



# Cracking the code

ATGCTAGAC**T**GTACGGTGCAACACGTATGTACGTACCCGATG**C**AACACACAGT  
ATGTACGATCAGATGGT**G**A**A**CTACTCAGATGGTGACTACACATATGTGCTATGC  
AACACGTATGTACGTATGACCCGATGACTGTACGGCTATGATGGTGACTACAC  
ATATGT**G**CTATGCAACACGTATGCTATGCGTACCCGATGACAACAGCAAATGT  
ACGATCAGATGGTGATGACTACACAGCAATGCTATGCAACAC**G**TATGTACGTA  
CCCGATGACAACACACAGTATGTACGATCGCAA**A**CTACACATATGTGTACGTA

Presentació: <i>Cracking the code</i> : Reescrivint els nostres gens.....	2
1. Recerca . Experiments de Griffith i Avery, McLeod i McCarty.....	3
2. Recerca. Experiments de Chase i Hershey. ....	5
5. Recerca : Experiments de Nirenberg i Khorana .....	10
6. Síntesi: Dogma Central de la Biologia molecular .....	13
7. Exercicis de resolució de codificació genètica i anàlisi de mutacions. ....	15
8. Espies de l'ADN .....	17
10. Píndola: Tècniques i aplicacions de la Genètica Molecular. ....	19
11. Estudis de Cas.....	21
12. Seminari de laboratori .....	22
13. Avaluació .....	23
Guia didàctica, Crèdits i Contacte .....	24

NOM i COGNOMS.....

## **Presentació: *Cracking the code*: Reescrivint els nostres gens**

Llegeix el text disponible en l'enllaç i respon a les preguntes:

[https://elpais.com/elpais/2019/10/20/ciencia/1571597827\\_436234.html](https://elpais.com/elpais/2019/10/20/ciencia/1571597827_436234.html)

Enllaç alternatiu: <https://bit.ly/2WvLaUJ>

### **Literals**

Quins trastorns pot guarir la tècnica CRISPR?

Com es diu el llenguatge en el què es transcriu la informació genètica de l'ADN?

Quina modificació s'ha fet en el cas dels dos nadons nascuts a Xina?

### **Inferencials**

Què deuen voler dir, quan diuen "Una molècula de ARN *complementaria* a la secuencia de ADN"?

Quins riscos pot tenir la tècnica?

### **Avaluatives**

Si funciona en un tipus de cèl·lules, vol dir que ja funciona en totes?

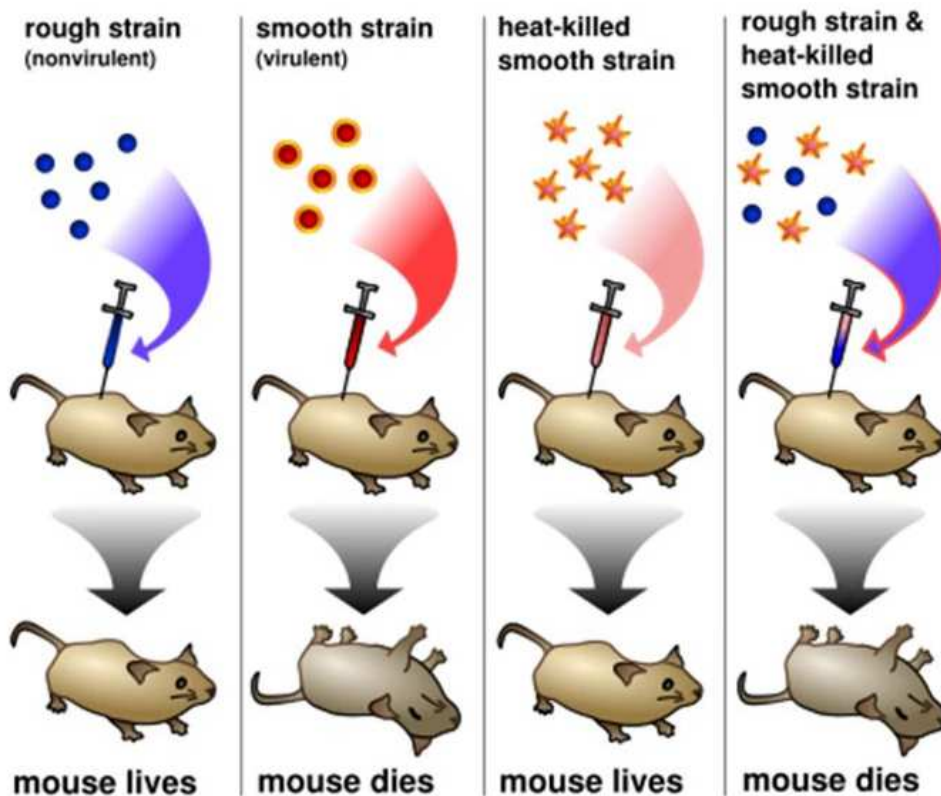
Hauríem d'autoritzar els pares a demanar modificacions de gens dels fills?

### **Ontològiques**

Si em modifiquen un gen que codifica per un neurotransmissor i això fa que sigui molt més actiu i nerviós: continuo essent jo mateix?

## 1. Recerca . Experiments de Griffith i Avery, McLeod i McCarty.

Al llarg de la història, i després dels experiments de Mendel encara va quedar més clar, s'intuïa que "alguna cosa" passava de pares a fills i en determinava en part les característiques. En moltes ocasions es considerava que aquesta "cosa" havia de ser de tipus metafísic (ànima o similars). Un científic anomenat Griffith va fer un experiment amb uns tipus ("Strains") de bacteris. Els Rugosos (**R, Rough**) no provocaven cap malaltia greu en els ratolins, però els llisos (**S, Smooth**) els provocaven fins i tot la mort. Griffith comprovà que si injectava bacteris S destruïts amb calor i els injectava amb ratolins, aquests no morien. En canvi, si barrejava bacteris S destruïts amb bacteris R vius, llavors els bacteris R sí eren capaços de matar el ratolí. Hi havia "alguna cosa"-i era una cosa física que resistia l'escalfor-que no era capaç d'actuar sola, però transmetia a les bacteries R la informació necessària per a matar els ratolins, les "Transformava". La base molecular de l'herència genètica havia de ser algun tipus de molècula de dins les cèl·lules. Intenta identificar aquestes situacions en l'esquema:



Avery, McLeod i McCarty van repetir l'experiment de Griffith, però en destruir els bacteris S, i abans de barrejar-los amb els R, els tractaren amb diferents productes, capaços de destruir diferents tipus de molècules: DNAssa (que destrueix l'ADN), RNAssa (que destrueix l'ARN) i Proteassa (que destrueix les proteïnes). Després de tractar les diferents mostres, les van barrejar amb bacteris R. En alguns dels casos, els bacteris R es van transformar en S, indicant que havien adquirit la informació genètica.

Tot seguit tens els resultats de l'experiment, **no com van succeir realment**, sinó com haurien pogut succeir. Observa'ls amb atenció i determina què haurien indicat aquests resultats (**Raonament Inductiu**).

Tractament de destrucció	DNAssa	RNAssa	Proteassa	Transformació?
1			x	sí
2		x		no
3	x			sí
4	x		x	sí
5	x	x		no

Digues en cada cas (V / F ) si els resultats d'aquest experiment permeten afirmar que:

1. l'ADN és la base molecular dels caràcters genètics
2. l'ARN és la base molecular dels caràcters genètics
3. les proteïnes són la base molecular dels caràcters genètics
4. perquè hi hagi transformació cal que hi hagi ADN i ARN (ambdós)
5. perquè hi hagi transformació cal que hi hagi ADN i ARN (ambdós)
6. perquè hi hagi transformació cal que hi hagi ADN i proteïnes (ambdós)
7. els resultats indiquen que la base molecular de l'herència ha de ser alguna altra cosa que no és ni ADN, ni ARN, ni proteïnes.
8. els resultats de la taula no ens permeten treure cap conclusió.

Assumint que el material genètic és l'ADN, digues quin hauria estat el resultat real de la darrera columna de la taula (**Raonament Deductiu**):

Tractament de destrucció	DNAssa	RNAssa	Proteassa	Transformació?
1			x	
2		x		
3	x			
4	x		x	
5	x	x		

Què hem après?

## 2. Recerca. Experiments de Chase i Hershey.

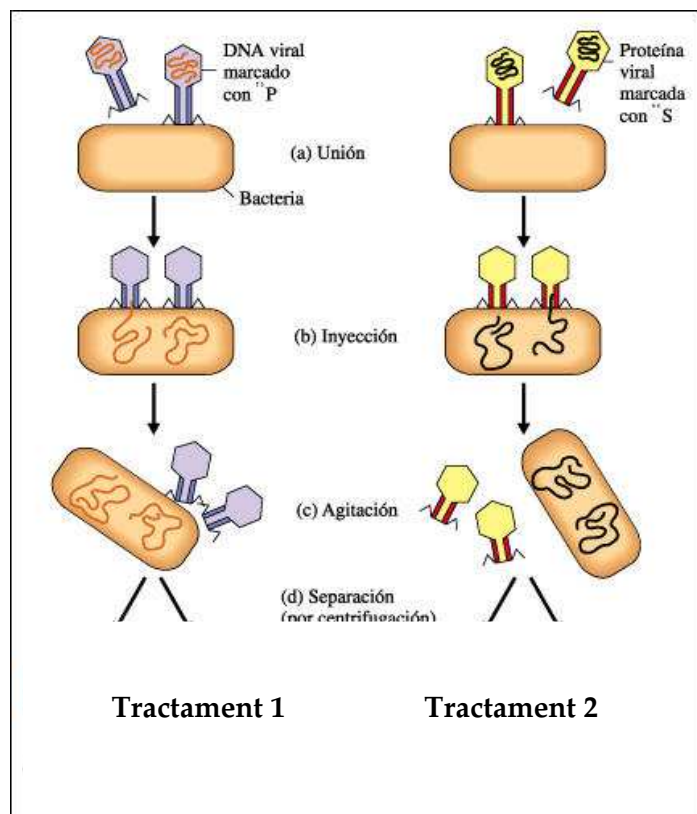
Completat l'experiment de Avery, McLeod i McCarty, semblava que no hi havia dubte que l'ADN era el material genètic. Però molts científics van tenir dubtes: el que els feia dubtar era el següent: les proteïnes estaven formades per llargues cadenes de 20 aminoàcids diferents. En canvi, els àcids nucleics com l'ADN estaven formats només per 4 tipus diferents de nucleòtids: Adenina, Timina, Guanina i Citosina (A,T,G,C). I alguns pensaven que amb només quatre "lletres" era molt difícil codificar la informació genètica per a formar tot un individu, mentre que 20 "lletres" oferien moltes més possibilitats químiques (possiblement pel fet que el nostre abecedari té prop de 20 lletres. En canvi els ordinadors funcionen amb codi binari: només dues lletres, 0 i 1). Així que els investigadors **Marta** Chase i Alfred Hershey van decidir fer una nova prova. Si l'ADN era la base física de l'herència, quan es transmetia una informació, s'havia de transmetre d'un lloc a l'altre també l'ADN físicament.

Chase i Hershey van "marcar" radioactivament diferents parts (proteïnes o ADN) d'un fag (un virus que infecta bacteris). Els fags són càpsules de proteïna envoltant ADN, que parasiten els bacteris transmetent-los el seu material genètic. Hershey i Chase van fer l'experiment tal com apareix al gràfic següent.

Analitza l'experiment i digues, en cas de que l'ADN sigui el material genètic, quins resultats esperaríem (V/F). ( )

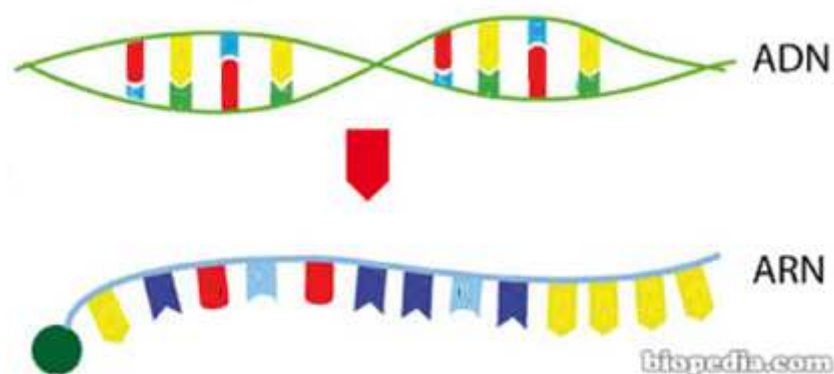
1. Tractament 1 radioactivitat a l'interior del bacteri
2. Tractament 2 radioactivitat a l'interior del bacteri
3. Tractament 1 radioactivitat a l'exterior del bacteri
4. Tractament 2 radioactivitat a l'exterior del bacteri

Què hem après?



### 3. Recerca: Experiments de Chargaff

Un dels mètodes que s'usa en criptografia (descodificació de missatges) és analitzar les freqüències dels símbols: si en un missatge secret veig que un símbol és molt més freqüent que els altres i en la llengua original la "a" és la lletra més freqüent, hauré endevinat que aquest símbol és la "a". I així successivament, també amb associacions de lletres (dos símbols sols seran segurament "el", "la" o "un"). Erwin Chargaff fou un investigador que analitzà les característiques dels àcids nucleics. Descrigué que els àcids nucleics estaven fets bàsicament de poc tipus d'unes unitats anomenades nucleòtids, que s'unien en llargues fileres. Un tipus concrets d'àcids nucleics, l'ADN, estava format de 4 nucleòtids diferents: Adenina, Guanina, Citosina i Timina. L'ARN és un altre tipus d'àcid nucleic, i està format per Adenina, Guanina, Citosina i Uracil, també en forma de cadena. Chargaff va analitzar les freqüències. Es va fixar en que hi havia proporcions que es repetien i va decidir que, basant-se en les proporcions, només hi havia una explicació possible: alguns cops, els àcids nucleics eren "dobles", formaven una doble cadena, en la que determinats nucleòtids, anaven "aparellats": sempre que n'hi havia un, al seu davant hi havia l'altre.



A continuació tens una taula de resultats d'anàlisi de diferents àcids nucleics. Determina a què corresponen (ARN cadena simple, ARN cadena doble, ADN cadena simple, ADN cadena doble). ds: *double-stranded*, cadena doble. ss: *single-stranded*, cadena simple. Explica com ho has sabut i quines són, al teu parer, les bases nitrogenades que s'aparellen (**raonament inductiu**).

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

% d'abundància de cada nucleòtid

Mostra 1:\_\_\_\_\_

Mostra 4:\_\_\_\_\_

Mostra 2:\_\_\_\_\_

Mostra 5:\_\_\_\_\_

Mostra 3:\_\_\_\_\_

Construïm una explicació:

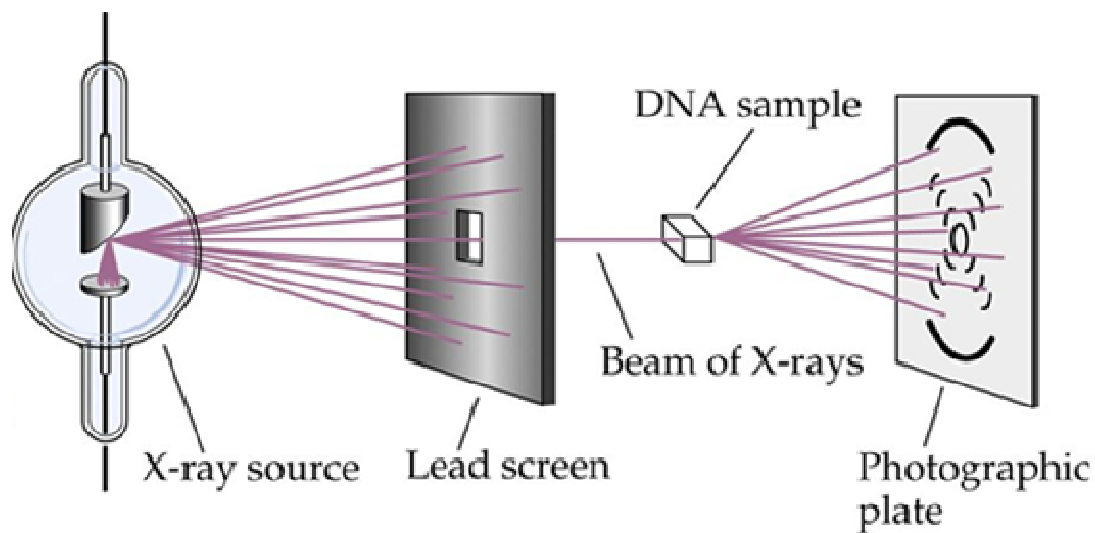
Usem connectors per a **descriure** les dades (*en canvi, d'altra banda, en comparació...*)

I per a **justificar** la nostra conclusió (*com que, ja que, per tant, en conseqüència...*)

**Què hem après?**

#### 4. Recerca: Experiments de Watson, Crick i Franklin

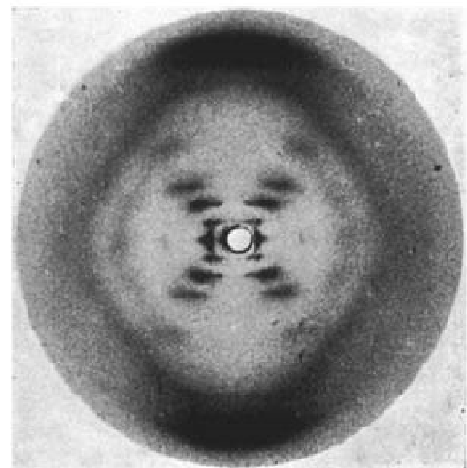
Arribats a aquest punt, tothom semblava tenir més o menys clar que l'ADN era el material genètic i que d'alguna manera havia de formar una doble cadena. Però l'ADN és massa petit com per veure'l directament. Els investigadors **Rosalind** Franklin, Maurice Wilkins, Francis Crick i James Watson eren experts en analitzar molècules mitjançant una tècnica, anomenada "difracció de raigs X" que permetia dirigir de forma molt precisa raigs X a una mostra, i veien com n'eren desviats, deduir-ne característiques de la seva estructura.



Observa el muntatge de l'experiment. Perquè hi ha una pantalla de plom? (Lead Screen). Què passaria, si no hi fos? Quina funció té el paper fotogràfic? (Photographic Plate)? Què en podem deduir sobre la relació entre els raigs X i el paper fotogràfic?

Els investigadors van aconseguir l'espectre de difracció de raigs X i en van poder deduir l'estructura.

Ara tu faràs quelcom semblant.

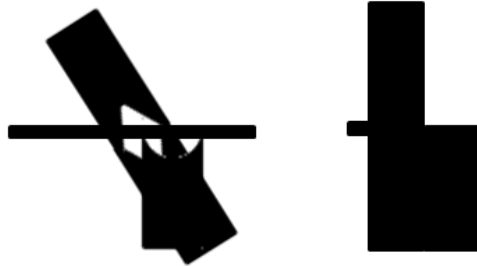


Aquí a sota tens l'espectre (l' "ombra") que s'ha aconseguit en analitzar diverses **molècules (cas 1, 2 i 3)** des de dos direccions o **perspectives diferents**. El que veus de color blanc són els espais on no hi ha parts de la molècula. La molècula està feta de peces que no pots plegar, ni retallar. Tens totes les peces possibles sota l'espectre. Intenta reconstruir-la, sabent que ha de ser tridimensional i que tu estàs veient la seva ombra.

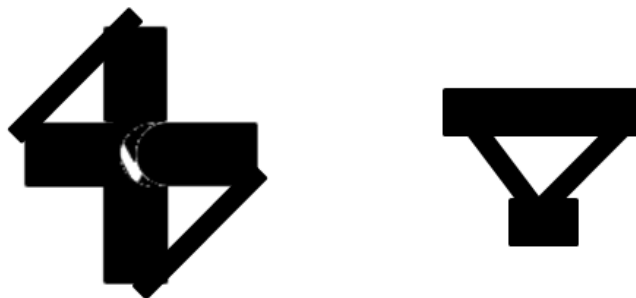


En 3D

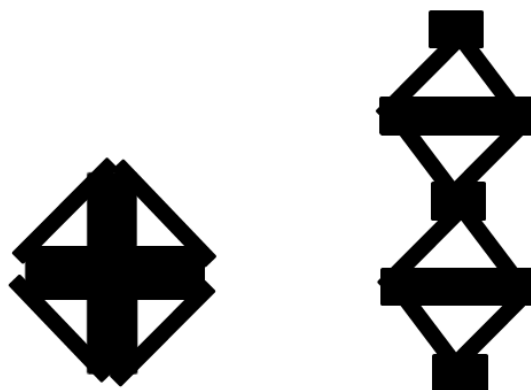
CAS 1



CAS 2



CAS 3



Què hem après?

## 5. Recerca : Experiments de Nirenberg i Khorana.

Nirenberg i Khorana estaven intrigats pels resultats dels experiments de Chase i Hershey. Ells eren químics i sabien que l'ADN no era estructuralment prou divers (és a dir, podia adoptar només unes poques formes) i això implicava que qui feia les diferents funcions havien de ser les proteïnes (estructuralment més diverses). Semblava pels experiments anteriors que d'alguna manera l'ADN contenia informació per a "fabricar" les proteïnes.

Nirenberg i Khorana van preparar mostres aminoàcids i components de la cèl·lula i hi van introduir diferents oligonucleòtids (cadena de nucleòtids) generats artificialment. Van veure que a cada mostra hi apareixien pèptids (cadena de proteïnes) diferents.

Formeu Equips de 3 persones. En diferents etapes se us donaran diverses seqüències d'ADN i les corresponents seqüències de proteïna, identificades per aminoàcids. (disponibles a: <https://sites.google.com/a/xtec.cat/hacking-the-code/home> ). Intenteu descobrir com funciona el sistema (**raonament inductiu**) Anoteu els consensos als que arribeu sobre com funciona el sistema, usant en cada etapa els iniciadors: *Estem bastant segurs de que.... perquè... | No estem gaire segurs de...perquè... | No sabem...*

Equip número: .....

### Etapa 1

---

### Etapa 2

---

**Etapa 3**

---

**Etapa 4**

---

**ESPAI per a SISTEMATITZAR/ORDENAR progressos**

## Etapa 5

---

**Dissenyeu ara 3 mutacions** d'algun dels oligonucleòtids (inserció, deleció, substitució) que heu analitzat fins ara, per confirmar/descartar una teoria o per a ampliar el que sabeu. El professor/a us comunicarà el resultat del vostre experiment.

Seqüència ADN original	Canvi ADN que proposeu	Què espereu que passi (Proteïna)	Què ha passat (Proteïna)
------------------------	------------------------	----------------------------------	--------------------------

---

---

---

---

Què hem après?





## 7. Exercicis de resolució de codificació genètica i anàlisi de mutacions.

**Apartat 1)** Observa acuradament la taula a continuació i determina:

- quina norma regeix la informació de la segona columna (sabent que es correspon amb la primera).
- per a cada seqüència d'ADN quina és la seqüència de proteïna que s'hi correspon. Usa el codi: <https://bit.ly/2r3R9Vr>
- Determina quina mutació en l'ADN té un efecte més greu en la proteïna, i justifica perquè. Usa en la teva argumentació els termes #deleció #substitució #nucleòtid #canvi de pauta de lectura #codó #aminoàcid #stop

DNA	mRNA	Proteïna
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>GTACT</u> TGA ----- (nucleotide change underlined)	_____	_____
5. Mutation = ----- GAAGTACCTGA (first C deleted)	_____	_____
6. Mutation = ----- GCAAGTACTGA (second C deleted)	_____	_____

**Apartat 2)** A partir de la seqüència següent:

TTT\_\_TATGACTGT\_\_\_\_\_AATAACATCGA

AAACTAT\_\_\_\_\_ACAAACGTTTA\_\_\_\_\_GCT

- 1) completa els fragments de seqüència d'ADN que manquen.
- 2) Escriu la seqüència resultant de la transcripció.
- 3) Escriu la seqüència resultat de la traducció.
- 4) Representa i explica les conseqüències que tindria l'eliminació de la sisena T (cadena de dalt).
- 5) Representa i explica les conseqüències que tindria la substitució de la sisena A per G (cadena de dalt).

**Apartat 3)** Hauràs observat que hi ha codons sinònims (dos triplets d'ADN que signifiquen el mateix). Dissenya una seqüència d'ADN en la que es puguin fer fins a 4 mutacions sense que això provoqui un canvi en la proteïna.

**Què hem après?**

## 8. Espies de l'ADN

S'han trobat diferents documents relacionats amb el descobriment de l'ADN, però estan desordenats. Analitza els documents i identifica per a cada document tot la informació que puguis extreure'n. Descriu també si és una llibreta de laboratori, un apartat de material i mètodes d'un article, uns resultats, una carta entre científics... Marca també a quina etapa de recerca et sembla que es correspon cada document a) descobrir quina molècula és la base molecular de l'herència; b) descobrir quina estructura té; c) descobrir com emmagatzema informació. Documents a:

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

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

Respon ara a les preguntes a partir del que has vist en els documents:

- Els/les científics/es treballen sols / en equips independents / en xarxes d'equips
- Els/les científics/es per conèixer acumulen "pistes" / encerten a la primera / fan i desfan
- Els/les científics/es són ordenats / desordenats, pacients / impacients, creatius/no creatius, rigorosos/deixats.
- Els/les científics/es són amables/malcarats, socials/asocials, obsessius/dispersos

Llegeix ara aquest fil de Twitter. Segueixes pensant el mateix?

[https://twitter.com/Pulgar\\_Panda/status/1193568643734482944?s=19](https://twitter.com/Pulgar_Panda/status/1193568643734482944?s=19)

## 9. Píndola: estructura dels gens i mutacions

Explicacions docent. #Splicing #Genoma #Zonesreguladores #Promotor  
#Mutacionspuntuals #Macromutacions #Recombinacions #Traslocacions  
#Duplicacionsgenòmiques

## **10. Píndola: Tècniques i aplicacions de la Genètica Molecular.**

**Explicacions docent:** Transgènics, Teràpia gènica, Síntesi Heteròloga, Clonació (reproductiva i terapèutica), Diagnòstic i Reproducció assistida, Consell Genètic, Farmaco-genòmica. CRISPR.



## 11. Estudis de Cas.

Treballareu per equips. Analitzeu les següents situacions i intenteu arribar a un acord sobre quina estratègia seria més útil i quins elements o processos caldria usar:

### Situacions

---

- 1) Un pacient ha perdut una gran part del seu fetge i cal reemplaçar-li.....
- 2) Degut a una mutació puntual, un pacient pateix una malaltia crítica i volem resoldre-la sense que necessiti tractaments mèdics posteriors.....
- 3) Una vacuna es basa en una proteïna d'un agent infeccios. Per a vacunar una població, calen grans quantitats d'aquesta proteïna.....
- 4) Mitjançant diversos creuaments, s'ha aconseguit un exemplar de vaca que dona molt rendiment econòmic. Volem obtenir individus idèntics a aquest.....
- 5) Per a estudiar el desenvolupament embrionari dels ratolins, ens fa falta generar ratolins amb la pell verda. ....

### Estratègies

---

### Elements o processos

---

Teràpia gènica

Des-diferenciació

Transgènics

Enzims de restricció

Síntesis heteròloga

Virus

Clonació reproductiva

Bacteris

Clonació terapèutica

Cèl·lula mare

Gen d'una altra espècie

**Pregunta de reflexió:** existeixen persones que s'oposen a l'ús de biotecnologies no per els seus riscos o conseqüències negatives, sinó per una aversió general a tot allò que és tecnològic. Això s'anomena **Tecnofòbia**. També existeixen persones que recolzen l'ús de biotecnologies no per les seves avantatges o possibilitats, sinó per una atracció general per tot allò que és tecnològic. Això s'anomena **Tecnofília**. La tecnofòbia i la tecnofília poden provocar que deixem d'aplicar solucions tecnològiques adequades o que usem la tecnologia sense valorar-ne els riscos o per resoldre coses que potser tenen altres vies de resolució no tecnològiques. Se t'acudeix algun cas relacionat amb el que estem parlant?

## 12. Seminari de laboratori

En aquest apartat, cal que structureu la vostra argumentació de cadascun dels casos, en primer lloc cal **descriure** el cas (*en canvi, d'altra banda, en comparació...*) i en segon lloc per a **justificar** la nostra solució (*com que, ja que, per tant, en conseqüència...*)

Cas 1:

Cas 2

Cas 3

Cas 4

Cas 5



## Guia didàctica, Crèdits i Contacte

Aquesta activitat es dirigeix a alumnat de 4 ESO o batxillerat, per a treballar les bases de la Genètica molecular i les seves aplicacions. L'activitat recorre diversos experiments clau de la història de la ciència en la construcció del Dogma Central de la Biologia Molecular perquè els alumnes participin en primera persona en la seva construcció, desenvolupant habilitats de raonament científic (raonament inductiu, deductiu, disseny d'experiments) com a preguntes TSS, i indagació.

En l'activitat, els alumnes analitzen els resultats de diferents experiments clau del descobriment de l'ADN en la història de la ciència (Griffith, Avery, McLeod i McCarthy, Chargaff, Watson, Crick, Wilkins i Franklin, Nirenberg i Khorana) i els resolen fent raonaments anàlegs als que van fer els científics en el seu moment.

També analitzen diferents documents històrics reals (pàgines de llibretes de laboratori, cartes entre investigadors, fragments d'articles científics) per associar-los a diferents punts del procés de la construcció del dogma central de la biologia molecular i per a apropar els alumnes a una visió humanitzada dels científics.

Finalment, els alumnes han de proposar quina tècnica en concret (transgènics, teràpia gènica, clonació terapèutica,...) pot servir per a resoldre diversos casos proposats.

L'activitat amplia una altra activitat desenvolupada anteriorment amb el mateix nom (*Hacking the code*), que girava únicament al voltant de l'experiment de Nirenberg i Khorana. L'activitat es va modificant en les successives aplicacions. Aquesta és la versió 03/01/2020.

L'activitat es pot descarregar a: <https://app.box.com/s/dhkptaw68qnepyrzkxuvlu3aqcizibzx>

Per a l'aplicació cal preveure que pot ser útil també descarregar i imprimir materials per a l'etapa 5 que es troben a: <https://sites.google.com/a/xtec.cat/hacking-the-code/home>.

L'activitat implica que en diversos moments el docent fa explicacions magistrals per a introduir o consolidar conceptes. S'ha especificat amb # les paraules clau per a cada explicació. En l'etapa 8 cal que els alumnes indaguin sobre diverses fonts primàries com a activitat de síntesi de les etapes prèvies. Les fonts i claus per a interpretar cada document són:

Doc1	<a href="http://scarc.library.oregonstate.edu/coll/pauling/dna/notes/1952a.22.html">http://scarc.library.oregonstate.edu/coll/pauling/dna/notes/1952a.22.html</a>
Es tracta d'un full de la llibreta de laboratori de Linus Pauling. Una pàgina de la seva llibreta de laboratori. Notar que tracta de l'elucidació de l'estructura dels àcids nucleics, que semblaria tenen un diàmetre de 18,2 o 19,6 Angstroms. Interessant com en un moment donat mesura 1,12 Angstroms per residu, i diu haver observat 3,34 Angstroms, d'on es formula la pregunta "Potser és una triple cadena?". Veure com relata haver anat a un seminari d'un altre investigador Robbey Williams, que parlava d'unes fibres de 15 Angstroms, que s'entén que s'ha deduït per comparació amb esferes de 250 Angstroms de la mateixa imatge. Remarca que li ha preguntat la mida (segurament perquè no quadra amb la que ell té). Finalment menciona l'expressió "Només un diàmetre" i sembla representar 3 residus situats en cercle, com formant un cilindre, el que podria ser una manera de resoldre com tenir un diàmetre diferent de 3 vegades el d'un sol residu. Notar que en un sol full de llibreta de laboratori menciona el treball de com a mínim 3 altres investigadors: "Antony says", Robbey Williams i la cita final de Horowovitz et al.	

Doc 2	<a href="http://jem.rupress.org/content/jem/79/2/137.full.pdf">http://jem.rupress.org/content/jem/79/2/137.full.pdf</a>
<p>És una pàgina de l'article original de Avery, McLeod i McCarthy. Notar que es mostren resultats d'anàlisi de colònies R i S, i que han provat moltes condicions diferents (dilucions, diferents temperatures d'inactivació... També han mesurat diverses coses (creixement difús, formació de colònies). Notar que han fet triplicats i mostren els resultats de les tres rèpliques. Comentar que tanta reproduïbilitat és sospitosa i si els sembla que aquest és el resultat del primer cop que van fer l'experiment sencer. Notar la paraula "Control" i el seu sentit com a controladora de biaixos.</p>	
Doc 3	<a href="https://profiles.nlm.nih.gov/spotlight/jj/catalog/nlm:nlmuid-101584910X82-doc">https://profiles.nlm.nih.gov/spotlight/jj/catalog/nlm:nlmuid-101584910X82-doc</a>
<p>Carta de Nirenberg a un investigador japonès sobre els progressos i dificultats en l'elucidació del codi genètic. Notar la quantitat de noms d'altres investigadors i països que hi apareixen. També les mencions a la diversió.</p>	

L'aplicació de l'activitat i els marcs didàctics en els que s'ubica es descriuen a:

- *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 aproximació indagadora a l'ensenyament del codi genètic, o seguint les passes 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 eina senzilla per a dissenyar preguntes d'examen per a l'avaluació de les habilitats científiques de l'alumnat.* *Revista Ciències* (2015) 30, 20-28. Elisa Goytia, Isabel Besson, Jordi Domènech-Casal. <https://wp.me/p25seH-l5>
- *Aprenentatge Basat en Projectes, Treballs pràctics i Controvèrsies. 28 experiències i reflexions per a ensenyar Ciències.* Rosa Sensat: Barcelona. Jordi Domènech Casal. <https://wp.me/p25seH-DC>



### Crèdits, Llicències i contacte

Aquesta activitat ha estat creada per Jordi Domènenech-Casal, professor de Ciències a l'Institut Marta Estrada. Contacte: [jdomen44@xtec.cat](mailto:jdomen44@xtec.cat) | [@jdomenechca](https://www.instagram.com/jdomenechca) | <https://jordidomenechportfolio.wordpress.com>

L'activitat forma part de l'itinerari d'activitats per Biologia i Geologia de 4rt d'ESO *ProyectandoBioGeo*: <https://sites.google.com/site/proyectandobiogeo/>

L'activitat s'ofereix amb llicència CopyLeft, es permet el seu ús, reproducció i generació

de versions amb l'única limitació de que no pot ser amb finalitats econòmiques i s'ha de compartir amb una llicència similar.

**Reconeixement-NoComercial-CompartirIgual CC BY-NC-SA**



Excepcions a aquesta llicència: les imatges inserides s'han extret d'internet, poden tenir la seva pròpia llicència i no se'n permet la seva distribució ni reproducció sense consultar-ne els autors originals.

## **Marc Curricular**

### **Continguts**

Investigació i experimentació

o Projecte d'investigació. Possibles estratègies per afrontar la recerca de respostes a una pregunta en l'àmbit científic escolar: formulació de preguntes investigables, hipòtesis, disseny experimental, obtenció de dades, resultats i conclusions.

La vida, conservació i canvi

o Els cromosomes i el cicle cel·lular. Mitosi i meiosi.

o L'ADN. Composició, estructura i funcions biològiques. Concepte de gen. Anàlisi de cariotips. Les mutacions.

o Variabilitat dels éssers vius: caràcters hereditaris i no hereditaris. Genotip i fenotip.

o Els cromosomes i el cicle cel·lular. Mitosi i meiosi.

o La teoria cromosòmica de l'herència i el model d'herència mendelià. Determinació cromosòmica del sexe. Herència lligada al sexe. Malalties hereditàries. Diagnòstic prenatal.

o Tècniques i aplicacions de l'enginyeria genètica en diferents camps (aliments transgènics, clonació i genoma humà) i les repercussions en els éssers humans i en els ecosistemes.

### **Criteris d'avaluació**

- Planificar i dur a terme una recerca experimental per resoldre problemes científics senzills, que comportin la realització de totes les fases del procés d'investigació i comunicar el procés i els resultats mitjançant un informe escrit i una presentació.
- Interpretar la transmissió d'alguns caràcters hereditaris, incloent-hi certes malalties, mitjançant mecanismes genètics.
- Reconèixer les característiques bàsiques del cicle cel·lular i descriure el procés de la reproducció cel·lular, identificant les diferències i similituds bàsiques entre la mitosi i la meiosi per interpretar el seu significat biològic.
- Relacionar alguns mètodes d'enginyeria genètica amb les seves bases científiques. Valorar les implicacions ètiques d'algunes d'aquestes tècniques.
- Relacionar la replicació de l'ADN amb la conservació de la informació genètica i amb el concepte de gen.

### **Competències de l'àmbit**

- Competència 2. Identificar i caracteritzar els sistemes biològics i geològics des de la perspectiva dels models, per comunicar i predir el comportament dels fenòmens naturals
- Competència 4. Identificar i resoldre problemes científics susceptibles de ser investigats en l'àmbit escolar, que impliquin el disseny, la realització i la comunicació d'investigacions experimentals.
- Competència 6. Reconèixer i aplicar els processos implicats en l'elaboració i validació

del coneixement científic

- Competència 10. Prendre decisions amb criteris científics que permetin preveure, evitar o minimitzar l'exposició als riscos naturals
- Competència 15. Donar resposta a les qüestions sobre sexualitat i reproducció humanes, a partir del coneixement científic, valorant les conseqüències de les conductes de risc.