

HERENCIA Y GENÉTICA

Nombre: Curso: Fecha:

- 1** El genotipo es:
- a. El conjunto de genes que se manifiesta.
 - b. El conjunto de caracteres que se manifiesta.
 - c. El conjunto de genes que se poseen.
 - d. El conjunto de caracteres que no se manifiesta.
- 2** Los alelos son:
- a. El conjunto de genes de un individuo.
 - b. Cada una de las alternativas que puede presentar un gen concreto.
 - c. Cada una de las partes en que se divide un gen.
 - d. Los genes que determinan un mismo carácter de diferente manera.
- 3** Los individuos heterocigóticos para un carácter tienen:
- a. Dos genes alelos diferentes para ese carácter.
 - b. Los dos genes alelos para ese carácter iguales.
 - c. Dos genes alelos que se expresan con la misma fuerza en el fenotipo.
 - d. Un locus diferente en cada cromosoma homólogo.
- 4** El principio de la segregación se conoce como:
- a. La primera ley de Mendel.
 - b. La segunda ley de Mendel.
 - c. La tercera ley de Mendel.
 - d. Una excepción de la tercera ley de Mendel.
- 5** La codominancia se produce cuando:
- a. Un alelo es dominante y el otro recesivo.
 - b. Ambos alelos expresan por igual su información.
 - c. Ambos alelos están ligados en el mismo cromosoma.
 - d. Ambos alelos se manifiestan simultáneamente.
- 6** La herencia ligada al sexo:
- a. Está determinada por genes presentes únicamente en los gametos.
 - b. Da lugar a las enfermedades sexuales que son diferentes en hombres y mujeres.
 - c. Se produce por genes que se encuentran en los cromosomas sexuales.
 - d. Se manifiesta por igual en hombres y mujeres.
- 7** Los cromosomas sexuales de hombres y mujeres:
- a. Son totalmente diferentes.
 - b. Son idénticos, pero hay más en los hombres que en las mujeres.
 - c. Son más grandes en el hombre que en la mujer.
 - d. Son iguales entre sí en la mujer y diferentes entre sí en el hombre.
- 8** El síndrome de Down se produce por:
- a. Una monosomía del cromosoma 21.
 - b. Una trisomía del cromosoma 21.
 - c. Una trisomía del cromosoma sexual X.
 - d. Un gen recesivo ligado al cromosoma X.
- 9** La hemofilia es:
- a. Una enfermedad ligada al sexo.
 - b. Una enfermedad de los cromosomas sexuales.
 - c. Un caso de polimorfismo genético.
 - d. Una enfermedad que produce una incapacidad para distinguir colores.
- 10** La amniocentesis es:
- a. Un método analítico de diagnóstico genético preimplantacional.
 - b. Una terapia génica para intentar curar una afección genética.
 - c. Una técnica no invasiva de diagnóstico prenatal.
 - d. Una técnica invasiva de diagnóstico prenatal.

1 c; 2 b; 3 a; 4 b; 5 d; 6 c; 7 d; 8 b; 9 a; 10 d.

SOLUCIONES

HERENCIA Y GENÉTICA

Nombre: Curso: Fecha:

1 Define: genotipo, fenotipo, gen, locus y alelo.

.....

.....

.....

2 Explica las características de la metodología experimental utilizada por Mendel.

.....

.....

.....

3 Explica cómo se determina el sexo en los seres humanos. Si una pareja tiene un niño, ¿cuál es la probabilidad de que el siguiente hijo sea también niño? Y si la pareja tiene ya dos niños, ¿cuál es la probabilidad de que el siguiente hijo sea también niño?

.....

.....

.....

.....

.....

4 Indica si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones y corrige las falsas:

- a. Hay muchos más genes que cromosomas.
- b. Los genes de un mismo cromosoma se heredan siempre juntos.
- c. Los genes que se encuentran en distinto cromosoma se heredan de forma independiente, según la tercera ley de Mendel.
- d. El sexo está determinado por el cromosoma sexual que porta el óvulo.

.....

.....

.....

.....

5 Al cruzar dos plantas con flores rosas entre sí, se obtiene una descendencia formada por 49 plantas con flores blancas, 49 con flores rojas y 98 con flores rosas. Explica por qué y realiza el cruzamiento indicando los genotipos de las plantas que se cruzan y de la descendencia.

.....

.....

.....

.....

.....

6 Un cruce entre una cobaya de pelo rizado (dominante) con otra de pelo liso (recesivo), ha dado ocho crías, todas de pelo rizado. En otro cruzamiento entre dos cobayas de pelo rizado, han salido seis crías de pelo rizado y dos de pelo liso. ¿Cuál es el genotipo de los padres en los dos cruzamientos?

7 En el fruto de las sandías, el color verde liso (L) domina sobre el rayado (l), y la forma achatada (A) domina sobre la alargada (a). Realiza el cruzamiento de una planta homocigótica de fruto liso y achatado con otra también homocigótica de fruto a rayas y alargado. Indica los genotipos y fenotipos de la F₁ y de la F₂.

8 Una mujer del grupo AB acaba de tener un hijo. Al salir del hospital, le entregan un niño cuya tarjeta dice que es del grupo O.

a. ¿Crees que ha habido un error o puede ser su hijo auténtico?

.....
.....

b. Si el marido de la mujer es del grupo O, realiza el cruzamiento e indica el grupo sanguíneo de los posibles hijos de la pareja.

9 Una pareja formada por una mujer portadora del gen de la hemofilia y un hombre hemofílico quieren saber cómo podría ser su descendencia. Explica el tipo de herencia y realiza el cruzamiento indicando el genotipo y fenotipo de todos los posibles hijos de la pareja.

.....
.....

10 a. Explica la diferencia entre la prevención primaria y la secundaria de los trastornos genéticos y cita un ejemplo de cada tipo.

b. ¿Qué tipo de técnicas son la ecografía, la amniocentesis y la punción del cordón umbilical? Explica las diferencias entre ellas.

.....
.....
.....

HERENCIA Y GENÉTICA

Criterios de evaluación*	Estándares de aprendizaje*	Actividades
		Control
B1-9. Formular los principios básicos de genética mendeliana, aplicando las leyes de la herencia en la resolución de problemas sencillos.	B1-9.1. Reconoce los principios básicos de la genética mendeliana, resolviendo problemas prácticos de cruzamientos con uno o dos caracteres.	1, 2, 4, 5, 6, 7 y 8
B1-10. Diferenciar la herencia del sexo y la ligada al sexo, estableciendo la relación que se da entre ellas.	B1-10.1. Resuelve problemas prácticos sobre la herencia del sexo y la herencia ligada al sexo.	3, 4 y 9
B1-11. Conocer algunas enfermedades hereditarias, su prevención y alcance social.	B1-11.1. Identifica las enfermedades hereditarias más frecuentes y su alcance social.	10

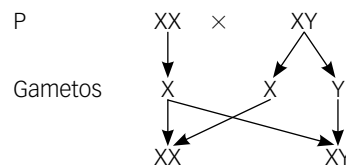
* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Secundaria.

- **Genotipo:** conjunto de genes que posee un individuo, siendo la mitad de uno de sus progenitores y la otra mitad, del otro. Permanece constante a lo largo de su vida y es idéntico en todas las células del organismo.
 - **Fenotipo:** conjunto de cualidades físicas observables en un organismo, ya sean anatómicas, fisiológicas o de comportamiento. Puede variar durante la vida del organismo, ya que el ambiente influye en la expresión de los genes.
 - **Gen:** fragmento de ADN que controla un determinado carácter.
 - **Locus:** lugar que ocupa un gen en un cromosoma. En un locus cualquiera de un organismo haploide solo hay un gen (una alternativa o alelo), mientras que en un organismo diploide hay dos; en un triploide, tres; etc.
 - **Alelo:** cada una de las alternativas que presenta un gen para un determinado carácter.
- El método empleado por Mendel, innovador para la época, no solo se basaba en la observación, sino en la utilización del método científico. Sus principales aciertos fueron:

 - Seleccionó el material idóneo, la planta del guisante, de fácil cultivo y manipulación.
 - Seleccionó caracteres bien definidos y opuestos.
 - Se fijó en varios caracteres, pero solo estudió un carácter determinado, o dos como mucho, en cada experimento.
 - Diseñó muy cuidadosamente los experimentos y recogió gran cantidad de datos, estudiando la descendencia tras varias generaciones.
 - Utilizó el análisis matemático para demostrar que los resultados obtenidos eran coherentes con su hipótesis.
- En los seres humanos el sexo está determinado genéticamente por dos cromosomas sexuales o heterocromosomas, que se diferencian por su tamaño, forma y número de genes: el cromosoma X y el cromosoma Y.

Las mujeres tienen dos cromosomas X (genotipo XX), por lo que se les llama sexo homogamético, mientras que los hombres presentan un cromosoma X y uno Y (genotipo XY), siendo el sexo heterogamético.

Herencia del sexo

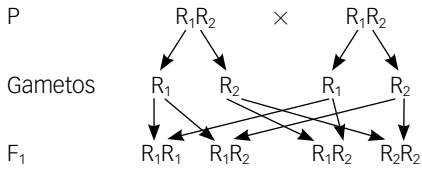


Descendencia: 50% niñas (XX) y 50% niños (XY).

Como se observa en el esquema, todos los óvulos aportan un cromosoma X y, de los espermatozoides, la mitad aporta un cromosoma X y la otra mitad un cromosoma Y. Por tanto, la probabilidad de que el siguiente hijo sea también niño sería la misma, el 50%.

- a. Verdadera.
 - b. Falsa. Los genes de un mismo cromosoma pueden heredarse por separado debido al entrecruzamiento o intercambio de material genético que tiene lugar durante la meiosis entre cromátidas homólogas. De esta forma, se mezclan los genes del cromosoma paterno y materno durante la formación de los gametos.
 - c. Verdadera.
 - d. Falso. El sexo está determinado por el cromosoma sexual, X o Y, que porta el espermatozoide, ya que los óvulos siempre llevan el cromosoma sexual X.
- Se trata de un caso de dominancia incompleta, que ocurre cuando los dos alelos expresan por igual su información. Individuo homocigótico de flores rojas, R_1R_1 , e individuo homocigótico de flores blancas, R_2R_2 .

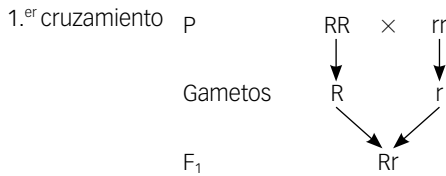
El cruzamiento de dos individuos heterocigóticos R_1R_2 de flores rosas es el siguiente:



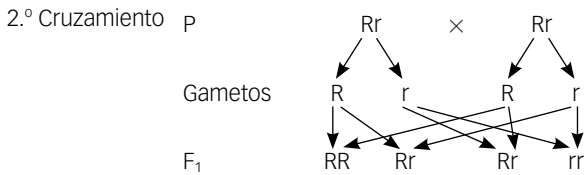
Descendencia:

- 50% individuos heterocigóticos R_1R_2 , fenotipo flores rosas (98).
- 25% individuos homocigóticos R_1R_1 , fenotipo flores rojas (49).
- 25% individuos homocigóticos R_2R_2 , fenotipo flores blancas (49).

6 R, gen de pelo rizado, y r, gen de pelo liso.

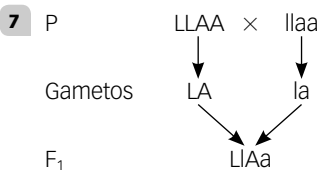


Genotipo: 100% heterocigóticos Rr. Fenotipo: 100% cobayas de pelo rizado.



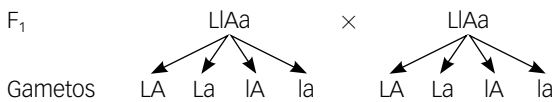
Genotipo: 25% RR, 25% rr y 50% Rr.

Fenotipo: 75% de pelo rizado (6) y 25% de pelo liso (2).



Genotipo: 100% LIAa, dihíbridos.

Fenotipo: 100% frutos verdes lisos y achatados.



Genotipo F₂:

	LA	La	IA	la
LA	LLAA	LLAa	LIAA	LIAa
La	LAAa	LLaa	LIAa	Llaa
IA	LIAA	LIAa	IIAA	IIAa
la	LIAa	Llaa	IIAa	llaa

Fenotipo F₂:

9/16 sandías lisas y achatadas

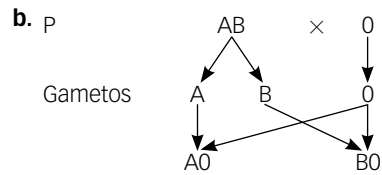
3/16 sandías lisas y alargadas

3/16 sandías a rayas y achatadas

1/16 sandías a rayas y alargadas

8 El carácter del grupo sanguíneo está controlado por un gen que posee tres alelos: A, B y O. Los alelos A y B dominan sobre el O, que es recesivo, pero son codominantes entre sí. Es decir, un individuo AB presenta los dos alelos (AB) y se expresan por igual cuando están juntos. Un individuo del grupo O es siempre homocigótico recesivo (OO).

a. Se ha producido un error porque una mujer del grupo AB no puede tener hijos del grupo O. Sus hijos siempre tendrán o el alelo A o el alelo B y, por tanto, nunca serán del grupo O.



Descendencia: 50% de hijos del grupo A (AO) y 50% de hijos del grupo B (BO).

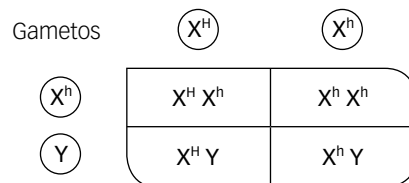
9 Se trata de un caso de herencia ligada al sexo. El gen de la hemofilia es un gen recesivo situado en el cromosoma sexual X.

Para que un hombre sea hemofílico, basta que su único cromosoma X sea portador del gen que lo provoca.

Sin embargo, en una mujer es necesario que reciba el gen de sus dos progenitores, es decir, que sea homocigótica recesiva. Las mujeres heterocigóticas no manifestarán la hemofilia, pero sí serán portadoras.

X^H: cromosoma X con el gen normal; X^h: cromosoma X con el gen de la hemofilia.

Cruzamiento: madre portadora del gen de la hemofilia, X^HX^h, y hombre hemofílico, X^hY.



Descendencia: 25% mujeres hemofílicas, 25% mujeres portadoras de la hemofilia, 25% hombres sanos y 25% hombres hemofílicos.

10 a. La prevención primaria de los trastornos genéticos se lleva a cabo antes de la concepción, es decir, de la unión del óvulo y el espermatozoide, mientras que la secundaria se realiza después de la fecundación y puede ser prenatal o posnatal. Un ejemplo de prevención primaria es el consejo genético, y de prevención secundaria, la prueba del talón.

b. Son técnicas de diagnóstico prenatal de trastornos genéticos. Las diferencias entre ellas son:

- La ecografía es una técnica no invasiva, se realiza mediante ultrasonidos sin ocasionar daño al feto, mientras que las otras dos técnicas son invasivas y requieren una punción que puede dañar al feto.
- Las dos técnicas invasivas se diferencian en el tipo de muestras que se recogen y analizan, el líquido amniótico o sangre del cordón umbilical.

Nombre: Curso: Fecha:

Pedro y Mariano son mellizos y están estudiando 4.º de ESO. Cuando su profesora les explicó la herencia biológica, se enteraron de que la fibrosis quística que padece su padre, y a consecuencia de la cual continuamente tiene problemas respiratorios y digestivos, se debe a un alelo autosómico recesivo. Mariano, muy preocupado, le dice a su hermano que, puesto que se trata de una enfermedad genética, posiblemente ellos la padecerán en un futuro.

Pedro decide saber más sobre esta enfermedad y, consultando a un especialista, se entera de que se trata de una enfermedad potencialmente mortal que provoca la acumulación de moco espeso y pegajoso en los pulmones, el tubo digestivo y otras áreas del cuerpo, y de que es uno de los tipos de enfermedad pulmonar crónica más común en niños y adultos jóvenes. Está causada por un gen defectuoso que lleva al cuerpo a producir un líquido anormalmente espeso y pegajoso llamado moco, que se acumula en las vías respiratorias de los pulmones y en el páncreas.



1 Sabiendo que la madre de Pedro y Mariano no padece la enfermedad y que tampoco tiene antecedentes de familiares que la padezcan o hayan padecido, ¿qué probabilidad tienen Pedro y Mariano de padecerla en un futuro?

- a. Ninguna probabilidad. c. 1/2 de probabilidad de que los dos la padezcan.
 b. Seguramente, al menos uno de los dos, la padecerá. d. Una probabilidad de que los dos la padezcan.

2 Según leyó Pedro, el alelo defectuoso responsable de la fibrosis quística es un gen autosómico. ¿Qué significa que un gen es autosómico?

- a. Qué se expresa automáticamente.
 b. Que está situado en un cromosoma sexual.
 c. Que está situado en cualquier cromosoma excepto en los sexuales.
 d. Que solamente se expresa cuando es dominante.

3 Millones de personas portan el gen de la fibrosis quística, pero no manifiestan ningún síntoma. ¿A qué es debido esto?

- a. A que están tomando las medicinas adecuadas.
 b. A que es un alelo recesivo.
 c. A que, debido a su levedad, algunas veces pasa desapercibida.
 d. A que solo se manifiesta cuando se hereda de la madre.

4 Sabiendo que el padre de los mellizos Pedro y Mariano tiene la enfermedad y que su mujer está sana y en su familia no constan antecedentes de la enfermedad, escribe el genotipo de cada uno de los miembros de la unidad familiar. Llamaremos F al alelo dominante y f al recesivo.

	Padre	Madre	Pedro	Mariano
Genotipo				

5 Si Pedro y Mariano tuvieran un hermano, ¿cuál es la probabilidad de que nazca sano?

- a. 1 c. 1/2
 b. 0 d. 2/3

HERENCIA Y GENÉTICA

Competencias que se evalúan	Criterios de evaluación*	Estándares de aprendizaje*	Actividades
Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología Aprender a aprender	B1-9. Formular los principios básicos de genética mendeliana, aplicando las leyes de la herencia en la resolución de problemas sencillos.	B1-9.1. Reconoce los principios básicos de la genética mendeliana, resolviendo problemas prácticos de cruzamientos con uno o dos caracteres.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11
Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología Competencias sociales y cívicas	B1-11. Conocer algunas enfermedades hereditarias, su prevención y alcance social.	B1-11.1. Identifica las enfermedades hereditarias más frecuentes y su alcance social.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Secundaria.

1 a. Ninguna probabilidad.

2 c. Que está situado en cualquier cromosoma excepto en los sexuales.

3 b. A que es un alelo recesivo.

	Padre	Madre	Pedro	Mariano
Genotipo	ff	FF	Ff	Ff

5 a. 1

	Madre de Herminia	Padre de Herminia	Herminia
Genotipo	Ff	Ff	ff

7 a. 1/2

8 b. 2/3

8 c. El abuelo y la abuela paternos eran portadores del alelo de la fibrosis quística.

10 Para que los hermanos sean uno A y otro B, el padre tiene que ser del grupo AB, ya que estos dos alelos dominan sobre el 0.

11 Frases	V / F
Fue Mendel quien en 1910 propuso la teoría cromosómica de la herencia.	F
Decimos que dos genes están ligados cuando sus loci están en el mismo cromosoma.	V
Cuando dos genes ligados no se heredan juntos es porque se ha producido algún entrecruzamiento entre las cromátidas hermanas.	F
Cuando un grupo de genes está ligado, no se cumple la 2. ^a ley de Mendel en su herencia.	F
Los dinosaurios colonizan la Tierra.	V

LA INFORMACIÓN Y LA MANIPULACIÓN GENÉTICA

Nombre: _____

Curso: _____

Fecha: _____

- 1** Los genes son en realidad:
- a. Los plásmidos bacterianos.
 - b. Fragmentos de ADN.
 - c. Fragmentos de ARN.
 - d. Células hereditarias.
- 2** ¿Qué determina las características de los seres vivos?
- a. Las proteínas.
 - b. Las vitaminas.
 - c. Los nucleótidos.
 - d. Los cromosomas.
- 3** Dónde se encuentra el ADN en las células eucariotas:
- a. Envolviendo el núcleo de las células.
 - b. En el retículo endoplasmático rugoso.
 - c. En los cromosomas del núcleo de las células.
 - d. En el citoplasma celular.
- 4** Las mutaciones:
- a. Pueden producirse espontáneamente en la naturaleza.
 - b. Son cambios producidos en los organismos por la intervención de los investigadores.
 - c. Nunca afectan a las características de los organismos.
 - d. Siempre causan daños a los organismos.
- 5** En la replicación del ADN:
- a. Cada molécula de ADN produce cuatro iguales que ella.
 - b. Frente a una molécula de adenina se coloca otra de citosina.
 - c. Frente a una molécula de timina se coloca otra de guanina.
 - d. Frente a una molécula de citosina se coloca otra de guanina.
- 6** El ADN o ácido desoxirribonucleico:
- a. Está formado por una doble hélice constituida por dos cadenas paralelas.
 - b. Su estructura fue establecida en 1953 por Rosalind Franklin.
 - c. Las cadenas se mantienen unidas mediante puentes de hidrógeno.
 - d. Sus bases nitrogenadas son: A, G, C y U.
- 7** El ADN recombinante:
- a. Está formado por la unión de fragmentos de ADN de diferentes organismos.
 - b. Es el resultado de una o más mutaciones.
 - c. Está formado por un fragmento de ADN y otro de ARN.
 - d. Es necesario para la clonación reproductiva.
- 8** Las enzimas de restricción:
- a. Permiten unir fragmentos de ADN de diferente procedencia.
 - b. Intervienen en la reacción en cadena de la polimerasa.
 - c. Permiten clonar fragmentos de ADN sin célula, directamente en un tubo de ensayo.
 - d. Son capaces de cortar el ADN en puntos específicos.
- 9** La biorremediación:
- a. Tiene como finalidad solucionar el problema del hambre en el mundo.
 - b. Consiste en la utilización de microorganismos recombinantes capaces de degradar compuestos contaminantes.
 - c. Utiliza a los seres vivos en la denominada lucha biológica.
 - d. Consiste en la utilización de microorganismos recombinantes para mejorar la producción agrícola.
- 10** En el genoma humano:
- a. Alrededor del 2% del ADN no tiene una función conocida.
 - b. Cada gen está implicado en la síntesis de una sola proteína.
 - c. Está formado por alrededor de 25 000 genes que codifican proteínas.
 - d. Las tres anteriores son ciertas.

1 b; 2 a; 3 c; 4 a; 5 d; 6 c; 7 a; 8 d; 9 b; 10 c.

SOLUCIONES

LA INFORMACIÓN Y LA MANIPULACIÓN GENÉTICA

Nombre: Curso: Fecha:

1 Completa el siguiente texto:

El ADN o ácido es la molécula que almacena la de la célula y, por tanto, del individuo. Puede, transmitiendo la información de generación en generación, y determina qué se sintetizan en cada momento. Según el tipo de organización celular, el ADN puede encontrarse en distintos lugares de la célula y presentar distintas características. En se encuentra en el núcleo, constituido por dos lineales asociadas a proteínas, formando la, que, al condensarse, origina los También hay ADN de doble cadena, pero circular, en las y en los En, el cromosoma bacteriano es generalmente una circular que no está delimitada por ninguna Además, muchas bacterias tienen adicionales, más pequeños y también circulares, llamados El ARN o ácido es otro tipo de ácido nucleico que se encuentra en todos los seres vivos. Tiene como pentosa siempre la y como bases nitrogenadas, adenina,, y En las células eucariotas el ARN se localiza en y en el

2 Explica el proceso que se representa en el esquema y di cómo se llama.



.....

.....

.....

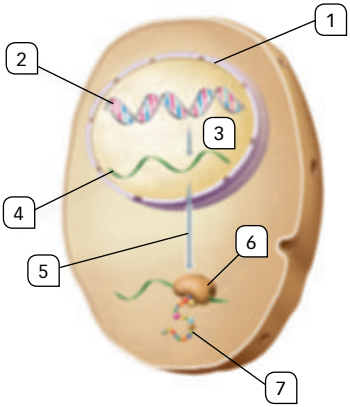
.....

.....

.....

.....

3 Identifica las partes numeradas de la figura y explica qué procesos están teniendo lugar.



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4 A partir de la siguiente secuencia de ADN: ATGCCGAAATTTT TAGCTGCATGACCCAC

- a. Escribe la secuencia de la cadena complementaria:
- b. Transcribe a ARNm la cadena complementaria:
- c. Escribe la cadena proteica que se formará:

5 ¿Qué son las mutaciones? Clasificalas utilizando como criterios las células afectadas, la cantidad de ADN afectado y el origen.

.....

.....

.....

6 La fabricación del pan, ¿entra dentro de la biotecnología? ¿Y de la ingeniería genética? Explícalo.

.....

.....

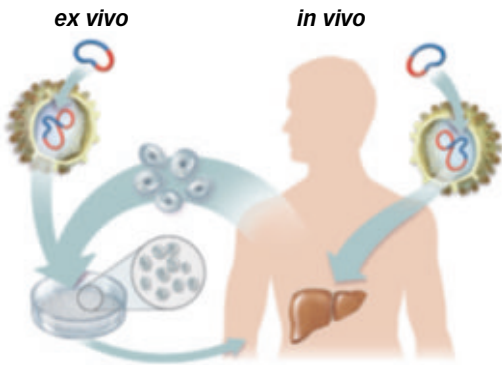
7 Define qué es la ingeniería genética y explica cuáles son sus principales herramientas.

.....

.....

.....

8 Explica el siguiente esquema diferenciando las dos modalidades.



.....

.....

.....

.....

.....

9 ¿Qué diferencia hay entre la clonación terapéutica y la terapia génica?

.....

.....

10 ¿Qué es el Proyecto Genoma Humano?

.....

.....

LA INFORMACIÓN Y LA MANIPULACIÓN GENÉTICA

Criterios de evaluación*	Estándares de aprendizaje*	Actividades
		Control
B1-5. Comparar los tipos y la composición de los ácidos nucleicos, relacionándolos con su función.	B1-5.1. Distingue los distintos ácidos nucleicos y enumera sus componentes.	1, 2, 3 y 4
B1-6. Relacionar la replicación del ADN con la conservación de la información genética.	B1-6.1. Reconoce la función del ADN como portador de la información genética, relacionándolo con el concepto de gen.	1, 2, 3 y 4
B1-7. Comprender cómo se expresa la información genética, utilizando el código genético.	B1-7.1. Ilustra los mecanismos de la expresión genética por medio del código genético.	4
B1-8. Valorar el papel de las mutaciones en la diversidad genética, comprendiendo la relación entre mutación y evolución.	B1-8.1. Reconoce y explica en qué consisten las mutaciones y sus tipos.	5
B1-12. Identificar las técnicas de la ingeniería genética: ADN recombinante y PCR.	B1-12.1. Diferencia técnicas de trabajo en ingeniería genética.	6, 7, 8 y 10
B1-13. Comprender el proceso de la clonación.	B1-13.1. Describe las técnicas de clonación animal, distinguiendo clonación terapéutica y reproductiva.	9

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Secundaria.

- 1 El ADN o ácido **desoxirribonucleico** es la molécula que almacena la **información genética** de la célula y, por tanto, del individuo. Puede **duplicarse**, transmitiendo la información de generación en generación, y determina qué **proteínas** se sintetizan en cada momento. Según el tipo de organización celular, el ADN puede encontrarse en distintos lugares de la célula y presentar distintas características. En **eucariotas** se encuentra en el núcleo, constituido por dos **cadenas** lineales asociadas a proteínas, formando la **cromatina**, que, al condensarse, origina los **cromosomas**. También hay ADN de doble cadena, pero circular, en las **mitocondrias** y en los **cloroplastos**. En **procariotas**, el cromosoma bacteriano es generalmente una **doble cadena** circular que no está delimitada por ninguna **membrana**. Además, muchas bacterias tienen **cromosomas** adicionales, más pequeños y también circulares, llamados **plásmidos**. El ARN o ácido **ribonucleico** es otro tipo de ácido nucleico que se encuentra en todos los seres vivos. Tiene como pentosa siempre la **ribosa**, y como bases nitrogenadas, adenina, **guanina**, **citocina** y **uracilo**. En las células eucariotas el ARN se localiza en el **núcleo** y en el **citoplasma**.
- 2 El esquema representa el proceso de replicación semiconservativa del ADN. El proceso comienza con la rotura de los puentes de hidrógeno que unen las bases complementarias. A medida que las dos cadenas se separan, cada una actúa de molde para la síntesis de la complementaria. La región donde se abre el ADN para sintetizar las cadenas complementarias se denomina burbuja de replicación.
- 3 1. Envoltura nuclear; 2. ADN; 3. Proceso de transcripción; 4. ARNm; 5. Proceso de traducción; 6. Ribosoma; 7. Proteína. Los procesos que tienen lugar son: la transcripción (formación de una molécula de ARNm a partir de cadena de ADN molde) y la traducción (formación de proteínas a partir de la información contenida en los ARNm).
- 4 a. TAC GGC TTT AAA AAT CGA CGT ACT GGG GTG
b. AUG CCG AAA UUU UUA GCU GCA UGA CCC CAC
c. Met—Pro—Lys—Phe—Leu—Ala—Ala.
- 5 Son cambios o alteraciones en el material genético de una célula. Según las células afectadas, las mutaciones se denominan somáticas, cuando afectan a cualquier célula del individuo, excepto las reproductoras, y heredables cuando afectan a los gametos o a sus células madre. Según el ADN afectado, se denominan puntuales o génicas si producen alteraciones en la secuencia de nucleótidos de un gen, y cromosómicas cuando producen cambios en algunos segmentos de los cromosomas, en cromosomas enteros o en el número de los mismos. Según su origen, se denominan espontáneas cuando se deben a causas naturales, como los errores en la replicación del ADN, e inducidas cuando están causadas por agentes mutagénicos presentes en el medio, como las radiaciones, algunas sustancias químicas o agentes biológicos.

6 La fabricación del vino entra dentro de la biotecnología, puesto que utiliza seres vivos (levaduras) para modificar las características químicas y organolépticas del zumo de uva. No entra dentro de la ingeniería genética porque las levaduras causantes de la fermentación, que viven sobre la piel de los granos de uva, habitualmente no están modificadas genéticamente.

7 La ingeniería genética es una rama de la biotecnología que utiliza sistemas biológicos genéticamente modificados. Para ello actúa sobre el ADN modificando la secuencia de sus bases. Sus herramientas principales son:

- Las enzimas de restricción, proteínas capaces de cortar el ADN en un lugar determinado.
- Las ADN ligasas, que permiten unir fragmentos de ADN de diferente procedencia.
- Los vectores de transferencia, que pueden reproducirse autónomamente y sirven para transportar genes.
- Sistemas de amplificación de genes como la reacción en cadena de la polimerasa, PCR, que es capaz de producir muchas copias de ADN idénticas a partir de un fragmento de ADN.

8 El esquema representa la terapia génica que permite sustituir en humanos un gen defectuoso causante de una enfermedad por uno sano. Hay dos modalidades de terapia génica:

- En la terapia *ex vivo*, representada en la parte izquierda del esquema, se extraen células del paciente que son infectadas por un virus, al que previamente se le ha insertado el gen sano. Las células así modificadas se introducen en el paciente.
- En la terapia *in vivo*, representada en la parte derecha del esquema, el virus portador del gen sano se introduce directamente en el paciente.

9 La clonación terapéutica consiste en clonar tejidos u órganos del paciente para utilizarlos en la cura de ciertas enfermedades o en trasplantes de órganos, y requiere utilizar células madres. La terapia génica sustituye un gen defectuoso por uno sano que es transferido mediante un vector, habitualmente un virus y utiliza las células diferenciadas del paciente.

10 Es un proyecto realizado en colaboración internacional, entre entidades públicas y privadas, para identificar y secuenciar los genes del ser humano. Gracias a él sabemos que nuestro genoma está formado por 25000 genes codificadores de proteínas, que el ADN que porta esos genes es solo el 2% del ADN total y que el 99,9% de los genes de todas las personas son iguales.

El conocimiento de nuestro genoma posibilitará abordar el diagnóstico y la prevención de las enfermedades genéticas. La importancia de los conocimientos derivados de este proyecto y el hecho de que afecte a toda la humanidad hace imprescindible su regulación de acuerdo a principios éticos. Así mismo, que los actores de dicha regulación no sean solo los científicos o los ciudadanos de un solo país o de un único grupo social.

LA INFORMACIÓN Y LA MANIPULACIÓN GENÉTICA

Nombre: _____

Curso: _____

Fecha: _____

A Álvaro le ha surgido una extraña pregunta: ¿por qué los hijos de los gatos son siempre gatos y los de los humanos son siempre humanos? Aunque estamos acostumbrados a que sea así, no deja de ser algo curioso.

Ahora sabe que detrás de esta evidencia está la química y que son moléculas las que determinan lo que será cada uno. Y entre todas estas moléculas conocidas, solo una de ellas es capaz de autorreplicarse, es decir, de formar dos moléculas idénticas a ella. Es el ADN, un gran polímero de estructura sorprendentemente sencilla y repetitiva.



- 1** Como todos los polímeros, el ADN está formado por la repetición de otras moléculas más pequeñas que llamamos monómeros y que, en este caso concreto, son los nucleótidos. Cada nucleótido está a su vez formado por tres moléculas unidas siempre de la misma manera. Identifica cada una de sus moléculas componentes.

.....

.....

- 2** Álvaro ahora es consciente de que el ADN es responsable de la herencia biológica y que en él se encuentra la información para que seamos humanos o gatos, altos o bajos, rubios o morenos, etc. ¿Cuáles de las siguientes frases son verdaderas y cuáles falsas cuando nos referimos el ADN?

	V/F
El ADN está formado por dos cadenas (o hebras) de nucleótidos que se mantienen unidos mediante puentes de hidrógeno entre sus ácidos fosfóricos.	
La única diferencia entre los ADN y los ARN consiste en que los primeros tienen como glúcido a la desoxirribosa y los segundos a la ribosa.	
El ADN se duplica durante la metafase y se transcribe durante la etapa S de la interfase.	
En el código genético, a cada codón le corresponde un solo aminoácido.	
Según el código genético, a cada aminoácido le corresponde un solo codón.	

- 3** Ahora conoce la estructura del ADN y le parece tremendamente lógica. En el modelo de doble hélice de ADN propuesto por Watson y Crick se cumple que:

a. $A = C$

c. $A + G = T + C$

b. $G = T$

d. $A + T = C + G$

- 4** Relaciona en las siguientes columnas cada tipo de ARN con su función específica:

ARN

- ARNr (ribosómico) •
- ARNm (mensajero) •
- ARNt (transferente) •

Funciones

- Relaciona cada codón con su aminoácido correspondiente.
- Forma parte estructural de los ribosomas.
- Transporta el mensaje genético desde el núcleo hasta los ribosomas.

5 La química de los ácidos nucleicos es tan lógica que Álvaro casi no se la puede creer. La siguiente secuencia de bases nitrogenadas se corresponde con la zona intermedia del gen que codifica para una determinada proteína. ¿Cuáles serán las secuencias de su cadena complementaria y del ARNm transcrito a partir de ella?

... TTACTACGGGAATTAGAGTCGAGGATG...

a. Cadena complementaria:

b. ARNm:

6 Si analizando este gen en una mancha de la piel de una persona observamos que, como consecuencia de una determinada radiación, se ha sustituido una adenina por una guanina, ¿qué tipo de mutación se ha producido?

- a. Cromosómica. c. Espontánea.
 b. Génica. d. Heredable.

7 Una de las técnicas básicas en ingeniería genética es la formación de ADN recombinante para introducirlo en determinadas células y conseguir que estas fabriquen una o varias moléculas de interés sanitario o industrial. Álvaro se pregunta qué tipo de moléculas se obtienen siempre como consecuencia de la expresión de un ADN recombinante.

- a. ARNm. c. Proteínas.
 b. Restricetas. d. ADN ligasas.

8 Para introducir el ADN recombinante en el interior de una célula se emplean lo que llamamos vectores que, en el caso de que la célula receptora sea una bacteria, suelen ser plásmidos. ¿Qué son estos plásmidos?

- a. Pequeñas moléculas de ADN circular y monocatenario.
 b. Pequeñas moléculas de ADN lineal y bicatenario.
 c. Pequeñas moléculas de ADN lineal y monocatenario.
 d. Pequeñas moléculas de ADN circular y bicatenario.

9 Mediante la biotecnología y la ingeniería genética se pueden conseguir animales y, sobre todo, plantas con características que no eran propias de su especie. Por ejemplo, salmones que duplican el tamaño que los naturales, tomates que resisten las heladas y muchos días sin pudrirse, o uvas que son resistentes a las plagas de insectos y hongos. ¿Qué nombre recibe el gen responsable de esa característica que no es propia de la especie en la que se encuentra?

- a. Transgén. c. Gen recombinante.
 b. Transgénico. d. Gen clonado.

10 ¿Cuáles de las siguientes frases son verdaderas y cuáles falsas al referirnos al genoma humano?

	V/F
Nuestro genoma tiene unos 3 000 millones de nucleótidos.	
Las diferencias entre los ADN de las distintas personas llega al 1 %.	
Está formado por alrededor de 25 000 genes que codifican proteínas.	
El tamaño medio de los genes contiene unos 27 000 pares de bases.	
Aproximadamente el 98 % de nuestro ADN codifica proteínas, el 2 % restante tiene funciones desconocidas.	
Cada gen codifica exclusivamente para una proteína.	

LA INFORMACIÓN Y LA MANIPULACIÓN GENÉTICA

Competencias que se evalúan	Criterios de evaluación*	Estándares de aprendizaje*	Actividades
Comunicación lingüística Competencia matemática, científica y tecnológica Aprender a aprender	B1-5. Comparar los tipos y la composición de los ácidos nucleicos, relacionándolos con su función.	B1-5.1. Distingue los distintos ácidos nucleicos y enumera sus componentes.	1, 2, 3 y 4
Competencia matemática, científica y tecnológica Aprender a aprender	B1-6. Relacionar la replicación del ADN con la conservación de la información genética.	B1-6.1. Reconoce la función del ADN como portador de la información genética, relacionándolo con el concepto de gen.	2
Competencia matemática, científica y tecnológica Aprender a aprender	B1-7. Comprender cómo se expresa la información genética, utilizando el código genético.	B1-7.1. Ilustra los mecanismos de la expresión genética por medio del código genético.	5 y 10
Comunicación lingüística Competencia matemática, científica y tecnológica	B1-8. Valorar el papel de las mutaciones en la diversidad genética, comprendiendo la relación entre mutación y evolución.	B1-8.1. Reconoce y explica en qué consisten las mutaciones y sus tipos.	6
Competencia matemática, científica y tecnológica	B1-12. Identificar las técnicas de la ingeniería genética: ADN recombinante y PCR.	B1-12.1. Diferencia técnicas de trabajo en ingeniería genética.	7, 8 y 9
Competencia matemática, científica y tecnológica Competencias sociales y cívicas Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor	B1-14. Reconocer las aplicaciones de la Ingeniería genética: OMG (organismos modificados genéticamente).	B1-14.1. Analiza las implicaciones éticas, sociales y medioambientales de la ingeniería genética.	7
Competencia matemática, científica y tecnológica Competencias sociales y cívicas Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor	B1-15. Valorar las aplicaciones de la tecnología del ADN recombinante en la agricultura, la ganadería, el medio ambiente y la salud.	B1-15.1. Interpreta críticamente las consecuencias de los avances actuales en el campo de la biotecnología.	7 y 9

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Secundaria.

- 1** Cada una de sus moléculas componentes son: un ácido fosfórico, una desoxirribosa y una base nitrogenada.
- 2** F; F; F; V; F.
- 3** **c.** $A + G = T + C$
- 4** ARNr (ribosómico) - Forma parte estructural de los ribosomas. ARNm (mensajero) - Transporta el mensaje genético desde el núcleo hasta los ribosomas. ARNt (transferente) - Relaciona cada codón con su aminoácido correspondiente.
- 5** **a.** Cadena complementaria:
5' AATGATGCCCTTAATCTCAGCTCCTAC 3'.
b. ARNm: 5' AAUGAUGCCCUAAUCUCAGCUCCUAC 3'.
- 6** **b.** Génica.
- 7** **c.** Proteínas.
- 8** **d.** Pequeñas moléculas de ADN circular y bicatenario.
- 9** **a.** Transgén.
- 10** V; F; V; V; F; F.

LA ORGANIZACIÓN CELULAR DE LOS SERES VIVOS

Nombre: _____

Curso: _____

Fecha: _____

1 El citosol es:

- a. El espacio interno donde se realizan los procesos metabólicos de la célula.
- b. El medio acuoso celular que contiene abundantes sustancias orgánicas.
- c. Un orgánulo celular presente en todas las células.
- d. El conjunto formado por el citoplasma y el citoesqueleto de la célula.

2 Según la teoría endosimbiótica:

- a. Las actuales mitocondrias de las células eucariotas eran primitivas bacterias aerobias.
- b. Los actuales cloroplastos de las células vegetales eran primitivas bacterias fotosintéticas.
- c. Las células eucariotas proceden de una primitiva célula procariota que perdió su pared celular.
- d. Las tres anteriores son ciertas.

3 La función del aparato de Golgi es:

- a. La formación de ribosomas.
- b. La modificación de sustancias sintetizadas en las mitocondrias.
- c. La modificación de sustancias sintetizadas por el RE.
- d. La secreción de sustancias de desecho al exterior celular.

4 El centrosoma se localiza:

- a. En el centro de la célula y, por tanto, en el interior del núcleo celular.
- b. En todas las células, en una región cercana al núcleo.
- c. En las células vegetales, en una región cercana al núcleo.
- d. En las células animales, en una región cercana al núcleo.

5 La cromatina está formada por:

- a. Largos filamentos de ADN asociados a proteínas llamadas histonas.
- b. Largas moléculas de ARN asociadas a los ribosomas.
- c. Moléculas de ADN no asociadas a proteínas.
- d. Los cromosomas presentes en el nucléolo.

6 La interfase es la etapa del ciclo celular en la que:

- a. La célula crece y se duplica el ADN.
- b. La célula se divide.
- c. La célula duplica el ADN, pero ya no crece.
- d. Las tres anteriores son falsas.

7 Las células diploides:

- a. Son las células reproductoras o gametos.
- b. No poseen cromosomas homólogos.
- c. Tienen dos juegos de cromosomas idénticos en forma y tamaño.
- d. Su número de cromosomas se representa por n .

8 La metafase es una fase de la mitosis en la que:

- a. Se separan las cromátidas hermanas de cada cromosoma y se dirigen a los polos de la célula.
- b. Los cromosomas se sitúan en el centro de la célula formando la placa ecuatorial.
- c. Se rompe la envoltura de la célula y se forma el huso acromático.
- d. Se forma la envoltura nuclear y reaparece el nucléolo.

9 La mitosis es un proceso de división celular en la que:

- a. Una célula haploide da lugar a dos células haploides genéticamente diferentes.
- b. Una célula diploide da lugar a dos células haploides genéticamente diferentes.
- c. Una célula diploide da lugar a dos células diploides idénticas.
- d. Una célula diploide da lugar a cuatro células haploides idénticas.

10 La meiosis es un proceso de división de una célula diploide:

- a. Necesario en los organismos con reproducción sexual.
- b. Exclusivo de células procariotas, que tiene lugar en las células reproductoras o sexuales.
- c. Mediante el cual se forman 4 células haploides genéticamente idénticas entre sí.
- d. Que consta de cuatro fases: profase, metafase, anafase y telofase.

1 b; 2 d; 3 c; 4 d; 5 a; 6 a; 7 c; 8 b; 9 c; 10 a.

SOLUCIONES

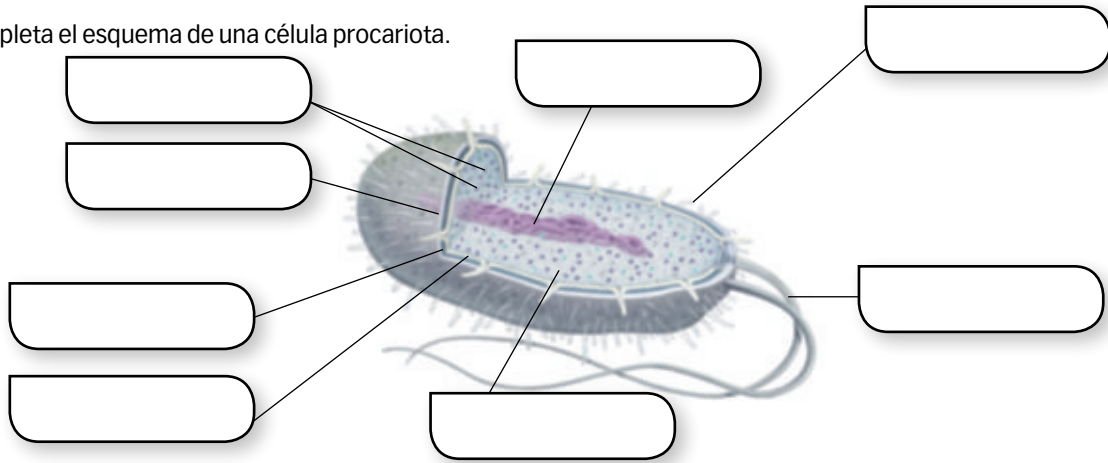
LA ORGANIZACIÓN CELULAR DE LOS SERES VIVOS

Nombre: Curso: Fecha:

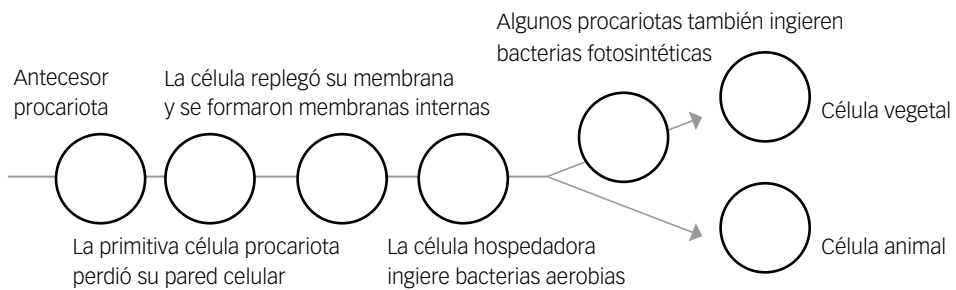
1 Escribe los tres postulados en que se resume la teoría celular. ¿Cuáles son los componentes estructurales comunes que tienen todos los tipos de células?

.....

2 Completa el esquema de una célula procariota.

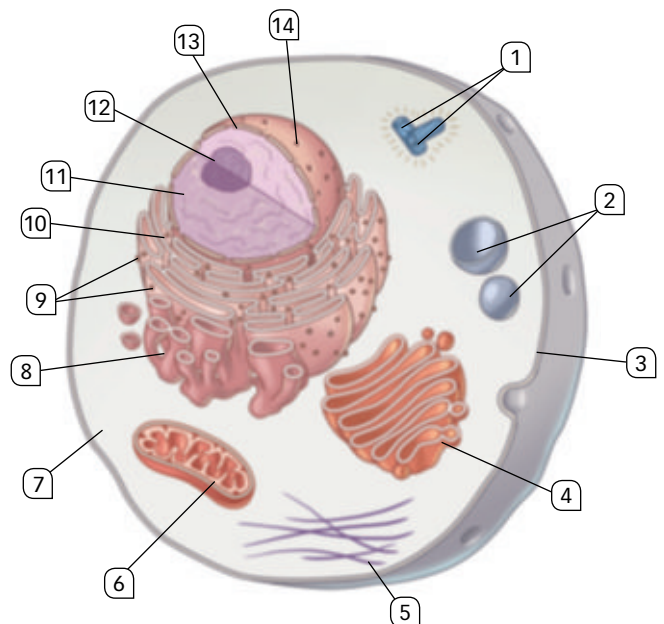


3 Completa con dibujos el esquema adjunto. ¿Qué proceso representa?



4 ¿Qué representa esta imagen? Pon nombre a los diferentes orgánulos.

1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.



5 Explica la estructura y función de los diferentes componentes del núcleo celular.

.....

.....

.....

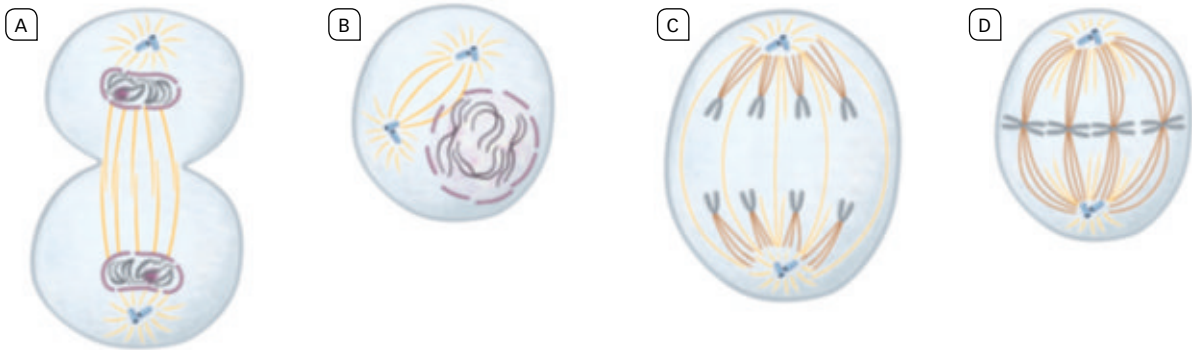
6 ¿Qué es el ciclo celular? ¿Cuáles son sus fases? ¿Qué ocurre en cada una de ellas?

.....

.....

.....

7 Ordena las siguientes imágenes, di qué proceso representan y qué importancia tiene.



.....

.....

8 ¿Qué son los cromosomas? ¿Cuándo pueden ser observados? ¿Por qué?

.....

.....

9 Una célula con 46 cromosomas inicia un proceso de mitosis.

- a. ¿Cuántas cromátidas en total tiene en ese momento?
- b. Al acabar la mitosis, ¿cuántas células hijas se han originado?
- c. ¿Cuántos cromosomas tiene cada célula hija?
- d. ¿Cuántas cromátidas en total tiene cada célula hija?

10 Una célula con 46 cromosomas inicia un proceso de meiosis.

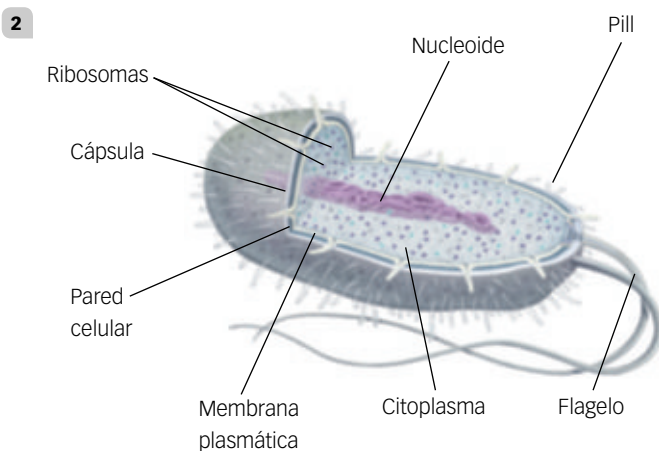
- a. ¿Cuántas cromátidas en total tiene en ese momento?
- b. Al acabar la meiosis, ¿cuántas células hijas se han originado?
- c. ¿Cuántos cromosomas tiene cada célula hija?
- d. ¿Cuántas cromátidas en total tiene cada célula hija?

LA ORGANIZACIÓN CELULAR DE LOS SERES VIVOS

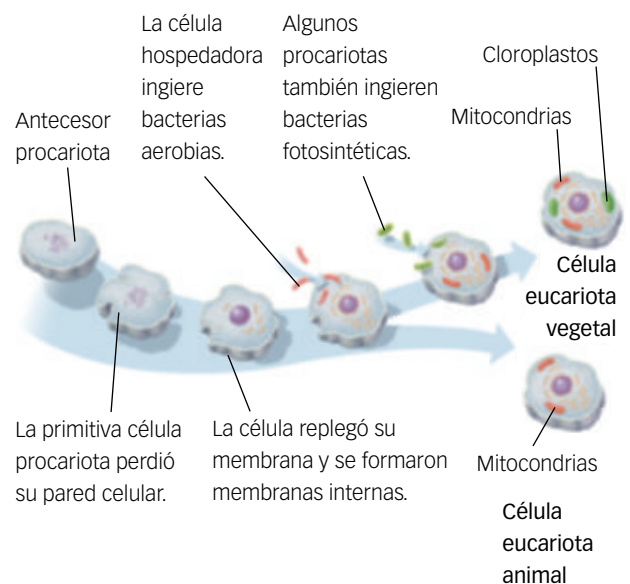
Criterios de evaluación*	Estándares de aprendizaje*	Actividades
		Control
B1-1. Determinar las analogías y diferencias en la estructura de las células procariotas y eucariotas, interpretando las relaciones evolutivas entre ellas.	B1-1.1. Compara la célula procariota y eucariota, la animal y la vegetal, reconociendo la función de los orgánulos celulares y la relación entre morfología y función.	1, 2, 3 y 4
B1-2. Identificar el núcleo celular y su organización según las fases del ciclo celular a través de la observación directa o indirecta.	B1-2.1. Distingue los diferentes componentes del núcleo y su función según las distintas etapas del ciclo celular.	4, 5 y 6
B1-3. Comparar la estructura de los cromosomas y de la cromatina.	B1-3.1. Reconoce las partes de un cromosoma utilizándolo para construir un cariotipo.	8, 9 y 10
B1-4. Formular los principales procesos que tienen lugar en la mitosis y la meiosis y revisar su significado e importancia biológica.	B1-4.1. Reconoce las fases de la mitosis y meiosis, diferenciando ambos procesos y distinguiendo su significado biológico.	7, 9 y 10

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Secundaria.

- 1** Actualmente la teoría celular se resume en los siguientes puntos:
- La célula es la unidad estructural de los seres vivos. Todos los seres vivos están constituidos por una o más células.
 - La célula es la unidad fisiológica de los seres vivos. Realiza las tres funciones vitales: nutrición, relación y reproducción.
 - Todas las células proceden, por división, de otras preexistentes.
- Todas las células, de cualquier tipo, poseen:
- Membrana plasmática.
 - Citoplasma con citosol y ribosomas.
 - Material genético en forma de ADN.



- 3** El esquema resume el proceso de formación de las células eucarióticas animales y vegetales, según la teoría simbiótica formulada por Lynn Margulis. Dicha teoría establece que muchos orgánulos de estas células fueron, en los principios de la vida, organismos independientes que fueron captados por un hospedador primigenio.



- 4 El esquema representa una célula eucariótica animal, en sección, para mostrar los orgánulos.
1. Centrosoma formado por dos centriolos.
 2. Lisosoma.
 3. Membrana plasmática.
 4. Aparato de Golgi.
 5. Citoesqueleto.
 6. Mitocondria.
 7. Citoplasma.
 8. Retículo endoplasmático liso.
 9. Ribosomas.
 10. Retículo endoplasmático rugoso.
 11. Nucleoplasma.
 12. Nucléolo.
 13. Envoltura nuclear.
 14. Poro de la envoltura nuclear.

5 **Envoltura nuclear.** Formada por dos membranas, una interna y otra externa que lleva ribosomas adheridos y continúa con las membranas del retículo endoplásmico rugoso. Estas membranas están perforadas por **poros nucleares** que permiten el intercambio de sustancias entre el núcleo y el citoplasma.

Nucleoplasma. Medio interno acuoso del núcleo, donde se encuentra el resto de componentes del núcleo.

Nucléolo. Corpúsculo esférico no membranoso. Su principal función es la formación de ribosomas. Puede haber más de un nucléolo, dependiendo de la especie de ser vivo y el estado de la célula.

Cromatina. Material formado por largos filamentos enmarañados de ADN asociados a proteínas denominadas **histonas**. Cuando los filamentos de cromatina se condensan, se hacen más gruesos y cortos y forman los **cromosomas**. Cada cromosoma eucarionte contiene una única molécula de ADN lineal muy larga. Existen tantos filamentos de cromatina como cromosomas tiene una célula.

- 6 Se conoce con este nombre el conjunto de procesos que experimenta una célula recién nacida (crecimiento, síntesis de nuevas sustancias, fabricación de orgánulos, etc.) hasta que, por división, produce dos nuevas células hijas. Consta de dos grandes fases: interfase y división celular. La interfase, a su vez, se divide en varias etapas secuenciadas:
- G₁, etapa de crecimiento y diferenciación celular.
 - S es la etapa en la que se replica el ADN y, por consiguiente, los cromosomas duplican su material genético.
 - G₂ es una etapa de crecimiento y de preparación para la división celular.

La división celular comprende la mitosis o división del núcleo (profase, metafase, anafase y telofase) y citocinesis o separación de las células hijas.

- 7 B (profase) → D (metafase) → C (anafase) → A (telofase). El esquema representa una mitosis de una célula con cuatro cromosomas. La mitosis es el proceso mediante el cual el núcleo de las células se divide repartiéndose de forma estrictamente equitativa la información genética entre las dos células hijas. Es la base de los procesos de crecimiento y reparación de los tejidos en los animales.
- 8 Los cromosomas son filamentos de cromatina condensados. La cromatina es un material formado por ADN e histonas, una clase de proteínas. Cada cromosoma eucarionte consta de una o dos cromátidas exactamente iguales. Una cromátida está formada por una única molécula de ADN lineal muy larga.

El único momento en que pueden ser observados los cromosomas es durante los procesos de división celular, mitosis y meiosis, por estar muy condensados. Al final de la división celular, se descondensan y no pueden individualizarse, formando masas de cromatina.

- 9 a. $46 \times 2 = 92$ c. 46
b. 2 d. 46
- 10 a. $46 \times 2 = 92$ c. 23
b. 4 d. 23

LA ORGANIZACIÓN CELULAR DE LOS SERES VIVOS

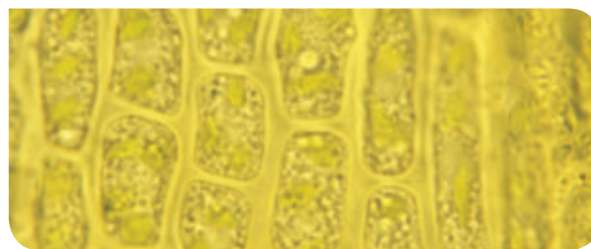
Nombre: _____

Curso: _____

Fecha: _____

En la clase de 4.º ESO estudian dos chicas muy interesadas en las ciencias de la salud. Son Berenice y Leonor.

Acaban de estudiar la teoría celular y se han dado cuenta de que la vida no va a saltos, sino que es un continuo fluir, que las grandes estructuras se forman a partir de otras más pequeñas. El ejemplo definitivo lo obtuvieron al conocer el origen de las células eucariotas.



1 ¿Qué nombre recibe la teoría más admitida hoy en día para explicar el origen de las células eucariotas y quién la enunció?

- a. Teoría celular de Schwann. c. Teoría endosimbiótica de Lynn Margulis.

- b. Teoría endosimbiótica de Schwann. d. Teoría celular de Lynn Margulis.

2 Berenice no lo tiene muy claro y se pregunta cuál de las siguientes frases es correcta cuando hablamos de mitocondrias en relación con la teoría anterior.

- a. Son procariontes fotosintéticos. c. Viven en simbiosis con otros orgánulos formando las células eucariotas.
- b. Llevan una vida totalmente independiente de la célula donde se encuentran. d. Son procariontes que hacen la respiración celular.

3 Berenice está explicándole a Leonor las diferencias entre eucariotas y procariontes y le propone que complete esta tabla.

Orgánulo	Procarionte	Eucariota animal	Eucariota vegetal
Pared celular			
Mitocondrias			
Cloroplastos			
Pili			
Cápsula			
Ribosomas			
ADN			
Núcleo			
Centriolos			
Nucléolo			

4 Y ahora Leonor pide a su amiga que relacione una serie de orgánulos con su función biológica más importante.

Orgánulo	Función
Membrana plasmática •	• Digestión intracelular.
Ribosomas •	• Síntesis y transporte de proteínas
Retículo endoplasmático rugoso •	• Síntesis de proteínas.
Retículo endoplasmático liso •	• Síntesis de lípidos.
Centriolos •	• Fotosíntesis.
Lisosomas •	• Organización de microtúbulos.
Mitocondrias •	• Control de la entrada y salida de moléculas.
Cloroplastos •	• Respiración celular.
Aparato de Golgi •	• Terminación de la síntesis de ciertas proteínas

LA ORGANIZACIÓN CELULAR DE LOS SERES VIVOS

Competencias que se evalúan	Criterios de evaluación*	Estándares de aprendizaje*	Actividades
Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología Aprender a aprender	B1-1. Determinar las analogías y diferencias en la estructura de las células procariotas y eucariotas, interpretando las relaciones evolutivas entre ellas.	B1-1.1. Compara la célula procariota y eucariota, la animal y la vegetal, reconociendo la función de los orgánulos celulares y la relación entre morfología y función.	1, 2, 3 y 4
Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología	B1-3. Comparar la estructura de los cromosomas y de la cromatina.	B1-3.1. Reconoce las partes de un cromosoma utilizándolo para construir un cariotipo.	8 y 9
Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología Aprender a aprender	B1-4. Formular los principales procesos que tienen lugar en la mitosis y la meiosis y revisar su significado e importancia biológica.	B1-4.1. Reconoce las fases de la mitosis y meiosis, diferenciando ambos procesos y distinguiendo su significado biológico.	5, 6, 7 y 8

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Secundaria.

- 1 c. Teoría endosimbiótica de Lynn Margulis.
2 c. Viven en simbiosis con otros orgánulos formando las células eucariotas.

3

Orgánulo	Procariota	Eucariota animal	Eucariota vegetal
Pared celular	X		X
Mitocondrias		X	X
Cloroplastos			X
Pili	X		
Cápsula	X		
Ribosomas	X	X	X
ADN	X	X	X
Núcleo		X	X
Centriolos		X	X
Nucléolo		X	X

- 4
- Membrana plasmática – control de la entrada y salida de moléculas.
 - Ribosomas – síntesis de proteínas.
 - Retículo endoplasmático rugoso – síntesis y transporte de proteínas
 - Retículo endoplasmático liso – síntesis de lípidos.
 - Centriolos – organización de microtúbulos.
 - Lisosomas – digestión intracelular.

- Mitocondrias – respiración celular.
- Cloroplastos – fotosíntesis.
- Aparato de Golgi – terminación de la síntesis de ciertas proteínas

- 5 A. Metafase
B. Anafase
C. Profase
D. Telofase

6 c. C A B D

7 b. De la actividad de las mitocondrias.

8

Frases	V/F
La A ocurre en la 1. ^a división meiótica.	V
La C ocurre en la mitosis.	F
La B ocurre en la 2. ^a división meiótica.	F
Las cromátidas que se están separando en A son idénticas.	F
Las cromátidas que se están separando en C no son idénticas.	V
Las cromátidas que se están separando en B son idénticas	V

9 c. Reproductoras.

EL ORIGEN Y LA EVOLUCIÓN DE LA VIDA

INTRODUCCIÓN DE LA UNIDAD

La unidad «El origen y la evolución de la vida» constituye el colofón del contenido del libro del alumno, ya que de alguna manera reúne todos los contenidos anteriores. Comienza la unidad con el origen de la vida, analizando la refutación de la generación espontánea por vía experimental, para centrarse en las teorías abiogénicas de Oparin y Haldane. A continuación, expone las interpretaciones que los científicos han ido haciendo a lo largo de la historia para dar una explicación racional al hecho de la biodiversidad, desde las teorías creacionistas y fijistas, defendidas por Cuvier, hasta la selección natural de Darwin y Wallace, pasando por las ideas de Lamarck.

Un punto central de la unidad radica en la explicación de las bases genéticas de la variabilidad, con especial atención al papel que la teoría neodarwinista atribuye

a las mutaciones. Inmediatamente estudiamos los mecanismos evolutivos de la selección natural, deriva genética y flujo génico. Se presentan a continuación las pruebas clásicas a favor de la evolución para pasar sin solución de continuidad a la importancia de la adaptación y el aislamiento reproductivo en la especiación.

Ya en la parte final de la unidad se desarrollan dos contenidos básicos de la evolución, los modelos evolucionistas actuales y la evolución humana. Respecto al primero se consideran con un cierto detalle las teorías sintética, neutralista, del equilibrio puntuado y la simbiogénesis. El segundo analiza la hominización y las etapas mejor comprobadas hasta el momento de la familia *Hominidae*, con referencia a los hallazgos paleontológicos en la península Ibérica.

CONTENIDOS

SABER

- Ideas históricas sobre la edad de la Tierra.
- El origen de la vida.
- El origen de la biodiversidad.
- Lamarck y la herencia de los caracteres adquiridos.
- Darwin y Wallace. La selección natural.
- Bases genéticas de la variabilidad.
- Mecanismos evolutivos más comunes.
- Pruebas a favor de la evolución.
- Adaptación y especiación.
- Modelos evolucionistas actuales.
- Hominización.
- Evolución humana.

SABER HACER

- Interpretar la distancia evolutiva entre especies.
- Interpretar un árbol filogenético.

SABER SER

- Ser conscientes de la necesidad del trabajo en equipo de los científicos (geólogos, biólogos, arqueólogos, paleontólogos, genéticos, bioquímicos, antropólogos, etc.), para dilucidar problemas tan complejos como el origen y la evolución de los seres vivos.
- Valorar el trabajo y la constancia de los científicos para buscar nuevos datos que confirmen o contradigan las hipótesis que se elaboran al estudiar los fenómenos y procesos naturales.

PREVISIÓN DE DIFICULTADES

Una dificultad que debemos superar en la unidad es la explicación de las teorías sobre el origen de la vida: en primer lugar, la panspermia no resuelve el problema del origen de la vida, sino que traslada el escenario de este origen y, en segundo lugar, respecto a las teorías abiogénéticas, el nivel de conocimientos químicos del alumno dificulta considerablemente la comprensión de un proceso progresivamente complejo, que lleva desde las moléculas inorgánicas hasta moléculas orgánicas de cierta complejidad. Este problema puede paliarse en parte mediante la visualización de vídeos del experimento de Miller en donde con los ingredientes adecuados y la energía suficiente se consigue en poco tiempo una concentrada sopa prebiótica. Hay un vacío para llegar a estructuras precelulares funcionales, lo que hay que exponer al alumno con honestidad aun a riesgo de generar desencanto.

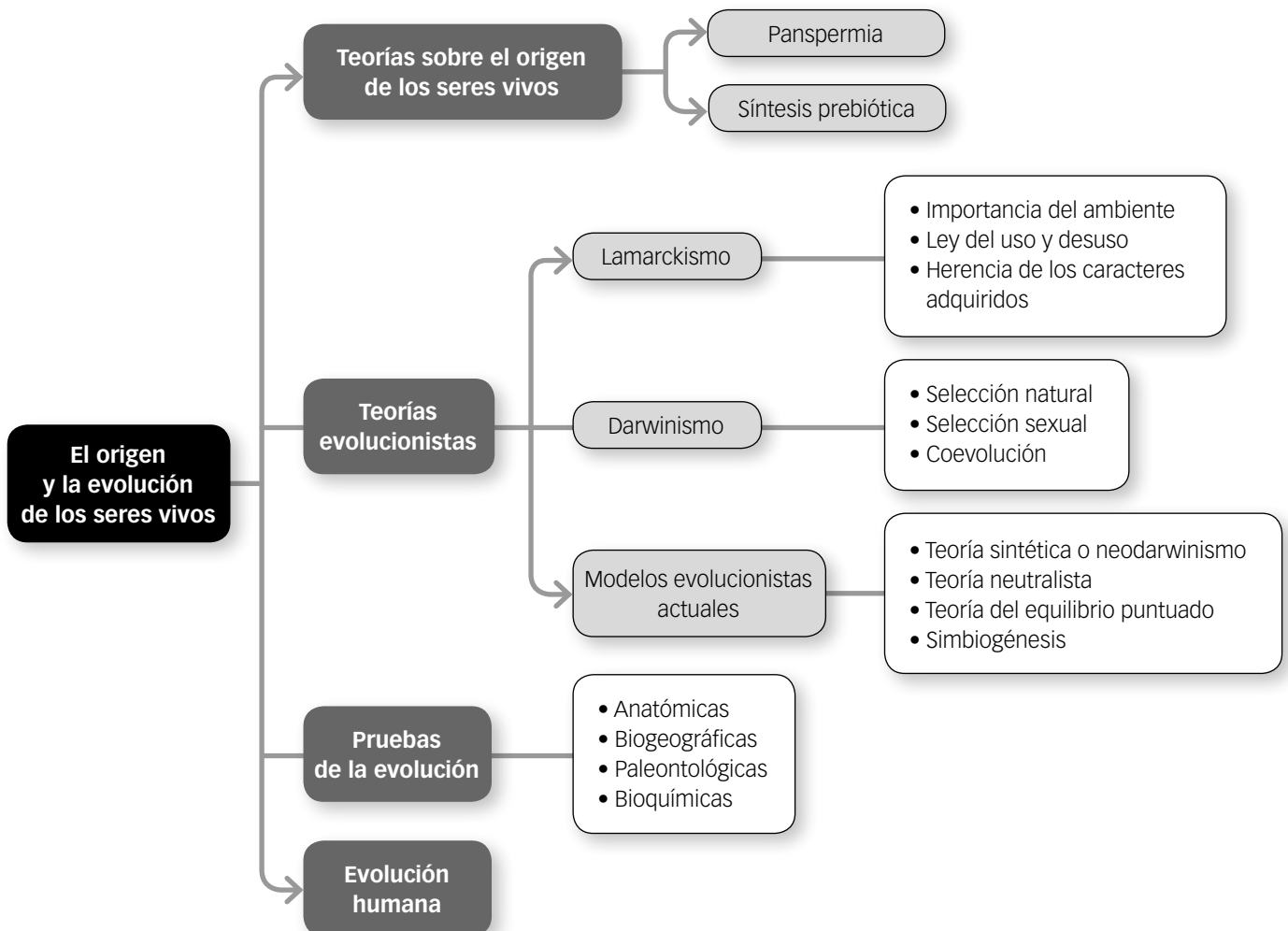
Las teorías de Lamarck, tan en consonancia con el sentido común, son difíciles de erradicar en el alumnado porque

manejan elementos que los alumnos ven y están acostumbrados a manejar en la vida corriente. Es preciso reafirmar aquí que los caracteres heredables son los que se encuentran en los genes, es decir, en el ADN. Otra cuestión, no menor, es valorar si deben explicarse circunstancias ambientales (epigenéticas) que modifiquen ese ADN.

De los mecanismos de evolución, ni la deriva genética, ni el flujo génico pueden explicarse con sencillez. Es posible recurrir a modelos y juegos que introduzcan un factor aleatorio para visualizar cómo se realizan estos procesos.

Finalmente, es necesario plantear que pocas cosas en la biología moderna son tan variables como la estructura del árbol evolutivo humano. Las aportaciones de la biología molecular, el hallazgo de nuevos fósiles, los restos artísticos y de industrias líticas, hacen que con frecuencia las ramas del árbol cambien de posición e incluso que haya que buscar nuevos huecos para nuevos inquilinos, mientras que otros establecidos se desalojan.

ESQUEMA CONCEPTUAL



EN LA RED

PÁGINAS WEB

Proyecto biosfera. 4º ESO. Página oficial del CNICE. Presenta un amplio conjunto de actividades sobre este y otros contenidos.

Palabras clave: *4.º eso, proyecto biosfera, evolución, humana.*

Understanding evolution. Web en inglés de la Universidad de Berkeley, en California (EE. UU.) especializada en la divulgación científica de la evolución biológica, con materiales tanto para alumnos como para docentes.

Palabras clave: *understanding, evolution, berkeley.*

Atapuerca. Página de la Fundación Atapuerca que ofrece amplia información sobre evolución humana y los yacimientos de Atapuerca.

Palabras clave: *fundación, atapuerca.*

Museo de la evolución humana. La Universidad de Burgos y la Fundación Atapuerca colaboran con el museo y potencian las funciones propias del Museo de la Evolución Humana. Hay también un blog científico del museo.

Palabras clave: *museo, evolución, humana, Burgos.*

Paleoantropología hoy. Blog dirigido por el paleoantropólogo Juan Manuel Fernández López. Contiene muchísima y actualizada información sobre la evolución humana.

Palabras clave: *paleoantropología hoy, origen del ser humano.*

Portal Ciencia. Web con información sobre: paleontología, antropología y evolución humana.

Palabras clave: *portal, ciencia.*

Becoming Human. Página en inglés desde la que se puede descargar un documental sobre la evolución humana.

Palabras clave: *becoming, human.*

APPS PARA SMARTPHONES Y TABLETAS

Museo de Evolución Humana (IOS y Android).

Una app gratuita que permite una visita guiada a la exposición permanente del museo (Burgos), y otra a los yacimientos de Atapuerca.

LIBROS Y REVISTAS

Deconstruyendo a Darwin

Javier Sampedro. Editorial Crítica, 2002.

Excelente libro en el que se tratan todas las teorías clásicas de la evolución y sus mecanismos a la luz de los últimos descubrimientos.

El reloj de Mr. Darwin

Juan Luis Arsuaga. Editorial Temas de hoy, 2009.

Este libro presenta una interesante visión sobre el darwinismo y ayuda a comprender el fenómeno de la evolución desde Darwin hasta las últimas aportaciones del siglo XXI.

El pulgar del panda

Stephen Jay Gould. Editorial Crítica.

Gould es uno de los padres de la teoría evolutiva del equilibrio puntuado. Su gran inteligencia, lo elegante de sus razonamientos y la belleza de su escritura hacen altamente recomendable la lectura de cualquiera de sus libros.

Captando genomas

Lynn Margulis y Dorion Sagan. Editorial Kairós, 2003.

Libro imprescindible que expone de forma sencilla las principales ideas de la evolución por simbiogénesis.

Biografía de la Tierra

Francisco Anguita. Editorial Aguilar, 2011.

Crónica de los descubrimientos, los éxitos y los fracasos de los científicos que investigan la Tierra.

DOCUMENTALES Y PELÍCULAS

La vida en la Tierra. Serie de documentales de David Attenborough que presenta un recorrido evolutivo desde la aparición de los primeros seres vivos hasta el desarrollo de la especie humana.

Atapuerca. El misterio de la evolución humana.

Madrid Scientific Films, 1996. Documental dirigido por Javier Trueba sobre la historia de las excavaciones y sus descubrimientos más relevantes.

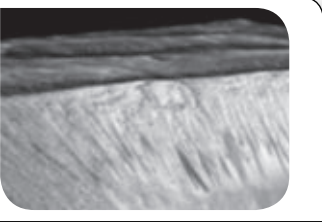



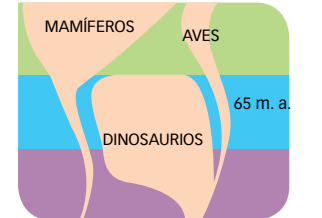

Enseñanza individualizada

Refuerzo y apoyo

Profundización

Contenidos fundamentales

RESUMEN

<p>Hipótesis sobre el origen de la vida</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Panspermia. Defiende que la vida se originó en el espacio y que pudo llegar hasta la Tierra transportada por meteoritos. • Abiogénesis o síntesis prebiótica. Modelo más aceptado que reúne un conjunto de teorías sobre el origen de las primeras formas de vida. Destacan la teoría de la sopa o caldo primordial y la de las fuentes hidrotermales. 	
<p>Teorías sobre la evolución de los seres vivos</p>	<p>La evolución biológica es el proceso de transformación de las especies a lo largo del tiempo. Para explicarlo se han propuesto diversas teorías evolucionistas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lamarckismo. Aunque en la actualidad no es una teoría aceptada, su importancia radica en que es la primera gran teoría científica evolucionista. Entre sus principios destacan la importancia del ambiente, la ley del uso y desuso y la herencia de los caracteres adquiridos. • Darwinismo. Darwin y Wallace propusieron que el mecanismo que hace que las especies evolucionen es la selección natural. Esta teoría se fundamenta en la existencia de variabilidad fenotípica y conductual dentro de una población, materia prima sobre la que actúa la selección natural. • En la actualidad existen otros modelos teóricos, entre los que destacan: <ul style="list-style-type: none"> – Teoría sintética o neodarwinismo. – Teoría neutralista. – Teoría del equilibrio puntuado. – Teoría simbiogénica. 	 
<p>Las pruebas de la evolución</p>	<p>La evolución biológica es un proceso demostrado científicamente. Las principales pruebas son: anatómicas, biogeográficas, paleontológicas y bioquímicas.</p>	
<p>Adaptación y especiación</p>	<p>Una adaptación es toda característica que proporciona a su portador una ventaja que le permite aumentar sus probabilidades de sobrevivir y de reproducirse en un contexto ambiental concreto.</p> <p>La especiación es el proceso por el que una especie antecesora se diversifica en dos o más especies diferentes. La principal causa de especiación es el aislamiento reproductivo. Se distinguen dos tipos: alopátrida y simpátrida.</p>	
<p>Hominización y evolución humana</p>	<p>Las características de los humanos modernos, tal y como somos en la actualidad, son fruto de un largo proceso de evolución conocido como hominización. Entre las adaptaciones que permitieron su rápida diversificación destaca el bipedismo.</p>	

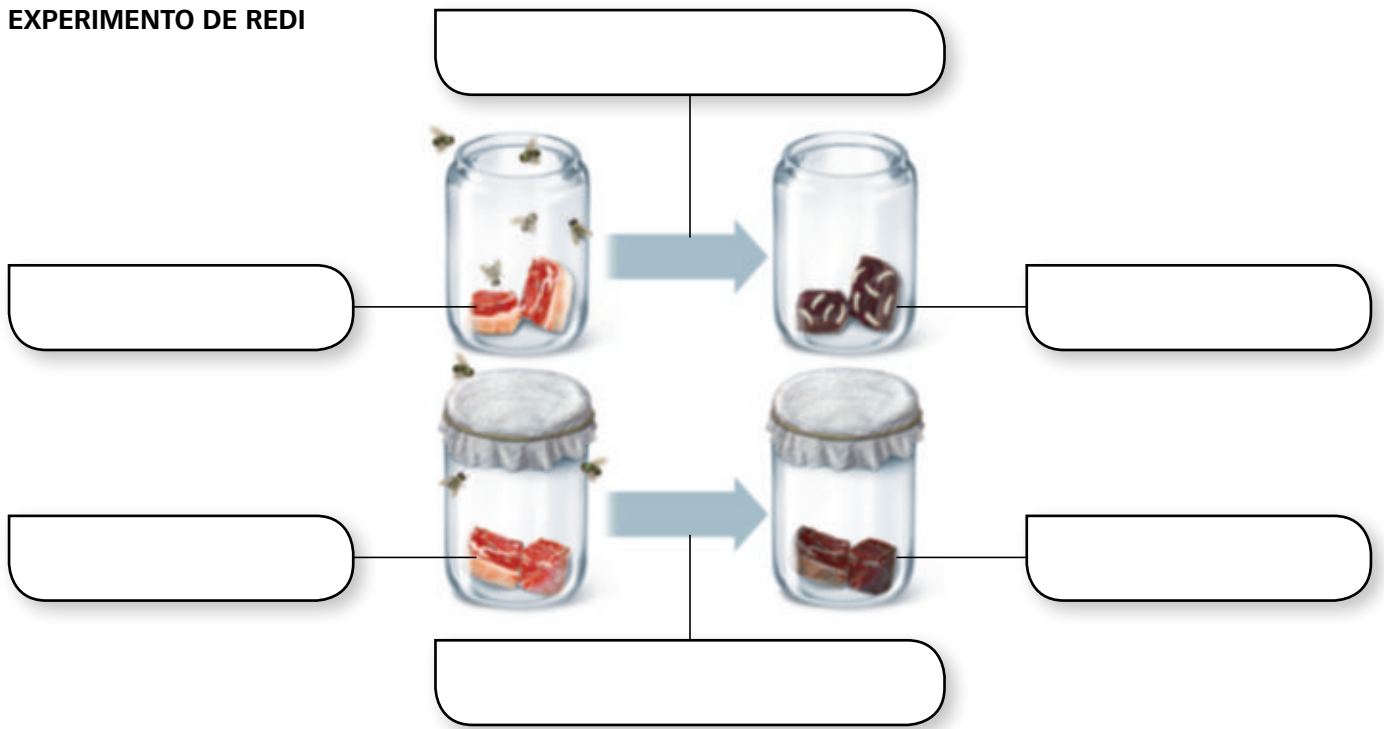
ACTIVIDADES

- 1 Explica cuál es la principal causa de especiación.
- 2 ¿En qué consiste la simbiogénesis?
- 3 Completa el resumen explicando los siguientes mecanismos evolutivos: selección natural, deriva genética y flujo génico.

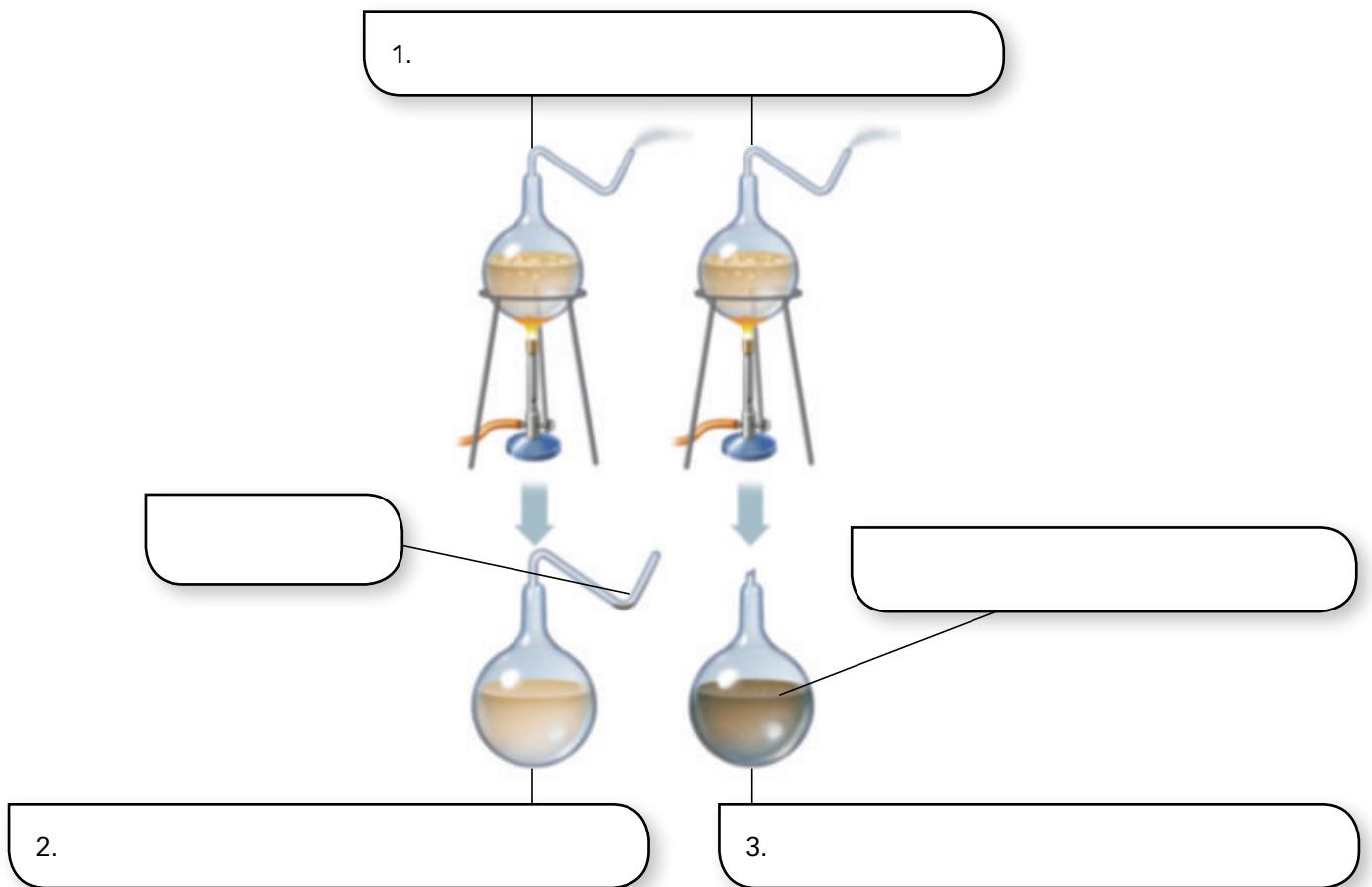
Esquemas mudos

Nombre: Curso: Fecha:

EXPERIMENTO DE REDI



EXPERIMENTO DE LOUIS PASTEUR



Esquemas mudos

Nombre: Curso: Fecha:

PRUEBAS DE LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA

PRUEBAS



PRUEBAS

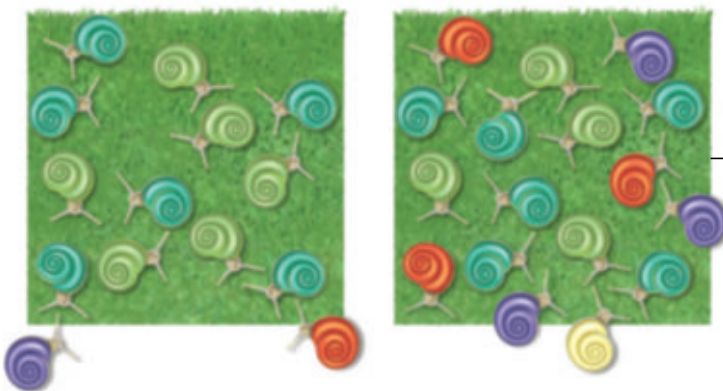
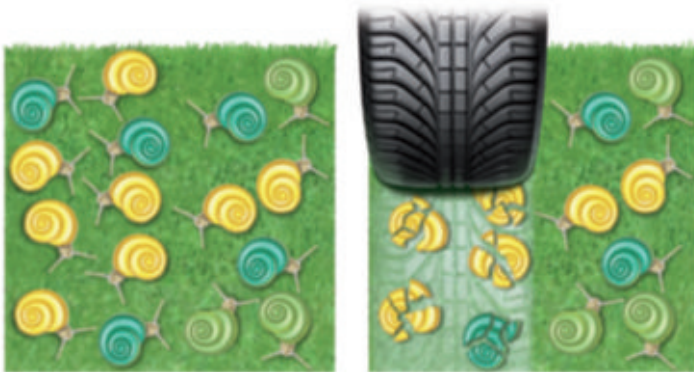
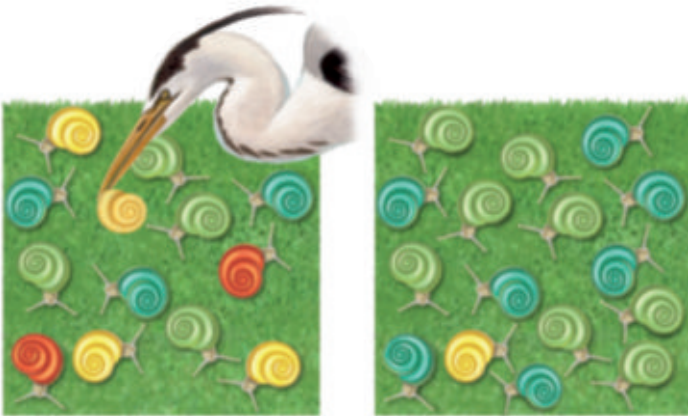


PRUEBAS

Esquemas mudos

Nombre: Curso: Fecha:

MECANISMOS EVOLUTIVOS MÁS COMUNES



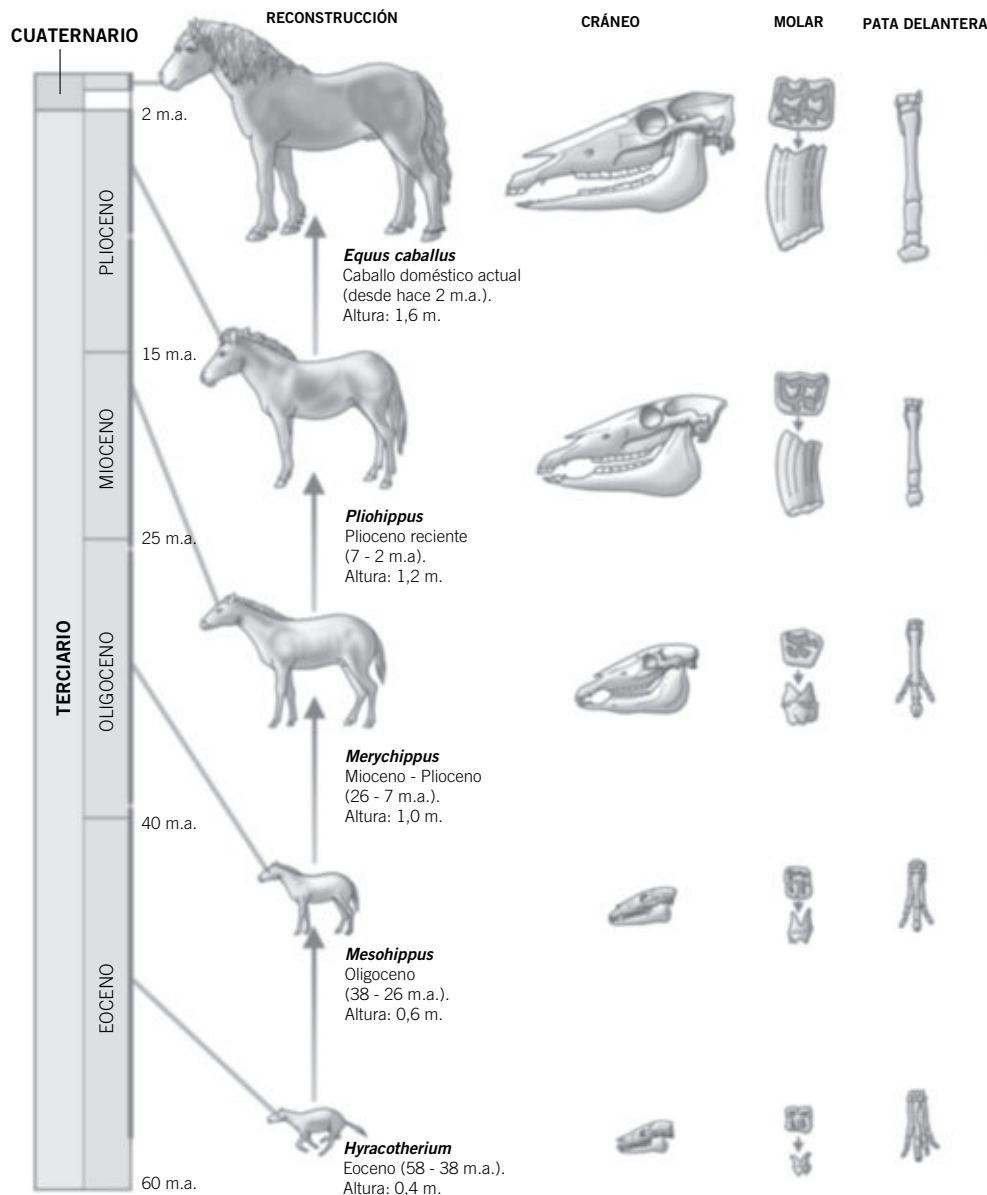
Estudio de la serie filogenética de los équidos

Uno de los principales indicios a favor de la evolución biológica es el hecho de que se conservan restos fósiles de especies de animales y plantas ya extintos, distintos a las especies actuales.

Debido a que el registro fósil aún es escaso, si tenemos en cuenta el número de especies vivas que se estima que han existido en nuestro planeta a lo largo del tiempo, resulta imposible reconstruir el árbol genealógico de las especies vivientes. Sin embargo, en algunos casos ha sido posible reconstruir **series filogenéticas** muy completas. Estas series son conjuntos de fósiles de un mismo tipo de organismo que se pueden ordenar de más antiguos a más modernos y que permiten







observar cómo han ido cambiando a lo largo del tiempo. Un ejemplo clásico es la serie de los équidos.

El caballo actual (*Equus caballus*) es una especie que descende de otras especies ya extintas que evolucionaron a lo largo de millones de años en América del Norte, y que cruzaron a través del estrecho de Bering hacia Asia varias veces. Los más antiguos conocidos, más de 55 m.a., son los del género *Hyracotherium*, del cual descenden todos los miembros del género *Equus*. Durante el Pleistoceno, el género *Equus* se extendió por Norteamérica, Eurasia, África y Sudamérica, y posteriormente se extinguieron en Norteamérica hasta que fueron reintegrados



ACTIVIDADES

- 1 Observa la serie filogenética del caballo, fíjate en todos los cambios que experimentan y completa la siguiente tabla:

Fósil	
Edad	
Altura	
Dedos	
Cráneo	
Molar	

- 2 Según los datos paleontológicos de los lugares en los que se encontraron los fósiles, *Hyracotherium* vivía en bosques tropicales, mientras que el resto vivía en praderas. ¿Podría haber tenido alguna ventaja para estas especies el aumento de estatura?
- 3 Observando la estructura y tamaño de los molares, y sabiendo que unos se alimentaban de hojas blandas de árboles y otros de hierba abrasiva de la pradera, ¿se podría predecir la dieta de estos animales?
- 4 Si en las praderas no hay árboles y en los bosques hay muchos, ¿tendrán relación estos ambientes con la carrera y con el número de dedos de estos animales?
- 5 USA LAS TIC. Busca información en Internet acerca de la serie filogenética que muestra la evolución de las ballenas.
- 6 COMPRENSIÓN LECTORA. Lee atentamente el siguiente texto y contesta a las preguntas.

A pesar de no estar completo, el registro fósil revela varios patrones que es poco probable que sean alterados por descubrimientos futuros. En primer lugar, existe una gran regularidad. Por ejemplo, organismos de tipos particulares se encuentran en las rocas de edades específicas, y los nuevos organismos aparecen secuencialmente en las rocas más jóvenes. En segundo lugar, a medida que avanzamos desde periodos geológicos remotos hacia el presente, los fósiles se parecen cada vez más a las especies que viven hoy.

Pero el hecho de que un registro fósil esté incompleto puede conducirnos a error, cuando tratamos de interpretarlo. Los organismos pueden haber evolucionado en lugares donde sus fósiles no han sido hallados. Más aún, cuando una especie que evolucionó en un lugar aparece entre los fósiles hallados en otro sitio, se tiene la impresión falsa de que evolucionó rápidamente a partir de una especie que ya vivía allí.

Fragmento extraído de *Vida. La ciencia de la Biología*.
Ed. Panamericana.

- a. ¿Es fiable el registro fósil? Razónalo.
- b. ¿En qué caso puede inducir a error el registro fósil? Cita un ejemplo.
- c. Los fósiles que se parecen más a las especies actuales, ¿se encuentran en las rocas más antiguas o en las más jóvenes?

TRABAJO COOPERATIVO

Elaborar y presentar una serie filogenética

El registro fósil contiene muchas series de fósiles que ponen de manifiesto los cambios evolutivos que se han producido a lo largo del tiempo en diferentes grupos de organismos.

Para elaborar una serie filogenética vamos a realizar los siguientes pasos:

- Formad grupos de 4 o 5 personas. Como cada serie está formada por tres o géneros en diferentes épocas, podéis repartiros las tareas cómodamente.

- Buscad información en Internet para elegir una serie filogenética que os interese. Algunos ejemplos podrían ser el elefante, las aves a partir de los dinosaurios, los ammonites, los trilobites, los gatos o los perros.
- Una vez organizada la información, podréis presentarla en un póster y exponerlo en el aula con textos explicativos.

Fichas multilingües

TEORÍAS DE LA EVOLUCIÓN

TEORII ALE EVOLUȚIEI

نظريات التطور

演化论

1. **Lamarckismo.** Teoría de los caracteres adquiridos.



2. El uso repetido de un órgano produce su desarrollo y se transmite a la descendencia.

3. **Darwinismo.** Evolución por selección natural.



4. Existe una lucha por la supervivencia. El medio selecciona a los mejor adaptados.

5. **Neodarwinismo.** Teoría sintética.



6. La selección natural actúa sobre la variabilidad genética. Evoluciona la población, no los individuos.

Rumano

1. Lamarckism. Teoria caracterelor dobândite.
2. Utilizarea repetată a unui organ produce dezvoltarea sa și se transmite descendenților.
3. Darwinism. Evoluție prin selecție naturală.
4. Există o luptă pentru supraviețuire. Mediul îi selecționează pe cei care se adaptează mai bine.
5. Neodarwinism. Teoria sintetică.
6. Selecția naturală acționează asupra variabilității genetice. Evoluează populația, nu indivizii.

Árabe

- 1 لمركيسمو . نظرية الصفات المكتسبة
- 2 الاستخدام المتكرر للعضو ينتج تطوره وانتقاله الى الأبناء
- 3 الدارونيه التطور بالانتقاء الطبيعي
- 4 يوجد صراع من اجل البقاء. الوسط يختار الانسب
- 5 نظرية اصطناعيه. الجديدة الدارونيه
- 6 الانتقاء الطبيعي يؤثر على التنوع الجيني. يطور الشعوب ، وليس الافراد

Chino

1. 拉馬克主義.理論的基礎是獲得性遺傳
2. 一器官的重复使用生产其发展，并且它被传送到后代。
3. 达尔文主義:进化经过自然选择
4. 战斗在了生存存在。环境选择更加适应。
5. 新达尔文主義。演化綜論
6. 自然选择行动关于基因变化性。人口进化，不是个人进化

**TEORÍAS DE LA EVOLUCIÓN
THEORIES OF EVOLUTION
THÉORIES DE L'ÉVOLUTION
EVOLUTIONSTHEORIE**

1. Lamarckismo. Teoría de los caracteres adquiridos.



2. El uso repetido de un órgano produce su desarrollo y se transmite a la descendencia.

3. Darwinismo. Evolución por selección natural.



4. Existe una lucha por la supervivencia. El medio selecciona a los mejor adaptados.

5. Neodarwinismo. Teoría sintética.



6. La selección natural actúa sobre la variabilidad genética. Evoluciona la población, no los individuos.

Inglés

1. Lamarckism. Theory of acquired characteristics.
2. The repeated use of an organ causes that organ to evolve and develop in their progeny.
3. Darwinism. Evolution by natural selection.
4. There is a fight for survival. The environment chooses those that adapt best.
5. Neo-Darwinism. Synthetic theory.
6. Natural selection acts on genetic variation. The population evolves, not the individual.

Francés

1. Lamarckisme. Théorie des caractères acquis.
2. L'utilisation répétée d'un organe produit son développement et se transmet à la descendance.
3. Darwinisme. Évolution par sélection naturelle.
4. Il existe une lutte pour la survie. Le milieu sélectionne les mieux adaptés.
5. Néodarwinisme. Théorie synthétique.
6. La sélection naturelle agit sur la variabilité génétique. C'est la population qui évolue, et non les individus.

Alemán

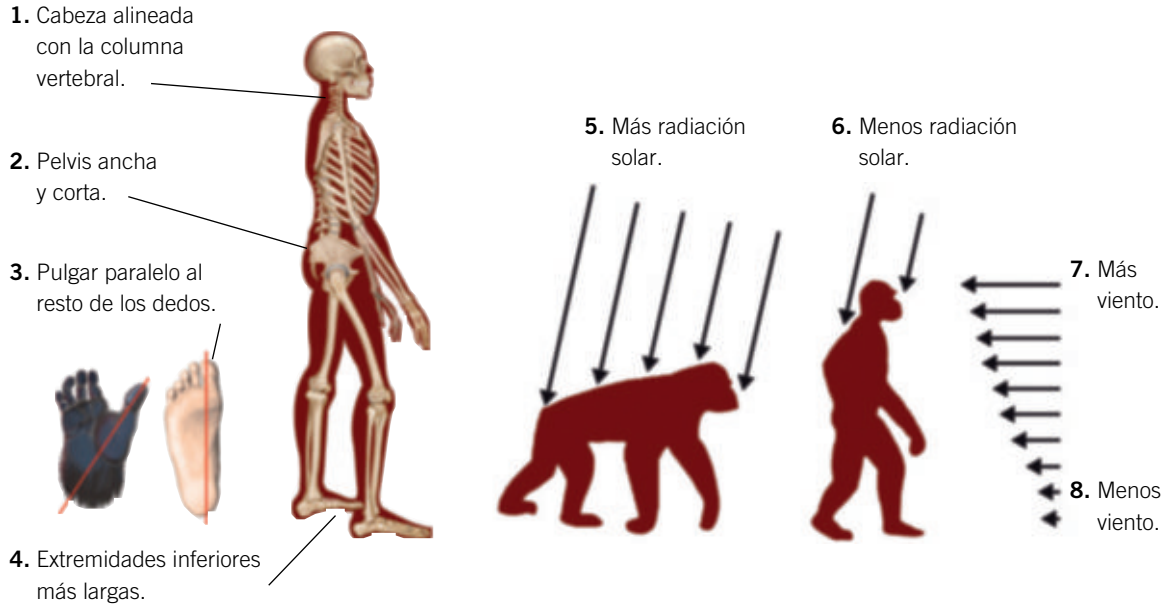
1. Lamarckismus. Theorie von der Vererbung erworbener Eigenschaften.
2. Der wiederholte Gebrauch eines Organs trägt zu seiner Entwicklung bei und wird an die Nachkommen weitergegeben.
3. Darwinismus. Evolution durch natürliche Auslese.
4. Es existiert ein Überlebenskampf. Die Umwelt liest die Bestangepassten aus.
5. Neodarwinismus. Synthetische Evolutionstheorie.
6. Die natürliche Auslese wirkt sich auf die Veränderung der Verteilung von Genen aus. Es entwickeln sich die Populationen, nicht die Individuen.

ADQUISICIÓN DEL BIPEDISMO

DOBÂNDIREA MERSULUI BIPED

اكتساب الإستواء على رجلين

达到直立行走



Rumano

1. Cap aliniat cu coloana vertebrală
2. Bazin lat și scurt
3. Police paralel cu celelalte degete
4. Extremități inferioare mai lungi
5. Mai multă radiație solară
6. Mai puțină radiație solară
7. Mai mult vânt
8. Mai puțin vânt

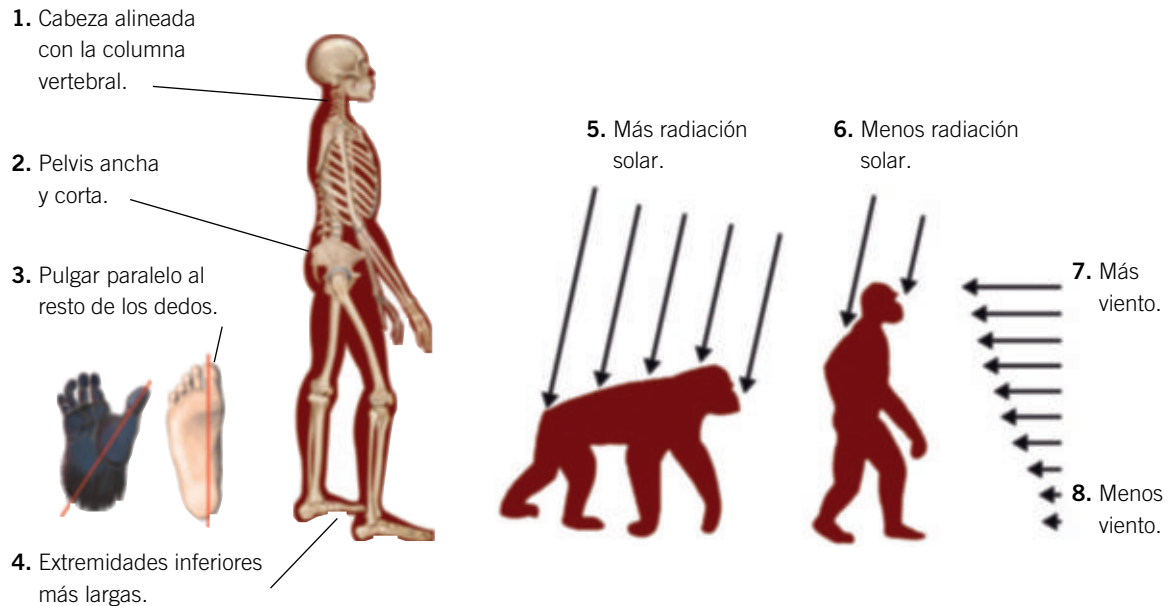
Árabe

- 1 رأس محايد للعمود الفقري
- 2 حوض واسع قصير
- 3 إبهام موازي لباقي الأصابع
- 4 أطراف سفلية أطول
- 5 إشعاع شمسي أكثر
- 6 إشعاع شمسي أقل
- 7 رياح أكثر
- 8 رياح أقل

Chino

1. 头部和脊椎对齐
2. 骨盆既宽又短
3. 拇指与其他手指平行
4. 下肢较长
5. 更多太阳辐射
6. 更少太阳辐射
7. 风更多
8. 风更少

ADQUISICIÓN DEL BIPEDISMO
ACQUISITION OF BIPEDALISM
ACQUISITION DE LA BIPÉDIE
DER AUFRECHTE GANG (BIPEDIE)

**Inglés**

1. Head aligned with the vertebral column
2. Wide short pelvis
3. Thumb parallel to the other fingers
4. Lower extremities are longer
5. More solar radiation
6. Less solar radiation
7. More wind
8. Less wind

Francés

1. Tête alignée avec la colonne vertébrale
2. Bassin large et court
3. Pouce parallèle aux orteils
4. Extrémités inférieures plus longues
5. Davantage de rayonnement solaire
6. Moins de rayonnement solaire
7. Davantage de vent
8. Moins de vent

Alemán

1. Kopf und Wirbelsäule in einer Linie ausgerichtet
2. Breites und kurzes Becken
3. Daumen parallel zu den übrigen Fingern
4. Längere Hintergliedmasse
5. Höhere Sonnenstrahlung
6. Geringere Sonnenstrahlung
7. Mehr Wind
8. Weniger Wind

Homo neanderthalensis, nuestro pariente más próximo

Durante miles de años hubo otra especie humana con la cual convivimos durante miles de años, el hombre de Neanderthal u *Homo neanderthalensis*, cuya capacidad craneal era superior a la nuestra, que rendía culto a sus muertos y que produjo industria lítica y manifestaciones artísticas.

En la península Ibérica son particularmente interesantes los encontrados en El Sidrón, en Asturias; El Castillo, en Cantabria; Axlor, en Vizcaya; Cova Negra, en Valencia, y, muy recientemente, el de Pinilla del Valle, en la Comunidad de Madrid.

El desarrollo de las técnicas de extracción de ADN en muestras antiguas y los avances en los procedimientos de secuenciación, han permitido que laboratorios, como el dirigido por Svante Pääbo, en el Max Plank Institut, secuencien el ADN de diversas especies de homínidos ya extintas, como los neandertales.

La comparación del genoma neandertal con secuencias de humanos actuales, de diversos continentes, ha demostrado que entre estas dos especies hubo cruzamientos, y que estos tuvieron lugar fuera del continente africano, puesto que en ninguna muestra de esa procedencia se han encontrado genes neandertales.



HOJA DE RUTA

Objetivo: Investigar las características del hombre de Neanderthal y la importancia de su relación con nuestra especie.

Investigaciones sugeridas:

- Características físicas del hombre de Neanderthal.
- Origen, desarrollo y extinción de la especie *Homo neanderthalensis*.
- Distribución espacio temporal de esta especie.
- Las principales manifestaciones culturales de los neandertales.
- La capacidad de hablar y oír en los neandertales.
- La presencia de genes neandertales en el genoma humano actual.

Fuentes de la investigación:

- *El hombre de Neanderthal: en busca de genomas perdidos*. Svante Pääbo, Alianza Editorial, 2015.
- *El primer encuentro sexual entre neandertales y sapiens*. Judith de Jorge. 17/02/2016; Abc. Carlos Lorenzo, noviembre 2014.

- *Las raíces de los neandertales*. Carlos Lorenzo, Investigación y Ciencia, noviembre 2014.
- *La mente neandertal*. Kate Wong. Investigación y Ciencia, mayo 2015.
- *Neandertales, denisovanos y sapiens: sexo y adaptación local*. Javier Sampedro. El País. Materia, 25/03/2016.
- *La mano del neandertal asoma tras las pinturas más antiguas*. Alicia Rivera. El País. Sociedad. 14/06/2012.
- *Descubierto el primer grabado rupestre neandertal*. Alicia Rivera. El País. Sociedad. 01/09/2014.

Presentación: realización de un gran mural físico con una representación de una comunidad de neandertales con objetos de industria lítica, representaciones artísticas, cultos funerarios, escenas de caza, etc. Elaboración de una guía explicativa del mural de entre 2 a 4 DIN A-4.

Duración de la elaboración: 3 semanas.

Realización: dos equipos de 4 o 5 alumnos.

TEN EN CUENTA QUE

- Las investigaciones paleontológicas que han permitido establecer con precisión relaciones de parentesco entre neandertales y *sapiens*, si bien en un principio se basaron en datos morfológicos y cronológicos, han producido sus espectaculares resultados gracias a la secuenciación y comparación de los genomas de neandertales, *sapiens* y otras especies relacionadas.
- Hasta hace muy poco tiempo se pensaba que la cultura musteriense (neandertal) carecía de representaciones artísticas, tan abundantes en las culturas de *sapiens*. Recientemente se han descubierto grabados y pinturas de naturaleza simbólica inequívocamente neandertal.
- Las características faciales reconstruidas sobre los cráneos de los neandertales les confieren un aspecto rudo que, injustificadamente, ha motivado que no hace tanto se les considerase seres torpes y burdos. La capacidad craneal de los neandertales, sin embargo, era mayor que la de *sapiens*. Este hecho que merece ser investigado en profundidad apoya la tesis que los considera homínidos bastante inteligentes, si bien la superficie cerebral, más que su volumen, es el factor más relacionado con la capacidad intelectual.
- La capacidad de hablar y emitir sonidos está codificada por un gen. Se complementa con la capacidad auditiva. En los neandertales se ha detectado tanto un gen muy semejante al responsable del habla en el ser humano; también poseían los huesecillos del oído medio que transmiten mecánicamente el sonido, por lo que es posible que pudieran hablar y escuchar; es decir, comunicarse verbalmente.

LO QUE DEBES SABER

- **Gen FoxP2.** Es un gen responsable, con otros, del habla en seres humanos. Se expresa en la formación de algunas zonas del cerebro durante la embriogénesis. Una variedad de este gen aparece en el ADN de los neandertales, lo que ha permitido sugerir que dicha especie era capaz de hablar.
- **Cultura musteriense.** Así denominada por el descubrimiento en *Le Moustier* (Francia) de un yacimiento neandertal con industria lítica asociada. Por extensión, se aplica a las producciones asociadas a yacimientos neandertales de hace entre 125 000 y 30 000 años. Son características de esta cultura los ritos funerarios, el canibalismo y las representaciones simbólicas.
- **Arte simbólico.** Modalidad de expresión artística que, en las muestras atribuidas a los neandertales se caracteriza por la ausencia de elementos figurativos (personas, animales y cosas) y la presencia de elementos geométricos abstractos.
- **Industria lítica.** Expresión genérica que designa los útiles y herramientas de piedra que construyeron algunos homínidos, entre las que se incluyen bifaces, lascas, puntas de flecha, raederas, hendedores, cuchillos, buriles, etc.

Estudio de la extremidad tipo quiriridio

MATERIAL

- Lámina con dibujos de la estructura ósea de varias extremidades.
- Lápices de colores.

INTRODUCCIÓN










La extremidad de los vertebrados tetrápodos es del tipo *quiriridio* (de $\chi\iota\rho\omicron$, que en griego significa 'mano'). Deriva de las aletas de los antiguos peces crossopteri-

gios. El diseño de las extremidades anteriores y posteriores es el mismo, aunque los nombres de los huesos son distintos.

EXTREMIDAD ANTERIOR		QUIRIDIO TIPO	EXTREMIDAD POSTERIOR	
Miembro	Huesos		Huesos	Miembro
Brazo	Húmero		Fémur	Brazo
Antebrazo	Radio		Tibia	Antebrazo
	Cúbito		Peroné	
Muñeca	Carpianos proximales		Tarsianos proximales	Muñeca
	Carpiano central		Tarsiano central	
	Carpianos distales		Tarsianos distales	
Palma	Metacarpianos		Metatarsianos	Palma
Dedos	Falanges		Falanges	Dedos

PROCEDIMIENTO

- 1 Identifica cada uno de los huesos de cada extremidad. Ponles su nombre teniendo en cuenta que todos son de extremidades anteriores.
- 2 Colorea los huesos para diferenciarlos, pero sigue el siguiente código: húmero, azul; radio, rojo; cúbito, naranja; carpianos, verde; y falanges, amarillo.
- 3 Cuenta el número de huesos de cada miembro en cada extremidad.

PÁJARO	BALLENA	CABALLO
		
LEOPARDO	HUMANO	MURCIÉLAGO
		
TOPO	COCODRILO	VELOCIRRACTOR
		

ACTIVIDADES

- 1 ¿Por qué no tienen todas las extremidades los huesos con la misma forma?
- 2 ¿Encuentras diferencias en el número de huesos de las distintas extremidades?
- 3 Escribe la función de la extremidad representada de cada animal.

Recursos para la evaluación

Autoevaluación

Evaluación de contenidos

Evaluación por competencias

EL ORIGEN Y LA EVOLUCIÓN DE LA VIDA

Nombre: _____

Curso: _____

Fecha: _____

1 Indica quién de los siguientes personajes defendía el fijismo y el creacionismo:

- a. Cuvier.
 b. Darwin.
 c. Lamarck.
 d. Wallace.

2 Indica qué científico basa la evolución de las especies en la herencia de los caracteres adquiridos.

- a. Cuvier.
 b. Darwin.
 c. Lamarck.
 d. Wallace.

3 Las formas fósiles intermedias son:

- a. Fósiles que conservan tanto partes duras como blandas del organismo.
 b. Fósiles de organismos con características intermedias entre dos grupos de seres vivos.
 c. Fósiles de organismos intermedios entre planta y animal.
 d. Fósiles de animales con un tipo de vida intermedio entre el acuático y el terrestre.

4 La creencia de la generación espontánea de seres vivos a partir de materia inerte:

- a. Es defendida en la actualidad por los partidarios de Lamarck.
 b. Es defendida en la actualidad por los neodarwinistas.
 c. Dejó de ser admitida a partir de la aceptación del neodarwinismo.
 d. Dejó de ser admitida a partir de los experimentos de Pasteur.

5 Para que dos poblaciones de la misma especie pasen a convertirse en dos especies diferentes:

- a. Han de mutar a la vez todos los miembros de una de las dos poblaciones.
 b. Han de mutar a la vez, pero de forma diferente, todos los miembros de las dos poblaciones.
 c. Ha de producirse un aislamiento entre las dos poblaciones que impida que se crucen entre sí individuos de una y otra población.
 d. Ha de producirse un aislamiento físico pero no reproductivo.

6 Según Darwin, sobreviven:

- a. Los organismos más fuertes de la población.
 b. Los organismos que presentan características heredables más ventajosas.
 c. Los organismos que mutan antes.
 d. Los organismos que viven en comunidad y se protegen unos a otros.

7 Los órganos homólogos son:

- a. Los que tienen la misma estructura, aunque su forma y función sean diferentes.
 b. Aquellos que tienen la misma estructura y función pero con forma diferente.
 c. Aquellos que tienen una estructura distinta aunque su forma y función sean similares.
 d. Aquellos que están presentes pero no se usan.

8 Algunos científicos afirman que se puede formar materia orgánica:

- a. En las atmósferas oxidantes, como la nuestra actual.
 b. En el interior de las estrellas.
 c. En las fuentes hidrotermales situadas junto a las dorsales oceánicas.
 d. En el interior de los volcanes.

9 La simbiogénesis defiende:

- a. Que la mayoría de las mutaciones son neutras.
 b. Que las formas simples han dado lugar a las complejas mediante la mutación.
 c. Que la variedad de especies se debe a la selección natural exclusivamente.
 d. La transferencia de genes, e incluso de genomas completos, entre especies.

10 La teoría sintética defiende:

- a. La herencia de los caracteres adquiridos.
 b. Que la selección natural actúa sobre los individuos pero lo que evoluciona son las poblaciones.
 c. La evolución biológica es un proceso rápido que se produce mediante grandes saltos intermitentes.
 d. El azar determina que una población evolucione en un sentido o en otro.

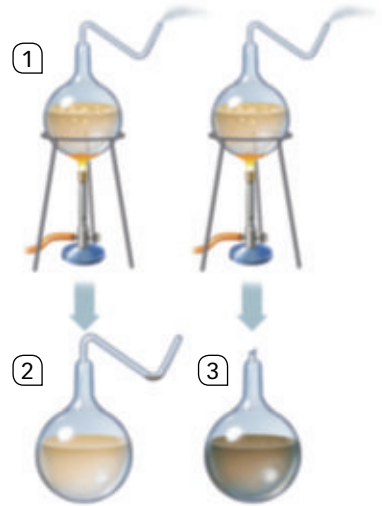
1 a; 2 c; 3 b; 4 d; 5 c; 6 b; 7 a; 8 a; 9 d; 10 b.

SOLUCIONES

EL ORIGEN Y LA EVOLUCIÓN DE LA VIDA

Nombre: Curso: Fecha:

- 1** En el dibujo de la izquierda se representa un experimento:
- a. Describe dicho experimento.
 - b. ¿Qué principio referente al origen de la vida demostró?
 - c. ¿Quién fue el científico que lo diseñó?



.....

.....

.....

.....

- 2** Explica en qué consiste la teoría evolucionista de Lamarck. Debes reseñar los tres puntos más importantes de dicha teoría. ¿Cómo explica esta teoría el largo cuello de las jirafas?

.....

.....

.....

.....

- 3** La teoría evolucionista de Darwin y Wallace se basa en la selección natural. Define qué entendemos por selección natural y explica cómo actúa dicha selección.

.....

.....

.....

.....

- 4** ¿Tienen importancia las mutaciones en la evolución? Indica cuántos tipos de mutaciones hay según sus efectos y explica cómo actúan.

.....

.....

.....

.....

- 5** Al observar la naturaleza encontramos pruebas que apoyan la evolución. Cita cuatro tipos de pruebas y explícalas brevemente.

.....

.....

.....

.....

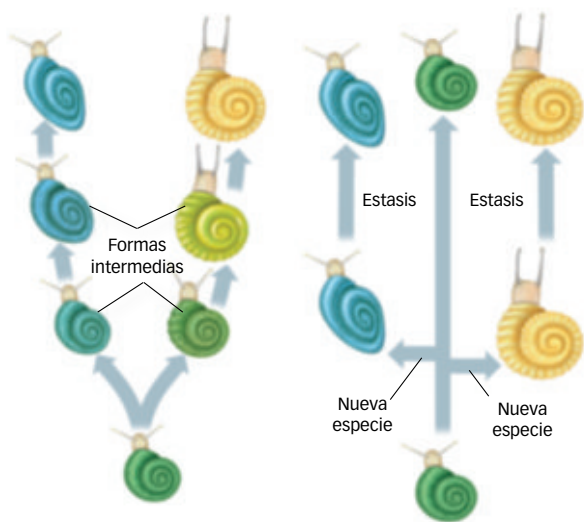
6 La especiación es el proceso evolutivo de formación de nuevas especies. Un factor decisivo para dicha especiación es el aislamiento reproductivo, que evita o dificulta el apareamiento. Explica cómo actúan el aislamiento estacional, el aislamiento conductual y el aislamiento mecánico.

.....

.....

.....

7 Las figuras resumen dos formas de entender la evolución. Explica en qué consiste cada una de ellas, cómo se denominan y quiénes fueron los científicos que las formularon.



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

8 ¿Qué es la hominización? Indica los principales cambios que se produjeron durante este proceso.

.....

.....

.....

9 Relaciona las dos columnas:

- | | |
|--|---|
| 1. Es el homínido bípedo más antiguo. | a. <i>Homo neanderthalensis</i> |
| 2. Se considera el último antecesor del género Homo. | b. <i>Australopithecus</i> |
| 3. Vivió hace entre 6 y 7 m.a. | c. <i>Homo sapiens</i> |
| 4. Es el homínido más semejante al ser humano y coexistió con él durante más de 50 000 años. | d. <i>Ardipithecus</i> |
| 5. Sus restos más antiguos tienen 195 000 años. | e. Antecesor común entre chimpancés y humanos |

10 Explica por qué es importante el yacimiento de la sierra de Atapuerca, en Burgos. ¿Qué homínido se ha encontrado en los yacimientos de El Sidrón, en Asturias, y la Cova Negra, en Valencia? ¿Cuándo desaparecieron estos últimos?

.....

.....

.....

EL ORIGEN Y LA EVOLUCIÓN DE LA VIDA

Criterios de evaluación*	Estándares de aprendizaje*	Actividades
		Control
B1-8. Valorar el papel de las mutaciones en la diversidad genética, comprendiendo la relación entre mutación y evolución.	B1-8.1. Reconoce y explica en qué consisten las mutaciones y sus tipos.	4
B1-16. Conocer las pruebas de la evolución. Comparar lamarckismo, darwinismo y neodarwinismo.	B1-16.1. Distingue las características diferenciadoras entre lamarckismo, darwinismo y neodarwinismo.	1, 2, 3 y 5
B1-17. Comprender los mecanismos de la evolución, destacando la importancia de la mutación y la selección. Analizar el debate entre gradualismo, saltacionismo y neutralismo.	B1-17.1. Establece la relación entre variabilidad genética, adaptación y selección natural.	2, 3, 6 y 7
B1-18. Interpretar árboles filogenéticos, incluyendo el humano.	B1-18.1. Interpreta árboles filogenéticos.	7 y 9
B1-19. Describir la hominización.	B1-19.1. Reconoce y describe las fases de la hominización.	8, 9 y 10

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Secundaria.

- 1 R. M.
 - a. Se introdujo caldo de carne en dos matraces de cuello largo, estrecho y curvo, hirvió el líquido de cada matraz y, tras dejarlos enfriar, quebró el cuello del representado a la derecha. Pasado un tiempo, observó que el caldo que contenía el matraz de la izquierda, con el cuello íntegro, no se había descompuesto. Sin embargo, el contenido del matraz con el cuello cortado sí se había descompuesto. Se demostró que los microorganismos estaban en el aire, adheridos a las partículas de polvo. Al pasar el aire por el cuello curvo de los matraces, el polvo quedaba depositado en el primer codo. Sin embargo, al romper el cuello, los microorganismos entraban en contacto con el caldo y lo descomponían.
 - b. Este experimento demostró de forma bastante concluyente que la generación espontánea de la vida no tiene lugar, la vida siempre procede de otro ser vivo preexistente.
 - c. El científico que realizó este experimento fue Louis Pasteur, uno de los más grandes científicos de todos los tiempos.
- 2 Los puntos básicos de la teoría evolucionista que Lamarck postuló en 1809 son: importancia del ambiente, la ley del uso y desuso, y la herencia de los caracteres adquiridos.
- 3 La selección natural es la forma en la que la naturaleza favorece a aquellos seres vivos que mejor se adaptan a los cambios del medio. Surgido este concepto de las investigaciones de Darwin y Wallace, constituye el núcleo central de la teoría evolutiva de estos científicos. La selección natural se fundamenta en tres principios: la existencia de variabilidad heredable, la descendencia con modificación y la reproducción diferencial.
- 4 Las mutaciones son la fuente de la variabilidad. Se producen en individuos y se extienden a las poblaciones. Pueden ser favorables, que proporcionan algún tipo de beneficio al portador, por lo que aumenta su probabilidad de tener descendencia y transmitir sus genes. Perjudiciales, que reducen el éxito reproductivo del individuo, por lo que tienen poca o ninguna posibilidad de ser transmitidas a la siguiente generación al portador, y neutras que al no ser ni favorables ni perjudiciales, no son afectadas por la selección natural, por lo que no influyen en el éxito reproductivo del individuo.
- 5 Las pruebas de la evolución se distinguen en cuatro tipos: pruebas anatómicas, basadas en el estudio comparado de diferentes órganos del cuerpo de distintas especies, tanto en estructura como en función; pruebas biogeográficas, muestran la distribución geográfica de las especies; pruebas paleontológicas, basadas en el estudio de los fósiles; y pruebas bioquímicas, a partir del estudio de las diferencias entre las moléculas equivalentes de diferentes especies, principalmente proteínas y ácidos nucleicos, sobre todo ADN.
- 6 Al quedarse aisladas dos poblaciones de la misma especie, expuestas a condiciones ambientales distintas siguen una evolución independiente. El aislamiento estacional se produce cuando dos poblaciones que viven en el mismo lugar presentan diferencias temporales en cuanto a sus periodos reproductivos. El aislamiento conductual tiene lugar cuando dos poblaciones desarrollan rituales de cortejo o conductas de apareamiento diferentes. Aislamiento mecánico: cuando hay diferencias morfológicas que hacen imposible el apareamiento entre individuos de una población.

7 La figura de la izquierda representa el gradualismo, corriente del pensamiento evolutivo que establece que la evolución de las especies se produce poco a poco, a lo largo del tiempo, por acumulación de pequeños cambios. Las especies se originan cuando la diferencia por acumulación de cambios es muy grande.

La figura de la derecha representa la teoría del equilibrio puntuado, según la cual, las especies permanecen sin cambios durante mucho tiempo, situación denominada estasis, que se interrumpe cuando se producen cambios importantes que dan lugar a nuevas especies, sin formas intermedias, en un periodo de tiempo corto.

8 Se conoce como hominización al conjunto de cambios evolutivos que experimentaron algunas especies ancestrales hasta dar lugar a los humanos actuales. Los principales cambios de la hominización son:

- El bipedismo, o paso de la locomoción cuadrúpeda a la locomoción bípeda. Esta transformación lleva aparejadas otras, como la adquisición de la forma actual en S de la columna vertebral, del desplazamiento del foramen occipital hacia la parte anterior de la base del cráneo, el desarrollo de dedos más gráciles y hábiles en las manos, y la pérdida de la capacidad prensil de los pies.
- Aumento de la capacidad craneal, desde los 500 cm³ de los australopitecos hasta los 1450 cm³ de los humanos anatómicamente modernos.
- Desarrollo del cerebro y de las capacidades cognitivas, manipulativas y artísticas.
- Reducción del número y tamaño de los dientes hasta los 32 actuales, lo que implicó reducción del tamaño de la cara y las mandíbulas.

9 1 d; 2 b; 3 e; 4 a; 5 c.

10 Por la cantidad e importancia de los fósiles allí descubiertos. En 1997 se descubrió una nueva especie, *Homo antecessor*, datada en aproximadamente 780 000 años. También se ha encontrado el mayor número de restos de *Homo heidelbergensis* del mundo, de al menos 30 individuos, con una antigüedad de 400 000 años.

En El Sidrón (Asturias) y en la Cova Negra (Valencia) se han descubiertos fósiles de *Homo neanderthalensis*. Esta especie coexistió y pudo convivir como *Homo sapiens* hace unos 30 000 años.

EL ORIGEN Y LA EVOLUCIÓN DE LA VIDA

Nombre: _____

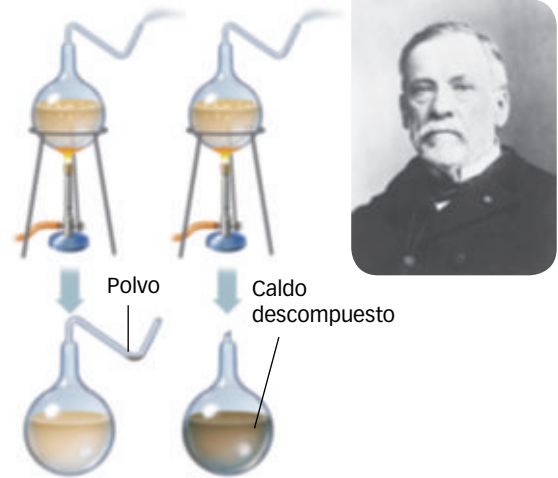
Curso: _____

Fecha: _____

Desde que era muy pequeño, Andrés ha tenido un gran interés por saber sobre el origen de todas las cosas. Esta inquietud ha supuesto a veces un problema para sus padres porque constantemente les hacía preguntas y estos, muchas veces, no conocían las respuestas que él necesitaba.

En la actualidad, Andrés está estudiando biología y tiene mucho interés por conocer el origen de la vida. Se hace muchas preguntas y busca información sobre cómo y cuándo aparecieron las primeras moléculas orgánicas, cómo se formaron las primeras células, si estas eran aerobias o anaerobias, etc.

Andrés ha descubierto que la biología le debe mucho a Louis Pasteur, un científico francés que, entre otros trabajos investigó sobre el origen de la vida.



1 ¿Qué demostró Louis Pasteur con sus experimentos?

- a. Que todo ser vivo procede de otro ya existente.
- b. Que existen seres vivos tan pequeños que no pueden ser observados a simple vista.
- c. Que la vida se originó en el espacio y llegó a la Tierra en los meteoritos.
- d. Que la vida surgió en una atmósfera sin oxígeno.

2 Según Alexander Oparin y John Haldane, las primeras moléculas orgánicas se formaron en una atmósfera de metano, amoníaco, hidrógeno y vapor de agua. Andrés investigó el asunto y se enteró de que, para formar moléculas orgánicas a partir de esos gases inorgánicos, es necesario un gran aporte de energía. ¿De dónde suponían Oparin y Haldane que salió la energía necesaria para transformar esos gases en moléculas orgánicas como aminoácidos, azúcares, grasas, etc.?

- a. Del calor de las dorsales oceánicas.
- b. De la radiación solar.
- c. De los volcanes y radiaciones ultravioletas.
- d. De fuertes tormentas eléctricas y del Sol.

3 Andrés es un evolucionista convencido y le cuesta mucho trabajo situarse en la mente de la gente que, hace menos de 200 años, creía firmemente en el creacionismo y el fijismo. Era incapaz de comprender que personas tan inteligentes como George Cuvier (1769-1832), promotor de la anatomía comparada, de la paleontología, que llevó a cabo la primera clasificación seria de los animales, etc., defendiera las teorías fijistas cuando ya había claros indicios que apuntaban hacia el evolucionismo. ¿Cómo justificaba George Curvier la existencia de los fósiles?

- a. Decía que eran piedras con formas caprichosas.
- b. Con la teoría del catastrofismo.
- c. Con la teoría del creacionismo.
- d. Nunca reconoció la existencia de los fósiles.

4 «La función crea el órgano y los caracteres adquiridos se heredan», resume la base de la teoría:

- a. Lamarckista.
- b. Fijista.
- c. Darwiniana.
- d. Sintética o neodarwinista.

5 Por otra parte, también se ha fijado en que, aunque todas las alas sirven para volar, no tienen la misma estructura. Por ejemplo, el parecido entre las alas de los murciélagos y las de los insectos es un claro ejemplo:

- a. Que prueba la evolución de las especies.
- b. De órganos homólogos.
- c. De órganos análogos.
- d. Que prueba su origen común.

6 Según Darwin, la lucha por la existencia perpetuaría las variaciones por medio de la herencia. ¿Para qué tipo de variaciones se puede admitir esta teoría?

- a. Mutaciones somáticas.
- b. Mutaciones germinales.
- c. Adquisición de ciertas habilidades por el uso de un órgano determinado.
- d. Pérdida de ciertas características por el desuso de un determinado órgano.

7 Vistas desde el punto de vista de hoy en día, a Andrés le cuesta trabajo diferenciar de una manera clara si una determinada afirmación es darwinista, lamarckista o defiende la teoría sintética. Relaciona cada una de las siguientes frases con alguna de las teorías que intentan explicar el origen de las especies:

	Teoría
Las focas, intentando cazar peces debajo del agua, van aumentando más y más su resistencia sin respirar y, es posible que de esta forma al final hayan perdido el reflejo respiratorio.	
Si las mariposas que viven entre las flores poseen alas multicolores es porque las que no tienen este tipo de alas son fácilmente eliminadas por los depredadores y mueren dejando pocos o ningún descendiente.	
El alargamiento del cuello de las jirafas se produjo por mutaciones al azar ya presentes en el genoma de las jirafas y que fueron favorecidas porque proporcionaban una ventaja en las nuevas condiciones ambientales.	
El topo desarrolla sus manos con forma de pala por el continuo ejercicio para cavar sus galerías en el suelo y adaptarse al modo de vida subterráneo.	

8 A veces también es difícil diferenciar lo que es una adaptación al medio de lo que sería muestra inequívoca de un antepasado común. Por ejemplo: un tiburón (pez), un ictiosaurio (reptil fósil) y un delfín (mamífero) presentan el mismo aspecto pisciforme. Andrés se pregunta, ¿a qué se debe esto?

- a. A que los tres son vertebrados.
- b. A una adaptación convergente.
- c. A que los tres tienen un origen común.
- d. A que tienen la misma constitución orgánico-anatómica.

9 Andrés, como todos los evolucionistas convencidos, es consciente de que solo una de las siguientes afirmaciones es cierta en todos los casos:

- a. La reproducción sexual no siempre produce variabilidad genética.
- b. Tanto la reproducción sexual como la asexual producen variabilidad genética.
- c. La variabilidad genética solo se produce en algunos casos de reproducción sexual.
- d. La meiosis y las mutaciones son las fuentes de la variabilidad genética.

10 También ha estudiado las principales hormonas y quedó sorprendido cuando se enteró de que la insulina de los cerdos solamente se diferencia de la humana en un aminoácido, la de las vacas se diferencia en tres e incluso la del invertebrado *Caenorhabditis elegans* (un gusano nemátodo) es muy similar en estructura a la humana y tiene efectos celulares muy parecidos. Sin duda, este hecho es una determinante prueba de la evolución de tipo:

- a. Hormonal.
- b. Bioquímico.
- c. Filogenético.
- d. Análogo.

EL ORIGEN Y LA EVOLUCIÓN DE LA VIDA

Competencias que se evalúan	Criterios de evaluación*	Estándares de aprendizaje*	Actividades
Comunicación lingüística Competencia matemática, científica y tecnológica	B1-8. Valorar el papel de las mutaciones en la diversidad genética, comprendiendo la relación entre mutación y evolución.	B1-8.1. Reconoce y explica en qué consisten las mutaciones y sus tipos.	6
Competencia matemática, científica y tecnológica Competencia social y cívica Iniciativa y emprendimiento	B1-16. Conocer las pruebas de la evolución. Comparar lamarckismo, darwinismo y neodarwinismo.	B1-16.1. Distingue las características diferenciadoras entre lamarckismo, darwinismo y neodarwinismo.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8
Competencia matemática, científica y tecnológica Aprender a aprender	B1-17. Comprender los mecanismos de la evolución, destacando la importancia de la mutación y la selección. Analizar el debate entre gradualismo, saltacionismo y neutralismo.	B1-17.1. Establece la relación entre variabilidad genética, adaptación y selección natural.	7, 8, 9 y 10

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Secundaria.

- 1 a. Que todo ser vivo procede de otro ya existente.
- 2 d. De fuertes tormentas eléctricas y del Sol.
- 3 b. Con la teoría del catastrofismo.
- 4 a. Lamarckista.
- 5 c. De órganos análogos.
- 6 b. Mutaciones germinales.
- 7 Lamarckismo; darwinismo; teoría sintética; lamarckismo.
- 8 b. A una adaptación convergente.
- 9 d. La meiosis y las mutaciones son las fuentes de la variabilidad genética.
- 10 b. Bioquímico.

Solucionario

EL ORIGEN Y LA EVOLUCIÓN DE LA VIDA

Interpreta la imagen

- Las personas de la imagen son probablemente paleontólogos que están buscando fósiles en un yacimiento.
- En la parte inferior de la fotografía se ven varios fósiles de mandíbulas, probablemente homínidos o primates. También se ven restos de huesos largos.

Claves para empezar

- En sentido general, evolución es un cambio natural a lo largo del tiempo. En sentido biológico, se refiere a los cambios que ha experimentado la biosfera desde la aparición de la vida en la Tierra hasta nuestros días. La evolución es una propiedad de la vida y se ha producido y se produce en todos los sistemas biológicos.
- Las adaptaciones son cambios anatómicos y fisiológicos que experimentan los seres vivos con la finalidad de superar las variaciones que se producen en los ecosistemas a lo largo del tiempo.
- Un fósil es un resto de un ser vivo que se ha conservado en rocas sedimentarias, en algunas metamórficas y también en ámbar, breas o petróleo.

- 1 Interpreta la imagen.** Los experimentos de Redi no fueron concluyentes porque, aunque las moscas no tuviesen contacto con la carne, podía estar previamente contaminada con microorganismos, indetectables con los métodos de la época.
- 2 Interpreta la imagen.** La presencia de cauces semejantes a los que dejan las corrientes de agua en la Tierra, como los surcos que se aprecian en la foto.
- 3** Para esterilizar matando a los microorganismos que podía contener el caldo.
- 4** Porque la carne en los experimentos de Redi podía estar contaminada por manipulación previa y por los organismos saprófitos que de modo natural se encuentran en los seres vivos. El experimento de Pasteur fue concluyente porque la ebullición del caldo sometido a prueba mató los microorganismos que probablemente contenía.
- 5** R. L.
- 6** El conjunto de cambios químicos que se han producido en nuestro planeta desde su constitución como tal hasta nuestros días.
- 7** El fijismo afirmaba que todas las especies se habían mantenido invariables a lo largo del tiempo. En el evolucionismo se postula que las especies cambian a lo largo del tiempo y pueden dar lugar a otras nuevas.
- 8** George Cuvier (1769-1832), fundador de la paleontología y defensor del fijismo, propuso la teoría del catastrofismo para explicar que, desde que fueron creadas, las especies habían estado expuestas a grandes catástrofes a lo largo de la historia de la Tierra. Estos eventos, como el diluvio universal, serían la causa de muchas extinciones de especies. Los fósiles serían los restos de esas especies desaparecidas.
- 9** R. L.

Saber más

- R. L. Prácticamente en todo. Cuvier defendía el creacionismo y que todas las especies aparecieron al mismo tiempo y han ido desapareciendo a lo largo del tiempo, quedando un número determinado en la actualidad. Lamarck, por el contrario, propuso una explicación del origen de la diversidad de especies materialista y racional, basada en causas naturales que podían ser estudiadas científicamente, llegando a la conclusión de que las especies se transformaban con el tiempo en otras debido a la presión de los cambios en el entorno, el uso o desuso de órganos como consecuencia de los esfuerzos por adaptarse a estas condiciones ambientales, y la existencia de una herencia de caracteres adquiridos en vida.
- 10** Según Lamarck, en función de las necesidades impuestas por el medio natural, los órganos pueden crecer y desarrollarse, e incluso modificar su forma, según el uso que se les dé. Sin embargo, también pueden reducirse y llegar a desaparecer cuando dejan de usarse. Los topos viven en medios oscuros, como las galerías subterráneas. Por consiguiente, desde el origen de esta especie se habrán ido atrofiando hasta casi desaparecer.
 - 11** Lamarck pensaba que los cambios en las condiciones del medio en el que se desarrollan son el motor que impulsa el cambio en los organismos.
 - 12** Porque defiende la herencia de los caracteres adquiridos por presión ambiental, cosa que la investigación genética ha demostrado ser falsa con fuertes pruebas experimentales.
 - 13** R. L. Era una forma de expresar el principio del uso y desuso de los órganos. El uso de un órgano para algo que no estaba en principio preparado acababa transformándolo y estos cambios eran heredados por la descendencia. El desuso de un órgano, la falta de función, lo degeneraba hasta hacerlo desaparecer.

Saber más

- R. L. Entre las respuestas podrían figurar las ovejas de patas cortas (para evitar que salten los cercados), las variedades de trigo resistentes al frío, las naranjas sin pepitas, etc.
- 14** R. M.
 - a.** En el polo norte los animales de color blanco, tanto los predadores como las presas, tienen ventajas sobre los de otro color, ya que pasan inadvertidos al confundirse con la nieve y el hielo. Si imaginamos una población inicial con una variabilidad heredable en su color, se habrá producido una selección natural. Los osos de color más claro, favorecidos por el ambiente, habrán tenido más oportunidades de cazar presas y alimentarse. Debido a ello habrán tenido más descendencia, a la que habrán legado sus características de color, por lo que se habrán ido imponiendo paulatinamente, generación tras generación, a los de pelaje más oscuro. Lo contrario habrá ocurrido con los osos de color marrón en los bosques atlánticos en donde la ventaja mimética favorece al color marrón, semejante al de los troncos de los árboles, la tierra y las hojas caídas.

b. El desarrollo de cornamentas grandes y fuertes es un carácter genético que, en los ciervos, supone una ventaja reproductiva. Las mayores y más fuertes cornamentas constituyen un elemento de ventaja en las luchas entre machos para el acceso a las hembras. Los machos que las posean vencerán en dichos combates, se reproducirán y legarán a su descendencia esa característica.

15 R. M. Lamarck defendía que los cambios producidos en vida como consecuencia de los esfuerzos del organismo por sobrevivir eran transmitidos a la descendencia. Darwin, por el contrario, defendió que en las poblaciones surge variabilidad constantemente y que esta era heredable. Las condiciones ambientales podían variar y el portador de una característica que proporciona ventajas para la supervivencia tenía más probabilidad de reproducirse. Su descendencia heredaría ese carácter ventajoso.

16 R. L. La respuesta debe considerar el fenómeno de la coevolución.

Saber más

- Podría intentar obtener el néctar de otras flores, dado que la longitud de su trompa se lo permite. El problema real sería qué le pasaría a esta especie de orquídea si desapareciera el insecto, puesto que no hay otro organismo tan especializado y la planta se quedaría sin posibilidad de transmitir su polen a otros individuos de su especie.

17 Las mutaciones son una fuente de variabilidad. Si se trata de mutaciones ventajosas, los caracteres nuevos dotarán de ventajas selectivas a las especies mutadas.

18 Las mutaciones perjudiciales, si afectan a caracteres dominantes, se transmiten con dificultad y suelen desaparecer. Si se trata de caracteres recesivos, se transmiten mejor y pueden afectar muy negativamente a la especie puesto que aparecen de tanto en tanto y no suelen desaparecer fácilmente. Las mutaciones neutras no parecen afectar en ningún sentido a las especies.

19 Porque se basa precisamente en la extrema exactitud y precisión en la transmisión de la información genética de una célula a sus dos hijas.

20 La variabilidad en gran parte se debe a procesos aleatorios, como en el caso de muchas mutaciones o por la forma en que se recombinen los cromosomas durante la meiosis.

21 El aumento en la proporción de determinados alelos génicos en una población hace que la probabilidad de ser transmitidos sea mayor. Esto lleva a que los alelos menos abundantes puedan desaparecer, que es lo que ocurre en poblaciones pequeñas debido al fenómeno de deriva genética. También migraciones aleatorias, que puedan afectar a un porcentaje elevado de los alelos que están en minoría, pueden acelerar los cambios evolutivos en las poblaciones.

22 R. L. Tiktaalik tiene escamas y branquias de pez, pero tiene cuello móvil, como muchos animales terrestres.

23 R. G. El orden, de izquierda a derecha, sería: humano, chimpancé, gorila, caballo y cebra.

24 La genética estudia la herencia de los caracteres biológicos. También nos facilita la explicación de los cambios evolutivos. Así, cuando una mutación aparece en una población, la genética molecular nos da la explicación del mecanismo mediante el que opera y de los efectos que produce. Cuando un carácter aumenta o disminuye su frecuencia en una población, la genética de poblaciones calcula las frecuencias que posiblemente presentará ese carácter en el futuro. La genética bacteriana ha demostrado que las mutaciones espontáneas se producen al azar. Las interacciones entre genes que protagonizan la evolución son estudiadas y explicadas por la genética.

25 Que guardan un parentesco biológico entre sí, es decir, que tienen un antecesor común.

26 **Interpreta la imagen.** En realidad no vuela de la manera en que lo hacen las aves. Únicamente planea y esa es la forma en que se desplaza entre los árboles.

27 No, porque aunque pueden cruzarse y tener descendencia, su progenie, los burdéganos, es estéril.

28 R. M. Australia es un continente que en tiempos remotos (hace 225 m.a.) comenzó a separarse de Gondwana. Permaneció unida a la Antártica hacia el final del Cretácico. Desde entonces ha permanecido aislada de las grandes masas continentales. En estas condiciones, la evolución de sus especies ha seguido derroteros diferentes a las de otras que se han mantenido con mayor contacto. Sus especies biológicas se han adaptado a vivir en un territorio con condiciones muy duras (agua escasa, fuerte insolación, diferencias térmicas entre el día y la noche muy acusadas...), lo que ha permitido el desarrollo de adaptaciones especiales que ha determinado la aparición de especies endémicas.

29 R. L. La respuesta podría considerar las hibridaciones entre tigre y leona (tigrón) y entre león y tigresa (ligre).

Saber más

- R. L.

30 A que los organismos permanecen estables (estasis) si no hay cambios en el ambiente que los fuercen a adaptarse. Cuando esos cambios se producen, los seres vivos se adaptan y cambian rápidamente. Este modelo teórico no es incompatible con el neodarwinismo, solo difiere en aspectos como el gradualismo, por cuanto este supone que los cambios son siempre lentos y continuos.

31 La simbiogénesis destaca la existencia de transmisión de genes, o incluso de genomas completos, entre especies, incluso organismos muy diferentes, y defiende que este fenómeno ha sido crucial a lo largo de la evolución y permite explicar saltos evolutivos tan importantes como el origen de la célula eucariota.

Saber más

- R. L. Podría incluir temas conductuales.

32 Permite visualizar el horizonte por encima de la vegetación en busca de árboles o de depredadores. Consume menos energía que la posición cuadrúpeda y el cuerpo recibe

EL ORIGEN Y LA EVOLUCIÓN DE LA VIDA

menos radiación solar y se ventila mejor. Deja libres las manos permitiendo que se desarrollase la capacidad prensil y de manipulación de objetos, lo que alarga y fortalece los dedos.

- 33 Interpreta la imagen.** Coincidieron hace unos 200 000 años *Homo sapiens*, *Homo neanderthalensis* y probablemente algunos *Homo erectus*.

Saber más

- R. L.

34 RESUMEN.

- La generación espontánea de la vida es una creencia que se mantuvo desde la antigüedad hasta que los experimentos de Redi en el siglo XVII y de Pasteur en el XIX demostraron su falsedad.
- La vida apareció en nuestro planeta hace 3800 millones de años. Según la teoría de la panspermia, las formas de vida iniciales llegaron a la Tierra procedentes de otros mundos, viajando en el núcleo de cometas que impactaron sobre la superficie del planeta. Según otros, la vida terrestre se originó en el planeta Tierra, bien en las aguas superficiales de los mares primitivos, bien en aguas profundas en las proximidades de las chimeneas abisales.
- La variabilidad de la vida en la Tierra se explicó a comienzos del siglo XIX mediante las teorías del creacionismo y del fijismo, que defendían que todas las especies conocidas fueron creadas y que han llegado hasta nosotros sin cambios en su forma ni en su función, si bien algunas habrían desaparecido por causas de catástrofes como el diluvio universal.
- Lamarck, a caballo entre los siglos XVIII y XIX, enunció que las especies cambian a lo largo del tiempo porque adquieren caracteres por el uso que transmiten a sus descendientes. Darwin y Wallace defendieron que las especies cambian con el tiempo debido a la selección natural. Esta actúa sobre la variabilidad natural de las especies y favorece a las mejor adaptadas a los cambios ambientales. Las especies seleccionadas se reproducen más y llegan a su descendencia los caracteres ventajosos. El aislamiento de poblaciones por causas geográficas, etológicas, mecánicas, etc., favorece la formación de nuevas especies, ya que los cambios se producen de forma diferente en cada población aislada. La variabilidad natural tiene una fuente de origen externo, las mutaciones, cambios producidos en el material genético y, por tanto, heredable y otra de origen interno, la recombinación y distribución del material genético suministrado por los progenitores.
- Actualmente hay dos teorías evolucionistas que difieren en el ritmo y los cambios evolutivos. La teoría sintética, que recoge las ideas de Darwin e incorpora las aportaciones de la genética, que afirma que los cambios son lentos y graduales y solo cuando su acumulación es crítica se produce la formación de nuevas especies. La teoría del equilibrio puntuado defiende que las especies permanecen invariables durante largos periodos, pero, en determinados momentos, experimentan alteraciones

importantes que las hacen cambiar sustancialmente. Una tercera teoría, la teoría endosimbiótica, postula que la evolución se produce por transferencia de genes e incluso genomas de unos individuos a otros.

- Las pruebas de la evaluación son numerosas y de diversas categorías: paleontológicas, anatómicas, bioquímicas y biogeográficas.
- Nuestra especie es el producto de un largo proceso de evolución cuyas últimas etapas constituyen la hominización. Pasos decisivos en ese proceso son la bipedestación, el incremento del volumen craneal y el muy considerablemente aumento de las capacidades cognitivas, artísticas y manipulativas.
- Numerosos testimonios fósiles avalan la presencia de homínidos en nuestra Península, siendo particularmente interesantes los de El Sidrón, en Asturias; El Castillo, en Cantabria; Axlor, en Vizcaya; la Cova Negra, en Valencia, y, muy recientemente, el de Pinilla del Valle, en la Comunidad de Madrid.

35 R. M.

- Experimento de Redi. Hipótesis inicial: solo se desarrollan gusanos en la carne que ha estado en contacto previo con las moscas. Dispositivo experimental: dos botes en los cuales introduce sendos pedazos de carne, uno de ellos lo tapa con una gasa fina de manera que las moscas no pueden penetrar en el bote y el otro lo deja al aire libre. Resultados: confirman la hipótesis, solo se descompone la carne del bote destapado.
- Experimento de Pasteur. Hipótesis inicial: en un caldo de carne hervido solo crecerán microorganismos si recibe los gérmenes del aire. Dispositivo experimental: en dos matraces de cuello estrecho largo y curvo se depositó una cierta cantidad de caldo de carne que se hirvió durante un tiempo. Terminada la ebullición rompió el cuello de uno de los matraces y mantuvo intacto el otro. Resultados: solo crecieron microorganismos en el matraz del cuello roto al cual podían acceder fácilmente los microorganismos flotantes en el aire. El cuello largo del otro matraz retenía en las paredes los microorganismos, impidiéndoles el acceso al caldo nutritivo.

En ambos casos se concluye que los seres vivos no se generan espontáneamente, sino a partir de otros.

- 36** R. L. Teorías sobre el origen de la vida: generación espontánea (refutada): la vida puede surgir, en cualquier momento, de la materia inanimada; panspermia: la vida se originó en otros mundos y fue «sembrada» en nuestro planeta; biogénesis: la vida se originó en nuestro planeta hace 3800 m.a., aproximadamente, a partir de sustancias inorgánicas, en aguas superficiales o en aguas profundas en las proximidades de humeros abisales.

- 37** La diferencia estriba en que en la teoría del caldo primordial la vida surgió en las aguas superficiales de los océanos o lagos primitivos porque requería la radiación ultravioleta procedente del Sol y la energía eléctrica proveniente de las tormentas. En cambio, la teoría de las fuentes hidrotermales defiende que la vida se produjo en esas emanaciones

situadas en los fondos oceánicos junto a las dorsales oceánicas, a salvo de la radiación solar, pero aprovechando la energía química de las reacciones que en estos lugares se producen.

38 R. G. Lamarck – 1809; Darwin – 1859; Oparin – 1920.

39 Lamarckismo: importancia del ambiente; ley del uso y desuso; y herencia de los caracteres adquiridos. Darwinismo: todas las especies tienen un antepasado común; las especies evolucionan según un proceso continuo lento y gradual; y el principal mecanismo de la selección de las especies es la selección natural.

40 • Postura erguida homínidos:

- Según Lamarck: a fuerza de ponerse de pie, lo que suponía ventajas, los homínidos fueron adquiriendo poco a poco este carácter que legaron a su descendencia.
- Según Darwin: dentro de la variabilidad natural, algunos homínidos tenían más facilidad que otros para ponerse de pie y buscar así el alimento y prevenir el ataque de los predadores. Los mejor alimentados y no heridos o muertos por los animales de las praderas legaron estos caracteres a la progenie.

• Grandes cuernos de ciervos macho:

- Según Lamarck: los grandes cuernos, que sirven para vencer a otros machos y tener acceso a las hembras, se desarrollan si los ciervos luchan mucho. Una vez adquirido este carácter, podrán legarlo a sus descendientes.
- Según Darwin: dentro de la variabilidad natural, algunos ciervos tendrán grandes cuernos. Aquellos ciervos que posean esta cualidad en mayor grado tendrán acceso a las hembras y se reproducirán legando este carácter a su progenie.

41 CONCEPTOS CLAVE.

- Hominización. Proceso de evolución que ha dado lugar a los humanos modernos.
- Bipedismo. Es la capacidad para caminar con los dos pies adoptando la postura erguida. Es la principal adaptación del proceso de hominización.
- Adaptación. Conjunto de cambios anatómicos y fisiológicos que experimenta un ser vivo para responder a los cambios ambientales.

42 • Los órganos **homólogos** tienen la misma estructura interna aunque su función sea diferente.

- Los fósiles **transicionales** son formas intermedias entre dos grandes grupos.
- Cuanto más **parecida** es la secuencia de aminoácidos de una proteína, más estrecha es la relación entre dos especies.
- Hay rasgos que se repiten en especies **diferentes** que viven muy alejadas pero en ambientes **semejantes**.

43 A y B son homólogos. A y C son análogos.

44 Evitan el apareamiento: aislamiento estacional, aislamiento conductual, aislamiento ecológico y aislamiento mecánico.

Impiden la fecundación: aislamiento gamético. Reducen la viabilidad de los híbridos: híbridos con poca o ninguna probabilidad de lograr descendencia fértil.

45 El texto se inscribe dentro del modelo teórico de Lamarck, ya que el uso (tocar con los cuernecillos los objetos) desarrolla el órgano, y este desarrollo se transmite a la descendencia perfeccionándose en cada generación. El texto argumenta a favor de los caracteres adquiridos.

46 Imagen A.

- Según Lamarck: los animales ancestros del pato nadaban con más facilidad cuando poseían pequeñas membranas interdigitales. El uso reiterado de esas membranas en la natación fue utilizado como ventaja por alguno de estos animales, lo que las hizo crecer y desarrollarse, transmitiéndose este carácter a la descendencia.
- Según Darwin: en las poblaciones de patos primitivos, algunos animales tendrían membranas interdigitales incipientes y otros no. Aquellos que las poseían nadaban más rápido y podían alimentarse antes y conseguir a las hembras con más rapidez, con lo cual se reproducían más y transmitían estos caracteres a sus numerosos descendientes.

Imagen B.

- Según Lamarck: el uso casual de la pinza izquierda para conseguir comida y defenderse hizo que esta se desarrollara más rápidamente y creciera más que la otra. Esta capacidad se transmitió a la descendencia, perfeccionándose en cada generación.
- Según Darwin: dentro de la variabilidad en el tamaño y morfología de sus pinzas, en algunos individuos de la población de cangrejos violinistas primitivos se daba un mayor tamaño y desarrollo de la pinza izquierda. Este carácter confería ventaja a los individuos que la poseían para conseguir alimento y para defenderse, y en definitiva favorecía la reproducción de los mismos. Al ser un carácter hereditario, el tamaño mayor de la pinza izquierda se transmitió a sus abundantes descendientes.

- 47** a) Porque es una proteína que participa en un proceso general y común a todos los seres vivos.
- b) El organismo A presenta 45 diferencias con el ser humano. Según el criterio de similitud, el hongo es el ser vivo que menos se parece al ser humano, luego A es Hongo. El organismo C es el más similar al ser humano. Las aves se parecen más a los seres humanos, luego C es Ave. Por exclusión, B es Pez.
- c) De izquierda a derecha: hongo, pez, ave y humano.

Formas de pensar. Análisis científico

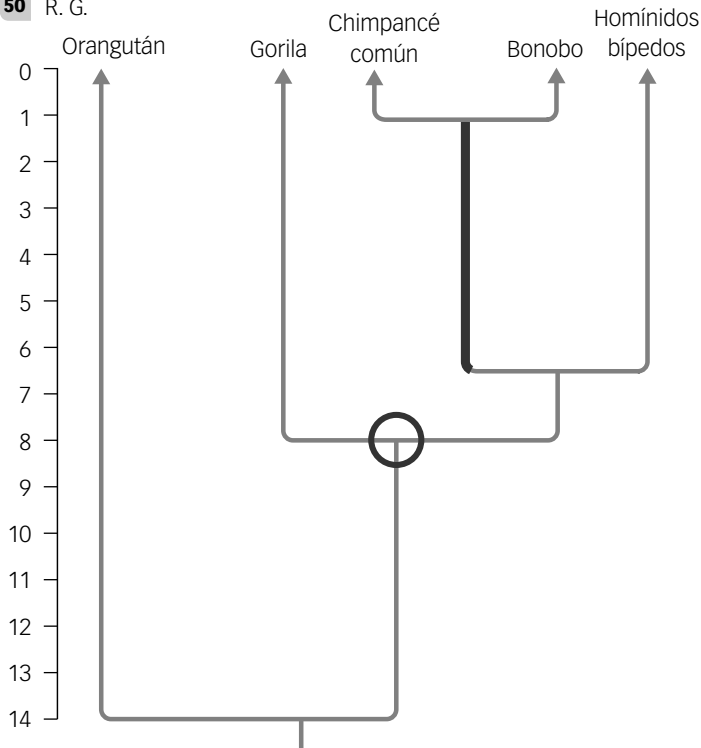
48 **COMPRESIÓN LECTORA.** Porque ningún individuo de la muestra procedente de África presentaba coincidencias con las secuencias neandertales (europeas) ni con las denisovanas (Siberia).

EL ORIGEN Y LA EVOLUCIÓN DE LA VIDA

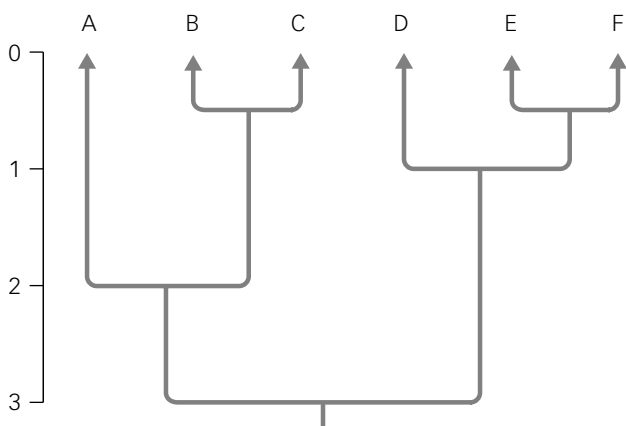
49 EDUCACIÓN CÍVICA. R. L.

Saber hacer

50 R. G.



51 R. G.



52 R. G.

- Es indicado por el número 1. Hace 3 m.a.
- El antepasado más reciente de A y B se sitúa hace 2 m.a (número 2), y es también ancestro común de A, B y C.
- El número 3 indica el último antecesor común de B y C, hace 1,5 m.a. El número 4 indica el último antecesor común de D y E, hace 2 m.a.
- Un millón de años.
- 1,5 m.a.
- La especie E.



Dirección de arte: José Crespo.

Proyecto gráfico: Estudio Pep Carrió.

Fotografía de portada: Leila Méndez.

Jefa de proyecto: Rosa Marín.

Coordinación de ilustración: Carlos Aguilera.

Ilustración: Alademosca il-lustració y Eduardo Leal.

Jefe de desarrollo de proyecto: Javier Tejeda.

Desarrollo gráfico: Raúl de Andrés, Rosa Barriga, Olga de Dios, Jorge Gómez y Julia Ortega.

Dirección técnica: Jorge Mira Fernández.

Coordinación técnica: Francisco Moral.

Confección y montaje: Fernando Calonge, José Yugo y Alfonso García.

Corrección: Ángeles San Román y Nuria del Peso

Cartografía y mapas: Marcos Testón.

Documentación y selección fotográfica: Sergio Aguilera.

Fotografía: ARCHIVO SANTILLANA

© 2016 by Santillana Educación, S. L.

Avenida de los Artesanos, 6

28760 Tres Cantos, Madrid

Printed in Spain

ISBN: 978-84-141-0008-0

CP: 785248

Depósito legal: M-29511-2016

La presente obra está protegida por las leyes de derechos de autor y su propiedad intelectual le corresponde a Santillana. A los legítimos usuarios de la misma solo les está permitido realizar fotocopias para su uso como material de aula. Queda prohibida cualquier utilización fuera de los usos permitidos, especialmente aquella que tenga fines comerciales.