descripción oficial de las misiones Cassini, Perseverance, Europa Clipper y Juice (NASA/ESA) y del telescopio espacial James Webb. Cada instrumento tiene límites.



| F7 Cuando la señal engaña: casos reales |                                                    |                                                                                                                  |                                                                                                                  | DATOS                                                         |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Año                                     | Caso                                               | Qué se afirmó                                                                                                    | Qué se dedujo después                                                                                            | Lección                                                       |
| 1976                                    | Experimentos de las sondas Viking (Marte)          | Una prueba con nutrientes liberó gas, como si hubiera microbios.                                                 | El suelo contiene sustancias oxidantes que pueden producir la misma señal; otros análisis no hallaron orgánicos. | Un resultado compatible con vida puede tener causas químicas. |
| 1996                                    | Meteorito ALH84001 (de Marte)                      | Estructuras que parecían microfósiles y compuestos orgánicos.                                                    | Las formas se explican por procesos minerales; no se aceptó como fósil de vida.                                  | Una forma parecida a una bacteria no basta.                   |
| 2003-2019                               | Metano en Marte                                    | Se midieron picos y variaciones estacionales de metano.                                                          | El orbitador TGO midió cantidades muy bajas; el origen del metano sigue sin resolverse.                          | Medidas distintas dan resultados distintos.                   |
| 2020                                    | Fosfina en Venus                                   | Una señal compatible con fosfina en las nubes.                                                                   | Otros equipos pusieron en duda la señal y su análisis; hoy sin confirmación.                                     | Hace falta repetición independiente.                          |
| 2023-2025                               | K2-18 b (exoplaneta)                               | Una posible señal de DMS, una molécula que en la Tierra produce el plancton.                                     | Otros análisis de los mismos datos no hallaron señal estadísticamente sólida.                                    | Una señal débil no es evidencia.                              |
| 2025                                    | Cheyava Falls y la muestra Sapphire Canyon (Marte) | Minerales de hierro y compuestos orgánicos en manchas de una roca; Nature la describe como posible biosignatura. | Se pueden explicar por procesos químicos; hay que analizarla en laboratorios terrestres.                         | Una biosignatura potencial no es una confirmación.            |

Fuente: Elaboración propia a partir de Klein (Viking, 1976-79); McKay et al. (Science, 1996); Webster et al. (Science, 2015) y Korabiev et al. (Nature, 2019); Greaves et al. (Nature Astronomy, 2020); Madhusudhan et al. (2023, 2025) y Welbanks et al. (2025); Hurowitz et al. (Nature, 2025). Estado a octubre de 2026: varios casos siguen en discusión.

 ¿Qué tienen en común estos casos? ¿Qué se necesitaría para convertirlos en evidencia sólida?

**F8** Ocho titulares para verificar

DATOS

| N.º | Titular simulado                                                                    | Dónde aparecería   |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| 1   | «Descubren un planeta habitable a 40 años luz: ¿nos mudamos?»                       | Web de noticias    |
| 2   | «La NASA confirma vida en Marte»                                                    | Red social         |
| 3   | «El metano de Marte demuestra que hay seres vivos»                                  | Titular de portada |
| 4   | «Confirmado: hay agua líquida en Europa, ya solo falta hallar peces»                | Vídeo viral        |
| 5   | «Un meteorito demuestra que la vida llegó del espacio»                              | Tertulia           |
| 6   | «Las bacterias sobreviven en el espacio: los extraterrestres somos nosotros»        | Blog               |
| 7   | «El telescopio Webb detecta en un exoplaneta una molécula que solo produce la vida» | Boletín digital    |
| 8   | «Ya hay 6 375 exoplanetas confirmados: miles de mundos como la Tierra»              | Publicidad         |

**Preguntas para verificar:** ¿cita el estudio original o la fuente oficial (NASA, ESA, IAC)? ¿Lo ha revisado la comunidad científica? ¿Usa palabras de cautela («podría», «es compatible con») o de certeza («demuestra», «confirmado»)? ¿Lo ha repetido otro equipo? ¿Qué explicaciones no biológicas existen? **Señales de alarma:** «los científicos no quieren que lo sepas», datos sin fuente ni fecha, el verbo «demostrar» ante señales débiles.

*Fuente: Titulares simulados creados para esta actividad en el estilo de los medios de comunicación. No son citas reales de ningún medio. Los datos científicos que se mencionan se comprueban en F1 a F9.*

**F9** Misiones y exoplanetas: estado en octubre de 2026

TEXTO

- **Exoplanetas.** El archivo de la NASA registra **6 375 exoplanetas confirmados** a 1 de octubre de 2026, y la cifra crece cada pocos meses. Solo una pequeña parte son rocosos y de tamaño parecido a la Tierra; todavía menos están en la zona habitable.
- **Perseverance (NASA).** Explora el cráter Jezero, un antiguo lago de Marte, desde febrero de 2021. La muestra «Sapphire Canyon», tomada de la roca Cheyava Falls, tiene minerales y compuestos orgánicos que Nature (2025) considera una posible biosignatura. Las muestras siguen en Marte: a comienzos de 2026 el presupuesto de EE. UU. dejó casi sin fondos el programa de retorno de muestras, y su futuro es incierto.
- **Europa Clipper (NASA).** Lanzada el 14 de octubre de 2024; sobrevolará la Tierra el 3 de diciembre de 2026 para ganar velocidad; llegará a Júpiter en abril de 2030 y hará 49 sobrevuelos de Europa.
- **Juice (ESA).** Lanzada el 14 de abril de 2023; llegará a Júpiter en julio de 2031 para estudiar Ganímedes, Calisto y Europa.
- **Dragonfly (NASA).** Un helicóptero de ocho rotores que irá a Titán: lanzamiento previsto en 2028 y llegada en 2034.
- **Telescopio espacial James Webb.** Observa atmósferas de exoplanetas. En TRAPPIST-1, los planetas b y c no muestran atmósferas densas; en TRAPPIST-1 e, los datos de 2025 no confirman ni descartan una atmósfera.

*Fuente: NASA Exoplanet Archive (6 375 planetas confirmados a 1 de octubre de 2026); NASA (Europa Clipper, Dragonfly); ESA (Juice); Hurowitz et al., Nature (2025); Greene et al. (2023) y Zieba et al. (2023) para TRAPPIST-1 b y c. Consultado en octubre de 2026: las fechas y cifras cambian, comprueba siempre las webs oficiales.*

🔍 Los datos de esta fuente cambian: ¿dónde comprobarías si algo ha cambiado desde octubre de 2026?

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Usa F1 (zona habitable) y F2 (vida extrema en la Tierra).

**1 Diagnóstico inicial. Marca la opción correcta.**

El agua líquida es necesaria para la vida que conocemos porque...

- ☐ permite que las reacciones químicas ocurran en disolución    ☐ hace que los planetas sean azules
- ☐ evita que haya volcanes

Una zona habitable es la región alrededor de una estrella donde...

- ☐ hay oxígeno en el aire    ☐ un planeta podría tener agua líquida en su superficie    ☐ siempre hay seres vivos

Que un planeta sea habitable significa que...

- ☐ está habitado    ☐ seguro que tiene vida    ☐ tiene condiciones que podrían permitir la vida

Un extremófilo es...

- ☐ un extraterrestre    ☐ un organismo que vive en condiciones extremas para los humanos    ☐ un virus

**2 Clasifica cada condición como necesaria, favorable o no imprescindible para la vida que conocemos, y justifícalo en pocas palabras (usa F2).**

| Condición                        | Necesaria / favorable / no imprescindible | Justificación |
|----------------------------------|-------------------------------------------|---------------|
| Agua líquida                     |                                           |               |
| Elementos como C, H, N, O, P y S |                                           |               |
| Una fuente de energía            |                                           |               |
| Luz solar                        |                                           |               |
| Oxígeno libre (O <sub>2</sub> )  |                                           |               |
| Una temperatura de unos 15 °C    |                                           |               |
| Una atmósfera                    |                                           |               |

- 3 Con F1, completa la tabla: ¿cada planeta está dentro de la zona habitable del Sol (de 0,95 a 1,7 UA)? Después explica por qué estar en la zona habitable no garantiza que un planeta sea habitable.

| Planeta | Distancia al Sol (UA) | ¿Dentro de la zona habitable? |
|---------|-----------------------|-------------------------------|
| Venus   | 0,72                  |                               |
| Tierra  | 1,00                  |                               |
| Marte   | 1,52                  |                               |

- 4 Elige dos organismos de F2. Explica qué condición «imposible» para nosotros toleran y qué nos enseña eso sobre dónde buscar vida fuera de la Tierra.

---



---



---



---

## FICHA 2 Origen de la vida: hipótesis, no certezas

Sesión 2

Usa F3. Distingue datos, hipótesis y opiniones.

- 1 Clasifica cada afirmación: ¿dato experimental, hipótesis u opinión?

Miller (1953) obtuvo aminoácidos aplicando descargas eléctricas a una mezcla de gases.

☐ dato experimental ☐ hipótesis ☐ opinión

La primera vida surgió cerca de chimeneas hidrotermales del fondo marino.

☐ dato experimental ☐ hipótesis ☐ opinión

El meteorito Murchison contiene aminoácidos.

☐ dato experimental ☐ hipótesis ☐ opinión

Seguro que hay vida en algún lugar del universo, porque hay muchísimas estrellas.

☐ dato experimental ☐ hipótesis ☐ opinión

- 2 Con F3: la Tierra se formó hace 4 540 Ma y los restos de vida más antiguos aceptados por muchos científicos tienen unos 3 500 Ma. (a) ¿Cuánto tiempo, como máximo, tuvo la vida para aparecer? (b) ¿Qué porcentaje de la edad de la Tierra representa?

---



---



---



---

- 3 Elige la hipótesis de F3 que te parezca mejor apoyada hoy. Justifícalo con un dato de F3 y señala qué no sabemos todavía.

---



---



---



---

- 4 Verdadero o falso. Corrige las falsas.

|                                                                                     | V                        | F                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| El experimento de Miller demuestra cómo surgió la vida en la Tierra.                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Un meteorito con aminoácidos demuestra que la vida llegó del espacio.               | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Como no sabemos cómo surgió la vida, no se puede estudiar con el método científico. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Las hipótesis sobre el origen de la vida se revisan cuando aparecen datos nuevos.   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

### FICHA 3 Mundos candidatos

Sesión 3

Usa F4. Compara con criterios y datos, no con impresiones. Velocidad de la sonda Voyager 1: 17 km/s.

- 1 Rellena la matriz de mundos con F4. Usa ✓ (sí), ? (se desconoce o es incierto) o ✗ (no) y escribe el dato que lo justifica.

| Mundo        | Agua líquida | Energía | Compuestos orgánicos | Dato que falta por conocer |
|--------------|--------------|---------|----------------------|----------------------------|
| Marte        |              |         |                      |                            |
| Europa       |              |         |                      |                            |
| Encélado     |              |         |                      |                            |
| TRAPPIST-1 e |              |         |                      |                            |

- 2 Calcula cuánto tardaría una sonda que viaja a 17 km/s en llegar a (a) Próxima b ( $4,02 \cdot 10^{13}$  km) y (b) TRAPPIST-1 ( $\approx 3,8 \cdot 10^{14}$  km). Expresa el resultado en años ( $1 \text{ año} = 3,16 \cdot 10^7 \text{ s}$ ). ¿Qué consecuencia tiene para estudiar exoplanetas?

---



---



---



---



---



---

3 Elige un mundo de F4 para una misión. Justifica tu elección con tres datos y escribe una limitación.

---



---



---



---

4 Verdadero o falso según F4.

|                                                                                      | V                        | F                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Europa tiene un océano confirmado por muestras recogidas allí.                       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Cassini detectó compuestos orgánicos en los granos de hielo expulsados por Encélado. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| En Próxima b se ha medido la temperatura de la superficie.                           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Titán tiene lagos de agua líquida en la superficie.                                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

#### FICHA 4 Habitabilidad no es vida

Sesión 4

Usa F5 (escala de evidencia) y F7 (casos reales). Niveles: 1 condición favorable, 2 indicio, 3 evidencia sólida, 4 confirmación.

1 Asigna un nivel de F5 a cada observación y escribe una explicación no biológica posible.

| Observación                                                                                                                     | Nivel (1-4) | Explicación no biológica |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------|
| Hielo de agua en el polo norte de Marte                                                                                         |             |                          |
| Moléculas orgánicas en granos de hielo de Encélado                                                                              |             |                          |
| Variaciones estacionales de metano en el cráter Gale (Marte)                                                                    |             |                          |
| Cultivo de bacterias a partir de una muestra de suelo del desierto de Atacama                                                   |             |                          |
| Un exoplaneta de tamaño terrestre dentro de la zona habitable                                                                   |             |                          |
| Un meteorito con aminoácidos                                                                                                    |             |                          |
| Imaginario: metano y oxígeno a la vez en un exoplaneta, repetido por varios telescopios, sin explicación no biológica razonable |             |                          |

- 2 Un gráfico ficticio muestra que el metano de un planeta sube en verano y baja en invierno. Una compañera dice: «El metano varía con las estaciones, luego lo producen seres vivos». (a) ¿Qué relación observamos? (b) ¿Por qué no prueba que haya vida? (c) Propón dos explicaciones no biológicas y una medida que ayudaría a distinguirlas.

---

---

---

---

---

---

---

---

- 3 Completa la tabla con tres casos de F7.

| Caso                    | Qué se afirmó | Nivel alcanzado | Qué falló |
|-------------------------|---------------|-----------------|-----------|
| Viking (1976)           |               |                 |           |
| Fosfina en Venus (2020) |               |                 |           |
| K2-18 b (2023-2025)     |               |                 |           |

- 4 Define con tus palabras «condición favorable», «indicio» y «evidencia» y pon un ejemplo de cada uno.

---

---

---

---

---

---

FICHA 5 Diseñamos una misión

Sesión 5

Usa F4 y F6. Los datos del presupuesto de la tarea 2 son ficticios, inspirados en instrumentos reales.

- 1 Elige el instrumento de F6 que responde a cada pregunta, indica qué medirías y qué resultado apoyaría o refutaría la hipótesis.

| Pregunta                                                                      | Instrumento | Qué medirías | Resultado que apoyaría | Resultado que refutaría |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|------------------------|-------------------------|
| ¿Hay un océano líquido bajo el hielo de Europa?                               |             |              |                        |                         |
| ¿Contiene el vapor de los penachos de Encélado moléculas orgánicas complejas? |             |              |                        |                         |
| ¿Tiene la atmósfera de un exoplaneta rocoso metano y oxígeno a la vez?        |             |              |                        |                         |

- 2** Presupuesto (datos ficticios). La sonda a Europa admite como máximo 30 kg y 50 W. Debe responder a dos preguntas: ¿hay océano? y ¿qué material expulsa o contiene la superficie? Elige instrumentos, suma masa y potencia y comprueba que cabe.

| Instrumento               | Masa (kg) | Potencia (W) | ¿Lo llevas? |
|---------------------------|-----------|--------------|-------------|
| Radar penetrante de hielo | 12        | 25           |             |
| Magnetómetro              | 3         | 5            |             |
| Espectrómetro de masas    | 10        | 20           |             |
| Cámara infrarroja         | 8         | 12           |             |
| Analizador de polvo       | 6         | 8            |             |
| Cámara visible            | 4         | 6            |             |
| Total elegido             |           |              |             |

- 3** Controles. Tu sonda detecta una señal orgánica en una muestra de hielo. Describe un control negativo y un control positivo que harías para fiarte del resultado y explica para qué sirve cada uno.

---



---



---



---



---



Usa F8 (titulares simulados), F5 (niveles de evidencia) y F9 (estado de las misiones).

- 1 Verifica los ocho titulares de F8: escribe el nivel real de evidencia (F5), la exageración o el error y un titular corregido.

| N.º | Nivel real (F5) | Exageración o error | Titular corregido |
|-----|-----------------|---------------------|-------------------|
| 1   |                 |                     |                   |
| 2   |                 |                     |                   |
| 3   |                 |                     |                   |
| 4   |                 |                     |                   |
| 5   |                 |                     |                   |
| 6   |                 |                     |                   |
| 7   |                 |                     |                   |
| 8   |                 |                     |                   |

- 2 Busca un titular real reciente sobre vida extraterrestre (NASA, ESA, IAC o un medio que cite el estudio) y analiza su fiabilidad.

| Criterio                                 | Respuesta |
|------------------------------------------|-----------|
| Titular, medio y fecha                   |           |
| ¿Cita el estudio o la fuente original?   |           |
| ¿Lo ha revisado la comunidad científica? |           |
| ¿Usa palabras de cautela o de certeza?   |           |
| ¿Lo ha repetido otro equipo?             |           |
| Nivel de evidencia (F5)                  |           |

- 3 Escribe un titular y una entradilla de dos líneas, sobre uno de los casos de F7 o F9, que sean fieles a la evidencia disponible.

---



---



---



---

**FICHA 7 Informe astrobiológico**

Sesión 7

Prepara el borrador del informe de misión (Anexo 4) con F4, F5, F6 y las fichas anteriores.

- 1 Escribe el objetivo de tu misión y completa los escenarios de resultados.

| Resultado de la misión                                       | Qué concluiríamos (nivel F5) | Qué NO podríamos concluir | Siguiente paso |
|--------------------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------|----------------|
| A. Detecta agua líquida y compuestos orgánicos complejos     |                              |                           |                |
| B. Detecta una señal ambigua (por ejemplo, metano que varía) |                              |                           |                |
| C. No detecta ni agua líquida ni compuestos orgánicos        |                              |                           |                |
| D. Un instrumento falla y no mide                            |                              |                           |                |

- 2 Redacta el resumen del informe en 7-8 líneas: objetivo, criterios de habitabilidad aplicados, qué medirías y por qué, y límites de la misión.

---



---



---



---



---



---



---



---

### 3 Revisa el borrador y marca lo que cumple.

- ☐ Hay una pregunta científica y una hipótesis contrastables
- ☐ Los datos del mundo tienen fuente y año
- ☐ Cada instrumento responde a una pregunta y cabe en el presupuesto
- ☐ Hay un control y una explicación no biológica
- ☐ Los escenarios indican el nivel de evidencia y los límites
- ☐ El lenguaje es cauteloso

## FICHA 8 Comité de misión

Sesión 8

Defiende tu informe y evalúa el de otro equipo. Cada pregunta del comité debe poder responderse con datos.

### 1 Preparas el comité. Anota las preguntas que te harán otros equipos, tu respuesta y si convence.

| Equipo y objetivo | Pregunta del comité | Respuesta recibida | ¿Convence? ¿Por qué? |
|-------------------|---------------------|--------------------|----------------------|
|                   |                     |                    |                      |
|                   |                     |                    |                      |
|                   |                     |                    |                      |

### 2 Autoevalúa tu defensa: marca lo que has hecho.

- ☐ He explicado por qué mi mundo es el mejor objetivo con datos
- ☐ He distinguido siempre condición favorable, indicio y evidencia
- ☐ He dicho qué resultado apoyaría y cuál refutaría mi hipótesis
- ☐ He respondido a las preguntas con datos y sin exagerar
- ☐ He admitido lo que no sabemos

### 3 Tras el comité: ¿qué cambiarías de tu informe y qué dato nuevo te haría cambiar tu conclusión?

---



---



---



---



---

**Plantilla del producto final**

SdA 10 · ¿Estamos solos?

ALUMNADO

Nombre:

Curso/grupo:

Fecha:

Informe de misión astrobiológica en una página (A4 o cartulina). Cada recuadro lleva datos reales con fuente y año; usa lenguaje cauteloso.

**Título, equipo y objetivo**

Mundo elegido y pregunta científica.

**Criterios de habitabilidad**

Tabla de datos con fuente y año.

**Qué medir**

Instrumentos, controles y presupuesto.

**Escenarios de resultados**

A, B y C: qué concluiríamos y nivel de evidencia.

**Límites y explicaciones no biológicas**

Qué no podríamos concluir.

**Fuentes y siguiente paso**

Fuentes citadas y propuesta de nueva misión.

## Lista de cotejo para el proceso y la entrega

SdA 10 · ¿Estamos solos?

ALUMNADO

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Antes de entregar **Informe de misión astrobiológica que selecciona un objetivo, justifica criterios de habitabilidad, propone qué medir y establece qué resultados apoyarían distintas conclusiones.**, comprueba cada punto y marca la casilla. Si alguno falla, todavía estás a tiempo de mejorarlo.

### Contenido del producto

- ☐ El mundo elegido tiene datos reales con fuente y fecha (tamaño, temperatura, agua, energía y compuestos orgánicos).
- ☐ Se justifican los criterios de habitabilidad y se distingue entre «habitable» y «habitado».
- ☐ Se formula una pregunta científica y una hipótesis que la misión podría contrastar.
- ☐ Cada instrumento responde a una pregunta concreta y cabe en el presupuesto de masa y potencia.
- ☐ Incluye al menos un control y una explicación no biológica de la señal esperada.
- ☐ Hay al menos tres escenarios de resultados, con su nivel de evidencia y lo que no se podría concluir.
- ☐ Las fuentes están citadas y se usa un lenguaje cauteloso («podría», «es compatible con»).

### Calidad y rigor

- ☐ He utilizado vocabulario específico de la materia y lo he explicado cuando era necesario.
- ☐ He apoyado mis afirmaciones con evidencias (datos, citas, mapas o ejemplos concretos).
- ☐ He citado o identificado todas las fuentes utilizadas.
- ☐ He revisado la ortografía, la presentación y el orden del producto.
- ☐ He incorporado las mejoras propuestas en la coevaluación o por el docente.

#### Lo que más me ha costado

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

#### Firma del equipo / fecha de entrega

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Rúbrica imprimible

SdA 10 · ¿Estamos solos?

ALUMNADO · DOCENTE

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Rúbrica para valorar **Informe de misión astrobiológica que selecciona un objetivo, justifica criterios de habitabilidad, propone qué medir y establece qué resultados apoyarían distintas conclusiones.** Marca el nivel alcanzado en cada indicador.

| Indicador                                                | NIVEL 4<br>Avanzado                                                                                                                                                                                                      | NIVEL 3<br>Adecuado                                                                                                                                                    | NIVEL 2<br>En proceso                                                                                                                  | NIVEL 1<br>Inicial                                                                         | Nivel |
|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>Comprensión científica</b>                            | Rigurosa, conectada y con vocabulario preciso.                                                                                                                                                                           | Correcta en lo esencial.                                                                                                                                               | Parcial o con alguna confusión.                                                                                                        | Fragmentaria o con errores esenciales.                                                     |       |
| <b>Uso de evidencias</b>                                 | Contrasta fuentes y usa evidencias concretas.                                                                                                                                                                            | Aporta evidencias suficientes.                                                                                                                                         | Evidencias escasas o descriptivas.                                                                                                     | Conclusiones sin evidencia suficiente.                                                     |       |
| <b>Aplicación rigurosa de criterios de habitabilidad</b> | Define habitabilidad como conjunto de condiciones (agua líquida, energía, elementos, estabilidad), la aplica con datos reales y fuente a varios mundos y distingue siempre «habitable» de «habitado».                    | Aplica correctamente los criterios de habitabilidad a los mundos elegidos con datos reales; distingue habitable de habitado con algún matiz sin desarrollar.           | Aplica los criterios de forma parcial o con datos incompletos; a veces trata una condición favorable como si fuera una prueba de vida. | Confunde habitabilidad con presencia de vida o usa datos sin fuente ni comprobación.       |       |
| <b>Diseño coherente de búsqueda de evidencias</b>        | Formula una pregunta y una hipótesis contrastables, elige instrumentos justificados dentro del presupuesto, incluye controles y explicaciones no biológicas y define qué resultado apoyaría o refutaría cada conclusión. | Elige instrumentos adecuados a la pregunta y prevé escenarios de resultados con su nivel de evidencia; los controles o las explicaciones alternativas son incompletos. | Propone instrumentos poco ajustados a la pregunta o escenarios incompletos; no distingue bien indicio de evidencia.                    | No relaciona la pregunta con las medidas ni explica qué resultado cambiaría la conclusión. |       |
| <b>Comunicación y producto</b>                           | Claro, preciso y responde plenamente al reto.                                                                                                                                                                            | Claro y responde adecuadamente.                                                                                                                                        | Cumple parcialmente o necesita mejorar.                                                                                                | Incompleto o no responde al reto.                                                          |       |

## Observaciones del docente

---



---



---

## Valoración global

---



---



---

**Autoevaluación y coevaluación**

SdA 10 · ¿Estamos solos?

ALUMNADO

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso/grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

**Parte 1 · Autoevaluación**

| Afirmación                                                                                         | Aún no                | Con ayuda             | Bien                  | Muy bien              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Sé explicar la diferencia entre condición favorable, indicio y evidencia de vida con un ejemplo.   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Sé elegir instrumentos según la pregunta y decir qué resultado apoyaría o refutaría una hipótesis. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| He cumplido mi rol y mis tareas dentro del equipo.                                                 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| He escuchado y tenido en cuenta las ideas de los demás.                                            | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| He usado fuentes y evidencias para justificar mis ideas.                                           | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| He revisado y mejorado mi trabajo a partir de la retroalimentación.                                | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

**Dos aprendizajes que he logrado**


---



---



---

**Una dificultad que he tenido**


---



---



---

**Una mejora que haré la próxima vez**


---



---

**Parte 2 · Coevaluación de otro equipo****Equipo evaluado:** \_\_\_\_\_**Fortaleza 1**


---



---

**Fortaleza 2**


---



---

**Propuesta de mejora**


---



---

## Material de apoyo y refuerzo

SdA 10 · ¿Estamos solos?

ALUMNADO

Nombre:

Curso/grupo:

Fecha:

Trabajarás solo con dos mundos, Marte y Europa, con datos ya seleccionados y una tabla guiada.

## 🔗 Glosario visual

**Habitable** = con condiciones que podrían permitir la vida (no quiere decir que haya vida) · **Zona habitable** = región alrededor de una estrella donde un planeta podría tener agua líquida en superficie · **Extremófilo** = organismo que vive en condiciones extremas · **Indicio** = señal que la vida podría producir, pero también procesos sin vida · **Evidencia** = varias pruebas independientes que descartan otras explicaciones.

## 🔗 Ejemplo modelado y datos

Ejemplo con Encélado: agua líquida, sí (océano bajo el hielo); energía, sí (calor de marea y actividad hidrotermal); compuestos orgánicos, sí (en granos de hielo). Conclusión: tiene condiciones favorables, pero todavía no hay evidencia de vida, porque esos ingredientes también se forman sin seres vivos.

**Datos cerrados.** Marte:  $-63^{\circ}\text{C}$ ; hoy hielo y, hace unos 3 500 Ma, lagos; compuestos orgánicos detectados por rovers; muestras sin traer a la Tierra. Europa:  $-160^{\circ}\text{C}$ ; océano de agua líquida bajo el hielo (indicios fuertes); calor de marea como energía; compuestos orgánicos no confirmados.

1 Completa la tabla con ✓ (sí), ? (incierto) o ✗ (no) para cada criterio.

| Criterio                         | Marte | Europa |
|----------------------------------|-------|--------|
| Agua líquida hoy                 |       |        |
| Fuente de energía                |       |        |
| Compuestos orgánicos confirmados |       |        |
| ¿Hay evidencia de vida?          |       |        |

2 Relaciona cada hallazgo con su nivel de evidencia.

1 Un océano bajo el hielo de una luna ●

2 Un gas que podría producir la vida, pero también la geología ●

3 Cultivo de bacterias a partir de una muestra de suelo terrestre ●

● a Confirmación

● b Condición favorable

● c Indicio

3 Verdadero o falso.

|                                                                 | V                        | F                        |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Habitable significa que hay seres vivos.                        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Hallar compuestos orgánicos demuestra que hay vida.             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Las condiciones favorables son un primer paso para buscar vida. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |



ANEXO  
9

# Actividad de ampliación

SdA 10 · ¿Estamos solos?

ALUMNADO

Nombre:

Curso/grupo:

Fecha:

 **Investiga una misión real**

Elige una misión real de la lista y prepara una ficha de una página: cuál es su pregunta científica, qué instrumentos lleva y qué resultados cambiarían lo que sabemos.

 **Pasos**

- 1 Elige una misión: Europa Clipper, Juice, Dragonfly o Perseverance.
- 2 Busca su página oficial (NASA o ESA) y anota las fechas de lanzamiento y llegada.
- 3 Calcula la duración del viaje en años.
- 4 Anota tres instrumentos y qué mide cada uno (F6).
- 5 Escribe qué resultado apoyaría que el mundo es habitable y cuál no, y qué nivel de evidencia (F5) permitiría.

**1 Completa la tabla con los datos oficiales (F9) y calcula la duración del viaje.**

| Misión         | Agencia | Lanzamiento           | Llegada               | Duración del viaje (años) |
|----------------|---------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|
| Europa Clipper | NASA    | 14 de octubre de 2024 | abril de 2030         |                           |
| Juice          | ESA     | 14 de abril de 2023   | julio de 2031         |                           |
| Dragonfly      | NASA    | 2028 (previsto)       | 2034 (previsto)       |                           |
| Perseverance   | NASA    | 30 de julio de 2020   | 18 de febrero de 2021 |                           |

 **Entrega**

Una ficha de misión de una página con datos, tres instrumentos, una pregunta científica y qué resultados apoyarían o refutarían la hipótesis.

 **Ficha 1**

1. Diagnóstico: a, b, c, b.
2. Necesarias: agua líquida, elementos CHNOPS, fuente de energía. No imprescindibles: luz solar (la quimiosíntesis de las fuentes hidrotermales), oxígeno libre (muchos microorganismos viven sin  $O_2$ ) y los  $15^\circ C$  (los extremófilos viven de  $-15^\circ C$  a  $121^\circ C$ ). Favorable: una atmósfera (protege y mantiene la presión y la temperatura).
3. Venus (0,72 UA): fuera. Tierra (1 UA): dentro. Marte (1,52 UA): dentro. Estar en la zona habitable solo indica que la distancia permite agua líquida: hacen falta además atmósfera, agua, tamaño y estabilidad (Marte es pequeño y su atmósfera es muy fina).
4. Respuesta variable. Ejemplo: *Pyrolobus fumarii* ( $113^\circ C$ ) y *Deinococcus radiodurans* (radiación). Enseñan que la vida puede ocupar ambientes más amplios de los imaginados, pero siempre con agua líquida y energía.

 **Ficha 2**

1. Dato experimental, hipótesis, dato experimental, opinión.
2. (a)  $4\,540 - 3\,500 = 1\,040$  Ma como máximo. (b)  $1\,040 \div 4\,540 \approx 0,229$ , es decir, un 22,9 %. Es un máximo: si hay vida más antigua, el tiempo sería menor.
3. Respuesta variable, con un dato de F3 (por ejemplo: ecosistemas actuales en chimeneas o ARN catalítico) y una incógnita (cómo se formó la primera célula).
4. F (solo muestra que se forman aminoácidos en esas condiciones; no sabemos cómo surgió la vida). F (muestra que hay ingredientes en el espacio; no que la vida llegara). F (se puede estudiar con hipótesis y datos). V.

 **Ficha 3**

1. Respuestas variables con datos de F4. Modelo: Marte: agua ? (hoy hielo; hubo lagos), energía ?, orgánicos ✓ (detectados, sin demostrar origen). Europa: agua ✓ (indicios fuertes de océano), energía ✓ (calor de marea), orgánicos ?. Encélado: agua ✓, energía ✓, orgánicos ✓. TRAPPIST-1 e: agua ?, energía ✓ (luz de la estrella), orgánicos ?; falta conocer la atmósfera.
2. (a)  $4,02 \cdot 10^{13} \text{ km} \div 17 \text{ km/s} \approx 2,4 \cdot 10^{12} \text{ s}$ ;  $\div 3,16 \cdot 10^7 \text{ s/año} \approx 75\,000$  años. (b)  $3,8 \cdot 10^{14} \text{ km} \div 17 \approx 2,2 \cdot 10^{13} \text{ s} \approx 700\,000$  años. Con la tecnología actual no podemos enviar sondas, y se estudian los exoplanetas con telescopios (por ejemplo, su atmósfera con el telescopio Webb).
3. Respuesta variable: tres datos de F4 y una limitación (por ejemplo, la distancia, el hielo grueso o que el dato es indirecto).
4. F (los indicios son indirectos; no hay muestras de allí). V. F (solo se estima la temperatura de equilibrio). F (los lagos son de metano y etano).

#### Ficha 4

1. Nivel 1 (hielo de agua; por ejemplo, un depósito geológico), nivel 1 (orgánicos que también se forman sin vida, como en meteoritos), nivel 2 (metano; puede provenir de procesos geológicos o de reacciones químicas), nivel 4 (Atacama: bacterias vivas cultivadas), nivel 1 (zona habitable; no sabemos si hay agua ni atmósfera), nivel 1 (aminoácidos que se forman sin vida) y nivel 3 (imaginario: repetido por varios equipos y sin explicación no biológica razonable).
2. (a) Una correlación entre el metano y la estación. (b) Una correlación no demuestra una causa: el metano estacional puede deberse a hielo que se funde y libera gas, a reacciones con luz ultravioleta o a la geología. (c) Medidas posibles: la proporción de isótopos de carbono del metano, la presencia de otros gases (etano, hidrógeno) o repetir la medida con otro instrumento.
3. Viking: señal de gas con nutrientes; nivel 1-2 (compatible con vida); falló: los oxidantes del suelo explican la señal. Fosfina en Venus: indicio débil (nivel 2 como mucho); falló: otros equipos pusieron en duda la señal. K2-18 b: indicio débil de una molécula (nivel 2 como mucho); falló: otros análisis no encontraron una señal sólida.
4. Condición favorable: el entorno podría permitir la vida (agua líquida). Indicio: una señal compatible con vida pero explicable sin ella (metano). Evidencia: varias pruebas independientes con las otras explicaciones descartadas.

#### Ficha 5

1. Europa: radar penetrante de hielo y magnetómetro; apoya: reflejos bajo el hielo y un campo magnético inducido compatible con un océano salado; refuta: hielo sólido sin reflectores y sin campo inducido. Encélado: espectrómetro de masas o analizador de polvo; apoya: moléculas orgánicas complejas en el vapor; refuta: solo agua y moléculas simples. Exoplaneta: espectroscopía de transmisión; apoya: metano y oxígeno a la vez, repetido por otros equipos; refuta: ausencia de ambos gases o un solo gas con explicación geológica.
2. Una opción: radar (12 kg, 25 W) + magnetómetro (3 kg, 5 W) + espectrómetro de masas (10 kg, 20 W) = 25 kg y 50 W: cabe justo. Otra: radar + magnetómetro + analizador de polvo + cámara visible = 25 kg y 44 W. Si se añade la cámara infrarroja al primer conjunto: 33 kg y 62 W, no cabe. Valorar la justificación.
3. Control negativo: analizar una muestra de hielo sin sustancias orgánicas, o el instrumento vacío, para comprobar que la señal no procede de contaminación. Control positivo: analizar una muestra con orgánicos conocidos para comprobar que el instrumento los detecta. Así sabemos que la señal es del hielo y no del instrumento.

#### Ficha 6

1. 1: nivel 1; «habitable» no es «habitado», y a 40 años luz no podemos viajar (unos 700 000 años a 17 km/s); corregido: «Un planeta de TRAPPIST-1 está en la zona habitable; su atmósfera aún no se conoce». 2: nivel 1-2 (posible biosignatura); no se ha «confirmado» y hay explicaciones químicas; corregido: «Una roca de Marte tiene señales que podrían estar relacionadas con la vida; se necesita analizarla en laboratorios». 3: nivel 2 como mucho; «demuestra» es excesivo (origen geológico posible). 4: nivel 1; los indicios de agua no prueban la presencia de peces ni de vida. 5: nivel 1; los aminoácidos también se forman sin vida; la panspermia no se ha demostrado. 6: no es evidencia de vida extraterrestre; que unos organismos sobrevivan no prueba que vengan del espacio. 7: nivel 2 como mucho; «solo la vida» es falso (el DMS se ha hallado en un cometa). 8: la cifra es real, pero «mundos como la Tierra» es falso; solo una pequeña parte son rocosos y de tamaño terrestre.
2. Respuesta variable: comprobar que cita la fuente, la fecha y distingue palabras de cautela y de certeza.
3. Respuesta variable: debe usar «podría» o «es compatible con» y citar el nivel de evidencia.

### Ficha 7

1. Respuestas variables. Modelo para un objetivo de Europa: A: condición favorable muy reforzada y quizá un indicio (nivel 1-2); no podríamos concluir que hay vida; siguiente paso: misión de aterrizaje. B: indicio (nivel 2); no podríamos concluir vida; repetir la medida con otro instrumento y buscar explicaciones no biológicas. C: no hay evidencia de ese ingrediente: no descarta la vida en otros lugares del mundo; ajustar la hipótesis. D: sin datos no se puede concluir; usar los instrumentos que sí funcionan o planificar otra misión.
2. Valorar que incluya objetivo, criterios, instrumentos justificados y límites, con lenguaje cauteloso.
3. Checklist: comprobar cada punto en el borrador.

### Ficha 8

1. Respuestas variables: valorar que las preguntas apunten a los datos, a los controles, a las explicaciones no biológicas y a los límites.
2. Autoevaluación: valorar la honestidad de la marca.
3. Respuesta variable: debe cambiar algo concreto (un instrumento, un escenario) y nombrar un dato nuevo que modificaría la conclusión (criterio 4.2).

### Refuerzo

1. Marte: agua ✗ (hoy hielo) o ?, energía ?, orgánicos ✓, evidencia de vida ✗. Europa: agua ✓ (indicios fuertes), energía ✓, orgánicos ?, evidencia de vida ✗. Se aceptan los ? donde esté justificado.
2. Océano bajo el hielo: condición favorable; gas que podría producir la vida y la geología: indicio; cultivo de bacterias en una muestra terrestre: confirmación.
3. F, F, V.

### Ampliación

1. Europa Clipper: ≈ 5,5 años. Juice: ≈ 8,25 años (8 años y 3 meses). Dragonfly: ≈ 6 años (previsto). Perseverance: ≈ 0,55 años (unos 6,5 meses).
2. Comprobar que la ficha incluye una pregunta científica, tres instrumentos y qué resultados apoyarían o refutarían la hipótesis.

### Errores frecuentes

- Confundir habitable con habitado, o la zona habitable con la presencia de vida.
- Considerar que hallar compuestos orgánicos o metano demuestra que hay vida.
- Usar el verbo «demostrar» o «confirmar» ante señales débiles o discutidas.
- Elegir instrumentos sin relacionarlos con la pregunta ni indicar qué resultado refutaría la hipótesis.
- Olvidar los controles o las explicaciones no biológicas.
- Citar cifras de misiones o de exoplanetas sin fuente ni fecha: cambian con el tiempo.

### Criterios para valorar respuestas abiertas

- Valorar que la conclusión del escenario sea proporcional a la evidencia, aunque el mundo elegido sea otro.
- Aceptar cualquier mundo real justificado con datos con fuente y fecha, no solo los de F4.
- En el fact-check, exigir que cada corrección cite un dato o una fuente.
- Si el alumnado usa datos más recientes (nuevo recuento de exoplanetas, nuevo resultado de una misión), aceptarlos si indican fuente y fecha.



## Créditos, fuentes y condiciones de uso

### 📖 Edición revisada: octubre de 2026

Situaciones de aprendizaje · Biología y Geología · 4.º ESO. Material elaborado y editado por **recursoseso.com**.

### 🏛️ Normativa de referencia

- Ley Orgánica 2/2006, de Educación, modificada por la Ley Orgánica 3/2020 (LOMLOE).
- Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la ESO.
- Currículos autonómicos correspondientes, a los que debe adaptarse esta propuesta.

### 🔍 Ilustraciones y cartografía

Ilustraciones científicas de **Servier Medical Art** (smart.servier.com, licencia CC BY 3.0/4.0) y de la colección **Bioicons** (bioicons.com, licencias CC0 y CC BY), adaptadas con rótulos propios. Mapas elaborados con datos de **Natural Earth** (dominio público) y límites de placas de **Bird (2003)**, PB2002 (licencia ODC-BY). Esquemas y gráficos de elaboración propia. Microfotografías: Berkshire Community College Bioscience Image Library (CC0); M. Aderholt / Wikimedia Commons (CC BY 4.0); Kyreb / Wikimedia Commons (CC0).

### 📁 Principales organismos y fuentes de datos

Instituto Geológico y Minero de España (IGME-CSIC), Instituto Geográfico Nacional (IGN, catálogo sísmico), USGS, Smithsonian Global Volcanism Program, NCBI y Ensembl (genética), NASA, ESA, Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), Unión Astronómica Internacional (UAI). Cada fuente del dossier indica su procedencia concreta. Los datos numéricos se presentan redondeados con fines didácticos y conviene actualizarlos cuando se trabajen problemas del presente.

### 🧪 Prácticas de laboratorio y de campo

Las prácticas propuestas emplean materiales sencillos y deben realizarse bajo la supervisión del docente, siguiendo las normas de seguridad del centro. Los casos, personajes y conjuntos de datos señalados como ficticios han sido creados para el aula.

### 🛡️ Condiciones de uso

© 2026 recursoseso.com. Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción de las páginas de este cuaderno para su uso en el aula por parte del docente o del centro educativo que lo ha adquirido u obtenido legítimamente. No está permitida su redistribución, venta, publicación en otras webs o plataformas ni su modificación para uso comercial sin autorización expresa de recursoseso.com. Las ilustraciones de terceros mantienen sus licencias originales.

📍 Si detectas algún error o quieres proponer una mejora, puedes comunicarlo a través de **recursoseso.com**. Este material se revisa y actualiza periódicamente.