



Cracking the code

ATGCTAGAC**I**GTACGGTGCAACACGTATGTACGTACCCGATG**C**AACACACAGT
ATGTACGATCAGATGGTG**A**CTACTCAGATGGTGACTACACATATGTGCTATGC
AACACGTATGTACGTATGACCCGATGACTGTACGGCTATGATGGTGACTACAC
ATATGT**G**CTATGCAACACGTATGCTATGCGTACCCGATGACAACAGCAAATGT
ACGATCAGATGGTGATGACTACACAGCAATGCTATGCAACAC**G**TATGTACGTA
CCCGATGACAACACACAGTATGTACGATCGCAAACACTACACATATGTGTACGTA

Contenido

Presentación: <i>Cracking the code</i> : Reescribir nuestros genes.....	2
1. Investigación: Experimentos de Griffith y Avery, McLeod y McCarty.....	3
2. Investigación: Experimentos de Chase y Hershey.	5
3. Investigación: Experimento de Chargaff.....	6
4. Investigación: Experimentos de Watson, Crick y Franklin.....	8
5. Investigación: Experimentos de Nirenberg y Khorana.....	10
6. Síntesis: Dogma Central de la Biología Molecular	13
7. Ejercicios de resolución de codificación genética y análisis de mutaciones.	14
8. Espías del ADN	16
9. Píldora: estructura de los genes y las mutaciones	17
10. Píldora: Técnicas y aplicaciones de la Genética Molecular.	18
11. Estudio de Casos.	19
12. Seminario de laboratorio	20
13. Evaluación	21
Guía didáctica, Créditos y Contacto	22

NOMBRE Y APELLIDOS: _____

Presentación: *Cracking the code: Reescribir nuestros genes*

Lee el texto disponible en este enlace y responde a las preguntas:

https://elpais.com/elpais/2019/10/20/ciencia/1571597827_436234.html

Literales:

¿Qué trastornos puede curar la técnica CRISPR?

¿Como se llama el lenguaje en el que se transcribe la información genética del ADN?

¿Qué modificación se ha hecho en el caso de los dos recién nacidos en China?

Inferenciales:

¿Qué querrán decir, cuando dicen "Una molécula de ARN complementaria a la secuencia de ADN"?

¿Qué riesgos puede tener la técnica?

Evaluativas:

¿Si funciona en un tipo de células, significa que ya funciona en todas?

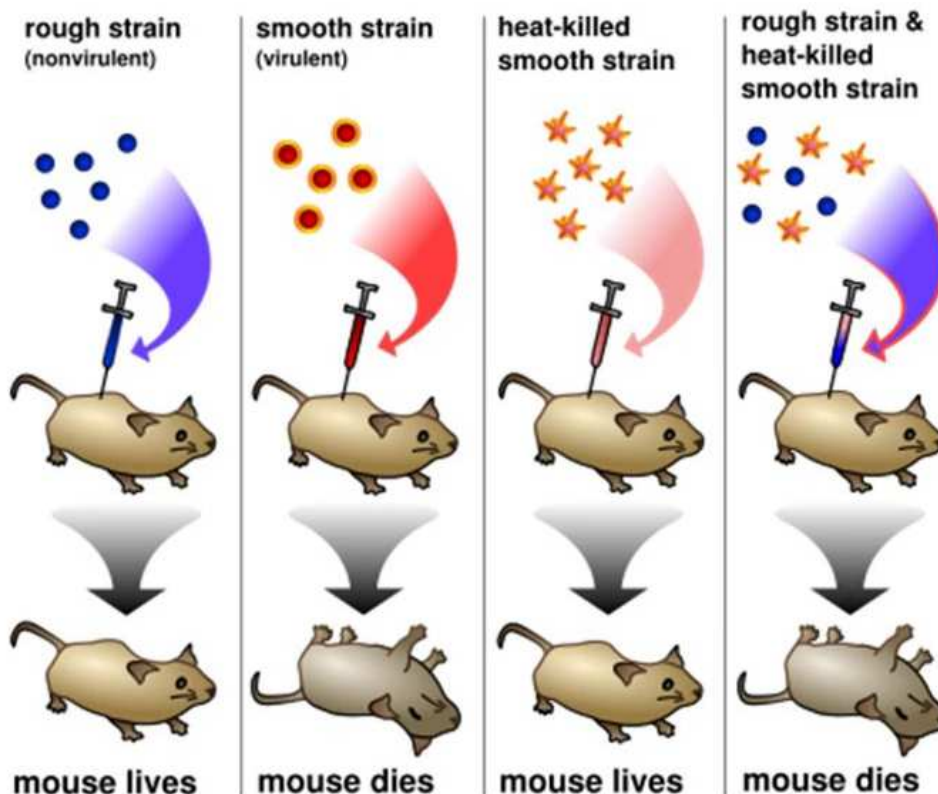
¿Deberíamos autorizar los padres a pedir modificaciones de genes de los hijos?

Ontológicas

Si me modifican un gen que codifica para un neurotransmisor y esto hace que sea mucho más activo y nervioso: ¿sigo siendo yo mismo?

1. Investigación: Experimentos de Griffith y Avery, McLeod y McCarty.

A lo largo de la historia, y después de los experimentos de Mendel aún quedó más claro, se intuía que "algo" pasaba de padres a hijos y en determinaba en parte las características. En muchas ocasiones se consideraba que ese "algo" debía ser de tipo metafísico (alma o similares). Un científico llamado Griffith hizo un experimento con unos tipos ("Strains") de bacterias. Los rugosos (R, Rough) no provocaban ninguna enfermedad grave en los ratones, pero los lisos (S, Smooth) los provocaban incluso la muerte. Griffith comprobó que si inyectaba bacterias S destruidos con calor y los inyectaba con ratones, éstos no morían. En cambio, si mezclaba bacterias S destruidos con bacterias R vivas, entonces las bacterias R sí eran capaces de matar el ratón. Había "algo" -y era algo físico que resistía el calor-que no era capaz de actuar sola, pero transmitía a las bacterias R la información necesaria para matar a los ratones, las "transformaba". La base molecular de la herencia genética debía ser algún tipo de molécula de dentro de las células. Intenta identificar estas situaciones en el esquema:



Avery, McLeod y McCarty repitieron el experimento de Griffith, pero al destruir las bacterias S, y antes de mezclarlos con los R, las trataron con diferentes productos, capaces de destruir diferentes tipos de moléculas: DNAsa (que destruye la ADN), RNAsa (que destruye el ARN) y proteasas (que destruye las proteínas). Después de tratar las diferentes muestras, las mezclaron con bacterias R. En algunos de los casos, las bacterias R se transformaron en S, indicando que habían adquirido la información genética.

A continuación tienes los resultados del experimento, no como sucedieron realmente, sino como habrían podido suceder. Obsérvalos con atención y determina qué habrían indicado estos resultados (Razonamiento Inductivo).

Tratamiento de destrucción	DNAsa	RNAsa	Proteasa	Transformación
1			x	sí
2		x		no
3	x			sí
4	x		x	sí
5	x	x		no

Di en cada caso (V / F) si los resultados de este experimento permiten afirmar que:

- el ADN es la base molecular de los caracteres genéticos
- el ARN es la base molecular de los caracteres genéticos
- las proteínas son la base molecular de los caracteres genéticos
- para que haya transformación es necesario que haya ADN y ARN (ambos)
- para que haya transformación es necesario que haya ADN y ARN (ambos)
- para que haya transformación es necesario que haya ADN y proteínas (ambos)
- los resultados indican que la base molecular de la herencia debe ser alguna otra cosa que no es ni ADN, ni ARN, ni proteínas.
- los resultados de la tabla no nos permiten sacar ninguna conclusión.

Asumiendo que el material genético es el ADN, di cuál habría sido el resultado real de la última columna de la tabla (Razonamiento Deductivo):

Tratamiento de destrucción	DNAsa	RNAsa	Proteasa	Transformación
1			x	
2		x		
3	x			
4	x		x	
5	x	x		

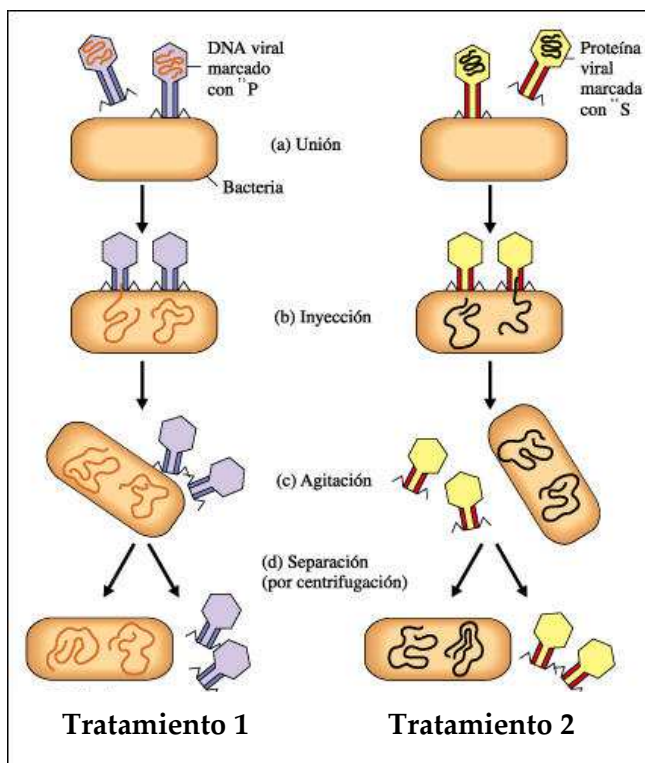
¿Qué hemos aprendido?

2. Investigación: Experimentos de Chase y Hershey.

Completado el experimento de Avery, McLeod y McCarty, parecía que no había duda de que el ADN era el material genético. Pero muchos científicos aún no tenían claro. Lo que les hacía dudar era lo siguiente: las proteínas estaban formadas por largas cadenas de 20 aminoácidos diferentes. En cambio, los ácidos nucleicos como el ADN estaban formados sólo por 4 tipos diferentes de nucleótidos: Adenina, Timina, Guanina y Citosina (A, T, G, C). Y algunos pensaban que con sólo cuatro "letras" era muy difícil codificar la información genética para formar todo un individuo, mientras que 20 "letras" ofrecían muchas más posibilidades químicas (posiblemente debido a que nuestro abecedario tiene cerca de 20 letras. En cambio los ordenadores funcionan con código binario: sólo dos letras, 0 y 1).

Así que los investigadores Martha Chase y Alfred Hershey decidieron hacer una nueva prueba. Si el ADN era la base física de la herencia, cuando se transmitía una información, el ADN se debía de transmitir también físicamente.

Chase y Hershey "marcaron" radiactivamente diferentes partes (proteínas o ADN) de un fago (un virus que infecta bacterias). Los fagos son cápsulas de proteína envolvente ADN, que parasitan las bacterias transmitiéndoles su material genético. Hershey y Chase hicieron el experimento tal como aparece en el gráfico siguiente.



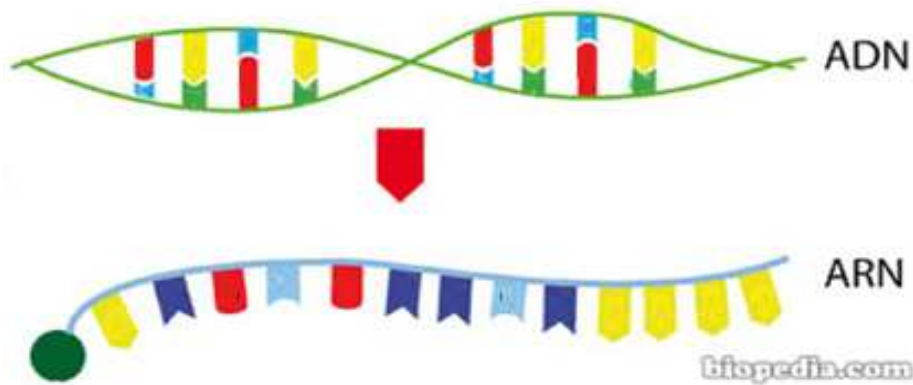
Analiza el experimento y di, en caso de que el ADN sea el material genético, qué resultados esperaríamos (V / F). ()

1. Tratamiento 1 radiactividad en el interior de la bacteria
2. Tratamiento 2 radiactividad en el interior de la bacteria
3. Tratamiento 1 radiactividad al exterior de la bacteria
4. Tratamiento 2 radiactividad al exterior de la bacteria

¿Qué hemos aprendido?

3. Investigación: Experimento de Chargaff

Uno de los métodos que se usa en criptografía (decodificación de mensajes) es analizar las frecuencias de los símbolos: si en un mensaje secreto veo que un símbolo es mucho más frecuente que los demás y en la lengua original la "a" es la letra más frecuente, deberé adivinado que este símbolo es la "a". Y así sucesivamente, también con asociaciones de letras (dos símbolos sólo serán seguramente "el", "la" o "uno"). Erwin Chargaff fue un investigador que analizó las características de los ácidos nucleicos. Describió que los ácidos nucleicos estaban hechos básicamente de un tipo de unidades llamadas nucleótidos, que se unían en largas filas. Un tipo concretos de ácidos nucleicos, el ADN, estaba formado de 4 nucleótidos diferentes: Adenina, Guanina, Citosina y Timina. El ARN es otro tipo de ácido nucleico, y está formado por Adenina, Guanina, Citosina y Uracilo, también en forma de cadena. Chargaff analizó las frecuencias. Se fijó en que había proporciones que se repetían y decidió que, basándose en las proporciones, sólo había una explicación posible: algunas veces, los ácidos nucleicos eran "dobles", formaban una doble cadena, en la que determinados nucleótidos, iban "emparejados": siempre que había uno, a su frente había otro.



A continuación tienes una tabla de resultados del análisis de diferentes ácidos nucleicos. Determina a que corresponden (ARN cadena simple, ARN cadena doble, ADN cadena simple, ADN cadena doble). Explica cómo lo has sabido y cuáles son, a tu juicio, las bases nitrogenadas que se emparejan (razonamiento inductivo).

	A	T	C	G	U
Muestra 1	30	30	20	20	0
Muestra 2	20	25	25	20	0
Muestra 3	15	0	35	35	15
Muestra 4	10	0	35	35	20
Muestra 5	20	30	20	30	0

% de abundancia de cada nucleótido

Muestra 1:_____

Muestra 4:_____

Muestra 2:_____

Muestra 5:_____

Muestra 3:_____

Construimos una explicación:

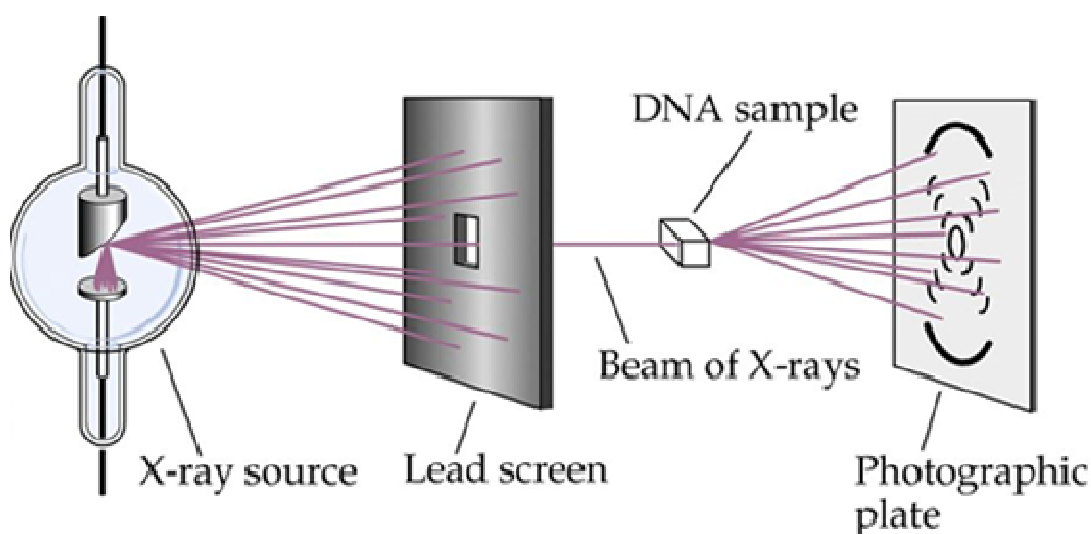
Usamos conectores para describir los datos (*en cambio, por otra parte, en comparación ...*).

Y para justificar nuestra conclusión (*como que, ya que, por tanto, en consecuencia ...*)

¿Qué hemos aprendido?

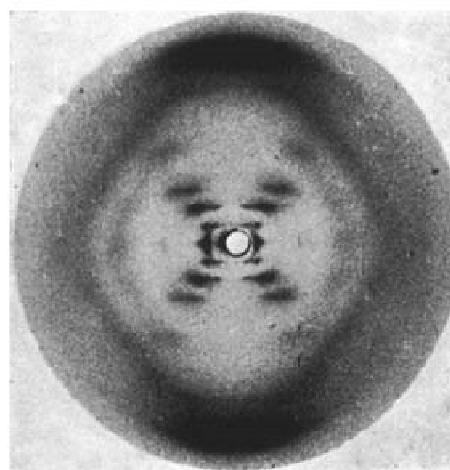
4. Investigación: Experimentos de Watson, Crick y Franklin

Llegados a este punto, todo el mundo parecía tener más o menos claro que el ADN era el material genético y que de alguna manera tenía que formar una doble cadena. Pero el ADN es demasiado pequeño como para verlo directamente. Los investigadores Rosalind Franklin, Maurice Wilkins, Francis Crick y James Watson eran expertos en analizar moléculas mediante una técnica, llamada "difracción de rayos X" que permitía dirigir de forma muy precisa rayos X en una muestra, y veían como eran desviados, deducir características de su estructura.



Observa el montaje del experimento. Porque hay una pantalla de plomo? (Lead Screen). ¿Qué pasaría si no estuviera? ¿Qué función tiene el papel fotográfico? (Photographic Plate) ¿Qué podemos deducir sobre la relación entre los rayos X y el papel fotográfico?

Los investigadores lograron el espectro de difracción de rayos X y así pudieron deducir la estructura.



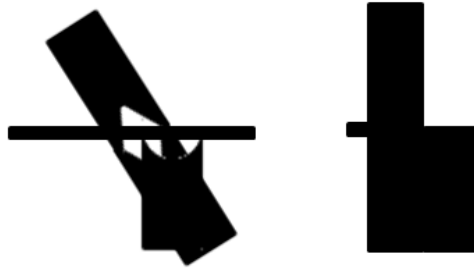
Ahora tu harás algo parecido.

Aquí debajo tienes el espectro (la "sombra") que se ha conseguido al analizar diversas moléculas (caso 1, 2 y 3) desde dos direcciones o perspectivas diferentes. Lo que ves de color blanco son los espacios donde no hay partes de la molécula. La molécula está hecha de piezas que no puedes plegar, ni recortar. Tienes todas las piezas posibles En el gráfico de la derecha. Intenta reconstruirla, sabiendo que debe ser tridimensional y que tú estás viendo su sombra.

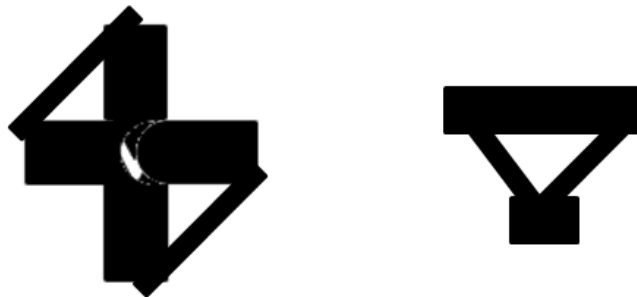


En 3D

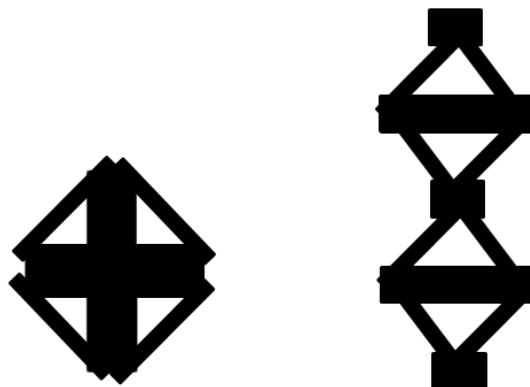
CASO 1



CASO 2



CASO 3



¿Qué hemos aprendido?

5. Investigación: Experimentos de Nirenberg y Khorana.

Nirenberg y Khorana estaban intrigados por los resultados de los experimentos de Chase y Hershey. Ellos eran químicos y sabían que el ADN no era estructuralmente demasiado diverso (es decir, podía adoptar sólo unas pocas formas) y esto implicaba que quien hacía las diferentes funciones debían ser las proteínas (estructuralmente más diversas). Parecía por los experimentos anteriores que de alguna manera el ADN contenía información para "fabricar" las proteínas.

Nirenberg y Khorana prepararon muestras de aminoácidos y componentes de la célula e introdujeron diferentes oligonucleótidos (cadenas de nucleótidos) generados artificialmente. Vieron que en cada muestra aparecían péptidos (cadenas de proteínas) diferentes.

Formar Equipos de 3 personas. En diferentes etapas se le darán varias secuencias de ADN y las correspondientes secuencias de proteína, identificadas por aminoácidos. (Disponibles en: <https://sites.google.com/a/xtec.cat/hacking-the-code/home>). Deben intentar descubrir cómo funciona el sistema (**razonamiento inductivo**) Anotar los consensos a los que se llegue sobre cómo funciona el sistema, usando en cada etapa los iniciadores: *Estamos bastante seguros de que porque ...* | *No estamos muy seguros de ... porque ...* | *No sabemos ...*

Equipo número:

Etapa 1

Etapa 2

Etapa 3

Etapa 4

ESPACIO para SISTEMATIZAR/ORDENAR los procesos

Etapa 5

Diseñar ahora 3 mutaciones de alguno de los oligonucleótidos (inserción, delección, sustitución) que ha analizado hasta ahora, para confirmar / descartar una teoría o para ampliar lo que sabéis. El profesor / a comunicará el resultado de su experimento.

Secuencia ADN original	Cambio ADN que proponéis	Qué esperáis que pase (proteína)	Qué e ha pasado (proteína)
------------------------	--------------------------	----------------------------------	----------------------------

¿Qué hemos aprendido ?

7. Ejercicios de resolución de codificación genética y análisis de mutaciones.

Apartado 1) Observa cuidadosamente la siguiente tabla y determina:

1. Qué norma rige la información de la segunda columna (sabiendo que se corresponde con la primera).
2. Para cada secuencia de ADN cuál es la secuencia de la proteína que le corresponde. Usa el código: <https://bit.ly/2r3R9Vr>
3. Determina que mutación en el ADN tiene un efecto más grave en la proteína y justifica por qué. Usa en tu argumentación los términos: delección, sustitución, nucleótido, cambio en la pauta de lectura, codón, aminoácido y stop.

DNA	mRNA	Proteína
1. Original DNA = CGTTCATGGACT GCAAGTACCTGA	CGU UCA UGG ACU	arg – ser – trp – thr
2. Mutation = CCGTCATGGACT GCC <u>AG</u> TACCTGA (nucleotide change underlined)	_____	_____
3. Mutation = CGT <u>G</u> CATGGACT ----- (nucleotide change underlined)	_____	_____
4. Mutation = CGTTCA_____ _____ <u>G</u> TACT <u>T</u> GA (nucleotide change underlined)	_____	_____
5. Mutation = ----- GAAGTACCTGA (first C deleted)	_____	_____
6. Mutation = ----- GCAAGTACTGA (second C deleted)	_____	_____

Apartado 2) A partir de la siguiente secuencia:

TTT__TATGACTGT_____AATAACATCGA
AAACTAT_____ACAAACGTTTA_____GCT

- 1) completa los fragmentos.
- 2) Escribe la secuencia resultante de la transcripción.
- 3) Escribe la secuencia resultante de la traducción.
- 4) Representa y explica las consecuencias que tendría la eliminación de la sexta T (cadena de arriba).
- 5) Representa y explica las consecuencias que tendría la sustitución de la sexta A por G (cadena de arriba).

Apartado 3) Habrás observado que hay codones sinónimos (dos tripletes de ADN que significan lo mismo). Diseña una secuencia de ADN en la que se puedan hacer hasta 4 mutaciones sin que ello provoque un cambio en la proteína.

¿Qué hemos aprendido?

8. Espías del ADN

Se encontraron diferentes documentos relacionados con el descubrimiento del ADN, pero están desordenados. Analiza los documentos e identifica para cada documento toda la información que puedas extraer. Describe también si es una libreta de laboratorio, un apartado de material y métodos de un artículo, unos resultados, una carta entre científicos ... Marca también en qué etapa de investigación te parece que se corresponde cada documento a) descubrir qué molécula es la base molecular de la herencia; b) descubrir qué estructura tiene; c) descubrir cómo almacena información. Documentos en:

<https://app.box.com/s/dhkptaw68qnepyrzkxuvlu3aqcizibzx/folder/92964422645>

DOC 1	
	a
	b
	c
DOC 2	
	a
	b
	c
DOC 3	
	a
	b
	c

Responde a las preguntas partiendo de lo que has visto en los documentos:

- Los/las científicos/as trabajan solos / en equipos independientes / en redes de equipos.
- Los/las científicos/as para conocer acumulan "pistas" / aciertan a la primera / hacen y deshacen.
- Los/las científicos/as son ordenados / desordenados, pacientes / impacientes, creativos/no creativos, rigurosos/dejados.
- Los/las científicos/as son amables/hoscos, sociales/antisociales, obsesivos/dispersos

Lee ahora este hilo de Twitter. ¿Sigues pensando lo mismo?

https://twitter.com/Pulgar_Panda/status/1193568643734482944?s=19

9. Píldora: estructura de los genes y las mutaciones

Explicaciones docente. #Splicing #Genoma #Genes reguladores #Promotor
#Mutaciones puntuales #Macromutaciones #Recombinaciones #Translocaciones
#Duplicaciones genómicas

10. Píldora: Técnicas y aplicaciones de la Genética Molecular.

Explicaciones docentes: #Transgénicos, #Terapia génica, #Síntesis heteróloga, #Clonación (reproductiva y terapéutica), #Diagnóstico y Reproducción asistida, #Consejo Genético, #Fármaco-Genómica. #CRISPR.

11. Estudio de Casos.

Trabajaremos por equipos. Analizaremos las siguientes situaciones e intentaremos llegar a un acuerdo sobre qué estrategia sería más útil y que elementos o procesos habría que usar.

Situaciones

- 1) Un paciente ha perdido gran parte de su hígado hay que reemplazarlo.....
- 2) Debido a una mutación puntual, un paciente sufre una enfermedad crítica y queremos resolverla sin que necesite tratamientos médicos posteriores.....
- 3) Una vacuna se basa en una proteína de un agente infeccioso. Para vacunar a una población, se necesitan grandes cantidades de esta proteína.....
- 4) Mediante varios cruces, se ha conseguido un ejemplar de vaca que da mucho rendimiento económico. Queremos obtener individuos idénticos a este.....
- 5) Para estudiar el desarrollo embrionario de los ratones, nos hace falta generar ratones con la piel verde

<u>Estrategias</u>	<u>Elementos o procesos</u>
Terapia génica	Des-diferenciación
Transgénicos	Enzimas de restricción
Síntesis heteróloga	Virus
Clonación reproductiva	Bacterias
Clonación terapéutica	Células madre
	Genes de otra especie

Pregunta de reflexión: existen personas que se oponen al uso de biotecnologías no por sus riesgos o consecuencias negativas, sino por una aversión general a todo lo que es tecnológico. Esto se denomina tecnofobia. También existen personas que apoyan el uso de biotecnologías no por sus ventajas o posibilidades, sino por una atracción general para todo lo que es tecnológico. Esto se denomina tecnófilos. La tecnofobia y la tecnofilia pueden provocar que dejemos de aplicar soluciones tecnológicas adecuadas o que usamos la tecnología sin valorar los riesgos o para resolver cosas que quizás tienen otras vías de resolución no tecnológicas. ¿Se te ocurre algún caso relacionado con lo que estamos hablando?

12. Seminario de laboratorio

En este apartado, hay que estructurar su argumentación de cada uno de los casos, en primer lugar hay que describir el caso (*en cambio, por otra parte, en comparación ...*) y en segundo lugar para justificar nuestra solución (*como que , ya que, por tanto, en consecuencia ...*)

Caso 1:

Caso 2

Caso 3

Caso 4

Caso 5

13. Evaluación

He completado adecuadamente las etapas... Valora con la ayuda de un compañero / a si has completado lo que se te pedía y si has participado de forma correcta a la actividad.	/10
GLOBAL/10	

Considero que he aprendido...	
GLOBAL/10	

Auto-avaluación del producto final	
GLOBAL/10	

Teniendo presente lo que he trabajado, lo que he aprendido y como he sido capaz de usarlo, como nota global de la actividad califico mi trabajo con un:

...../ 10

Guía didáctica, Créditos y Contacto

Esta actividad se dirige a alumnado de 4 ESO o bachillerato, para trabajar las bases de la Genética molecular y sus aplicaciones. La actividad recorre varios experimentos clave de la historia de la ciencia en la construcción del Dogma Central de la Biología Molecular para que los alumnos participen en primera persona en su construcción, desarrollando habilidades de razonamiento científico (razonamiento inductivo, deductivo, diseño de experimentos) como preguntas TSS, e indagación.

En la actividad, los alumnos analizan los resultados de diferentes experimentos clave del descubrimiento del ADN en la historia de la ciencia (Griffith, Avery, McLeod y McCarthy, Chargaff, Watson, Crick, Wilkins y Franklin, Nirenberg y Khorana) y los resuelven haciendo razonamientos análogos a los que hicieron los científicos en su momento. También analizan diferentes documentos históricos reales (páginas de libretas de laboratorio, cartas entre investigadores, fragmentos de artículos científicos) para asociarlos a diferentes puntos del proceso de la construcción del dogma central de la biología molecular y para acercar a los alumnos a una visión humanizada de los científicos. Finalmente, los alumnos deben proponer qué técnica en concreto (transgénicos, terapia génica, clonación terapéutica, ...) puede servir para resolver varios casos propuestos.

La actividad amplía otra actividad desarrollada anteriormente con el mismo nombre (*Hacking the code*), que giraba únicamente alrededor del experimento de Nirenberg y Khorana. La actividad se va modificando en las sucesivas aplicaciones. Esta es la versión 1.3.2020. La actividad se puede descargar en:

<https://app.box.com/s/dhkptaw68qnepyrzkxuvlu3aqcizibzx>

Para la aplicación hay que prever que puede ser útil también descargar e imprimir materiales para la etapa 5 que se encuentran en: <https://sites.google.com/a/xtec.cat/hacking-the-code/home>.

Esta actividad implica que, en determinados momentos, el docente tenga que dar explicaciones magistrales para introducir o consolidar conceptos. Se ha especificado con # las palabras clave para cada explicación. En la etapa 8 es necesario que los alumnos indaguen sobre diversas fuentes primarias como actividad de síntesis de las etapas previas. Las fuentes y claves para interpretar cada documento son:

Doc 1	http://scarc.library.oregonstate.edu/coll/pauling/dna/notes/1952a.22.html
<p>Se trata de una hoja de la libreta de laboratorio de Linus Pauling. Notar que trata de la elucidación de la estructura de los ácidos nucleicos, que parecería tienen un diámetro de 18,2 o 19,6 Angstroms. Interesante como en un momento dado media 1,12 Angstroms por residuo, y dice haber observado 3,34 Angstroms, donde se formula la pregunta "Quizás es una triple cadena?". Ver como relata haber ido a un seminario de otro investigador Robbey Williams, que hablaba de unas fibras de 15 Angstroms, que se entiende que se ha deducido por comparación con esferas de 250 Angstroms de la misma imagen. Destaca que le ha preguntado el tamaño (seguramente porque no cuadra con la que él tiene). Finalmente menciona la expresión "Sólo un diámetro" y parece representar 3 residuos situados en círculo, como formando un cilindro, lo que</p>	

<p>podría ser una manera de resolver como tener un diámetro diferente de 3 veces el de un solo residuo. Notar que en una sola hoja de libreta de laboratorio menciona el trabajo de al menos 3 otros investigadores: "Antony says", Robbey Williams y la cita final de Horowovitz et al.</p>	
Doc 2	<p>http://jem.rupress.org/content/jem/79/2/137.full.pdf</p>
<p>Es una página del artículo original de Avery, McLeod y McCarthy. Notar que se muestran resultados de análisis de colonias R y S, y que han probado muchas condiciones diferentes (diluciones, diferentes temperaturas de inactivación ... También midió varias cosas (crecimiento difuso, formación de colonias). Notar que han hecho triplicados y muestran los resultados de las tres réplicas. Comentar que tanta reproducibilidad es sospechosa y si les parece que este es el resultado de la primera vez que hicieron el experimento entero. Notar la palabra "Control" y su sentido como controladora de sesgos.</p>	
Doc 3	<p>https://profiles.nlm.nih.gov/spotlight/jj/catalog/nlm:nlmuid-101584910X82-doc</p>
<p>Carta de Nirenberg a un investigador japonés sobre los progresos y dificultades en la elucidación del código genético. Notar la cantidad de nombres de otros investigadores y países que aparecen. También las menciones a la diversión.</p>	

La aplicación de la actividad y los marcos didácticos en los que se ubica se describen en:

- *Proyectando BioGeo*, un itinerario de trabajo por proyectos contextualizados basado en la indagación y la Naturaleza de la Ciencia. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales* (2017), 89, 54-61. J.Domènech-Casal. <https://wp.me/p25seH-ob>
- *Hacking the code*: una aproximación indagadora en la enseñanza del código genético, o siguiendo los pasos de Nirenberg i Khorana. *Revista Ciències* (2013) 25, 20-25 J. Domènech. <https://wp.me/p25seH-di>
- *Cracking the genetic code: replicating a scientific discovery*. *Science in school* (2016), 36, 47-51. J.Domènech-Casal. <https://wp.me/p25seH-pF>
- *Protocol TestingScienceSkills*: una herramienta sencilla para diseñar preguntas de examen para la evaluación de las habilidades científicas del alumnado. *Revista Ciències* (2015) 30, 20-28. Elisa Goytia, Isabel Besson, Jordi Domènech-Casal. <https://wp.me/p25seH-l5>
- *Aprenedizaje Basado en Proyectos, Trabajos prácticos y Controversias. 29 experiencias y reflexiones para enseñar Ciencias*. Octaedro: Barcelona. Jordi Domènech Casal. <https://wp.me/p25seH-HD>



Créditos, Licencias y contacto

Esta actividad ha sido creada por Jordi Domènech-Casal, profesor de Ciencias en el Instituto Marta Estrada. Contacte: jdomen44@xtec.cat | [@jdomenechca](https://www.instagram.com/jdomenechca) | <https://jordidomenechportfolio.wordpress.com>

La actividad forma parte del itinerario de actividades para Biología y Geología de 4º de ESO [ProyectandoBioGeo](https://sites.google.com/site/proyectandobiogeo/): <https://sites.google.com/site/proyectandobiogeo/>

La actividad original fue creada en Catalán y ha sido traducida al Castellano por la Gloria Aguilar Recuenco, profesora de Secundaria en La Salle de Almería.

La actividad se ofrece con licencia CopyLeft, se permite su uso, reproducción y generación de versiones con la única limitación de que no puede ser con fines económicos y se debe compartir con una licencia similar.

Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual CC BY-NC-SA

Excepciones a esta licencia: las imágenes insertadas se han extraído de internet, pueden tener su propia licencia y no se permite su distribución ni reproducción sin consultar a los autores originales.



Marco Curricular

(referido al currículum de Cataluña)

Contenidos

Investigación y experimentación

o Proyecto de investigación. Posibles estrategias para afrontar la búsqueda de respuestas a una pregunta en el ámbito científico escolar: formulación de preguntas investigables, hipótesis, diseño experimental, obtención de datos, resultados y conclusiones.

La vida, conservación y cambios

o Los cromosomas y el ciclo celular. Mitosis y meiosis.

o El ADN. Composición, estructura y funciones biológicas. Concepto de gen. Análisis de cariotipos. Las mutaciones.

o Variabilidad de los seres vivos: caracteres hereditarios y no hereditarios. Genotipo y fenotipo.

o La teoría cromosómica de la herencia y el modelo de herencia mendeliana. Determinación cromosómica del sexo. Herencia ligada al sexo. Enfermedades hereditarias. Diagnóstico prenatal.

o Técnicas y aplicaciones de la ingeniería genética en diferentes campos (alimentos transgénicos, clonación y genoma humano) y las repercusiones en los seres humanos y en los ecosistemas.

Criterios de evaluación

- Planificar y llevar a cabo una investigación experimental para resolver problemas científicos sencillos, que conlleven la realización de todas las fases del proceso de investigación y comunicar el proceso y los resultados mediante un informe escrito y una presentación.
- Interpretar la transmisión de algunos caracteres hereditarios, incluyendo ciertas enfermedades, mediante mecanismos genéticos.
- Reconocer las características básicas del ciclo celular y describir el proceso de la reproducción celular, identificando las diferencias y similitudes básicas entre la mitosis y la meiosis para interpretar su significado biológico.
- Relacionar algunos métodos de ingeniería genética con sus bases científicas. Valorar las

implicaciones éticas de algunas de estas técnicas.

- Relacionar la replicación del ADN con la conservación de la información genética y con el concepto de gen.

Competencias

- Competencia 2. Identificar y caracterizar los sistemas biológicos y geológicos desde la perspectiva de los modelos, para comunicar y predecir el comportamiento de los fenómenos naturales.
- Competencia 4. Identificar y resolver problemas científicos susceptibles de ser investigados en el ámbito escolar, que impliquen el diseño, la realización y la comunicación de investigaciones experimentales.
- Competencia 6. Reconocer y aplicar los procesos implicados en la elaboración y validación del conocimiento científico.
- Competencia 10. Tomar decisiones con criterios científicos que permitan prever, evitar o minimizar la exposición a los riesgos naturales.
- Competencia 15. Dar respuesta a las cuestiones sobre sexualidad y reproducción humanas, a partir del conocimiento científico, valorando las consecuencias de las conductas de riesgo.