Premis Extraordinaris de Batxillerat. Convocatòria 2019-2020

Les proves s'estructuren en:

- **Primera prova** (1 hora i 30 minuts): comentari crític d'un tema general.
- **Segona prova** (1 hora i 15 minuts): redacció en llengua estrangera.
- **Tercera prova (1 hora i 30 minuts): matèria de modalitat**.

Biologia

Etiqueta identificadora de l'alumne/a	Qualificació:

Instruccions

La prova consisteix en l'anàlisi d'una situació actual relacionada amb aquesta matèria. Haureu de redactar un text en què descrigueu i analitzeu alguns dels processos, factors i implicacions del context proposat, a partir de documents de suport i aplicant els vostres coneixements.

S'ha de respondre en aquest quadernet. Si necessiteu fulls per fer esborranys, el tribunal us en proporcionarà, i caldrà lliurar-los juntament amb el quadernet. La prova no es pot fer a llapis ni amb bolígraf esborrable.

Material

- Regle graduat.
- Calculadora (no s'autoritza l'ús de les que portin informació emmagatzemada o que puguin transmetre-la).

Criteris generals d'avaluació

- Utilitzar correctament la terminologia específica de la matèria (lèxic, unitats...) i redactar amb correcció ortogràfica.
- Respondre amb precisió i de manera concreta als temes que es demanen, amb rigor científic, claredat i coherència. Es valorarà la capacitat de síntesi i d'argumentació; també, la correcta estructuració formal del text.
- Utilitzar models científics en un context determinat.
- Utilitzar exemples contextualitzats que desenvolupin les idees expressades en el text.

Enunciat [10 punts]

Escriviu un text a partir dels vostres coneixements científics sobre microbiologia, genètica molecular, biotecnologia i evolució. Podeu fer servir la informació dels textos adjunts, però a la resposta no hi ha d'haver còpies literals ni paràfrasis dels textos.

En aquest text heu de:

- Identificar el problema que va detectar Francis Mojica en els seus estudis, enunciar la hipòtesi que va formular i indicar les evidències que el van conduir a formular aquesta hipòtesi.
- Valorar els resultats dels experiments realitzats per Rodolphe Barrangou *et al.* amb la finalitat de confirmar o descartar la hipòtesi formulada per Francis Mojica.
- Anomenar les fases del cicle lític dels fags i argumentar en quina fase queda interromput el cicle del fag en els bacteris que disposen de sistema CRISPR-Cas. Explicar el mecanisme mitjançant el qual el CRISPR-Cas interromp el cicle del fag i per què això influeix en la supervivència del bacteri.
- Discutir fins a quin punt encaixa en la teoria sintètica de l'evolució el mecanisme d'adquisició d'immunitat davant determinats fags originada per CRISPR-Cas.

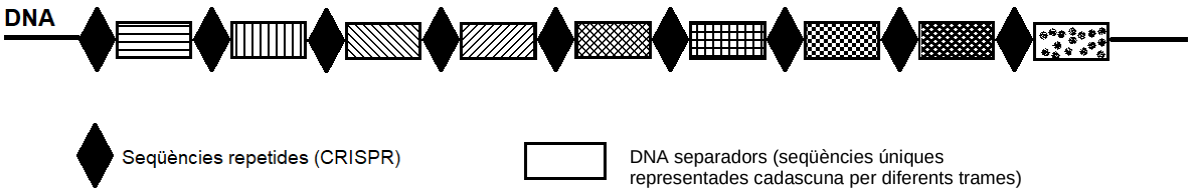
Document 1

CRISPR, un regal dels bacteris

A principis dels anys noranta, Francis Mojica treballava en la seva tesi doctoral a la Universitat d'Alacant estudiant uns arqueobacteris anomenats *Haloferax mediterranei* que viuen a les salines de Santa Pola (Alacant). Com a part d'aquest estudi, Mojica va començar a obtenir seqüències del genoma d'*Haloferax* i es va trobar una cosa que no esperava: unes seqüències de 30 bases que es repetien a intervals regulars.

Uns anys abans, uns microbiòlegs japonesos havien descrit unes repeticions similars en el bacteri *Escherichia coli* i uns holandesos, en *Mycobacterium tuberculosis*. Francis Mojica es va adonar que l'existència d'aquestes repeticions en grups tan diferents de procariotes havia de ser rellevant i va decidir dedicar la resta de la seva carrera a intentar entendre quina era la funció d'aquestes repeticions en el DNA.

L'any 2000, aplicant programes d'anàlisi bioinformàtica a molts genomes procariotes ja seqüenciats, Mojica i els seus col·laboradors van trobar repeticions similars en molts bacteris i arqueobacteris. Mojica va anomenar aquestes repeticions CRISPR i les seqüències de DNA que hi havia entre les repeticions, DNA separadors.



El 2002 un equip holandès de microbiòlegs descrivia la presència d'uns gens localitzats al costat de les repeticions i que semblaven estar-hi associats. Aquests gens es van anomenar Cas i posteriorment es va descobrir que codificaven una endonucleasa.

Fins al 2003, les seqüències separadores que hi havia entre les seqüències repetides CRISPR havien rebut poca atenció. Però Mojica va decidir aplicar els programes bioinformàtics de comparació entre seqüències a aquests DNA separadors. El resultat, sorprenent, va ser que aquests DNA separadors eren homòlegs (tenien les mateixes bases) als fragments del genoma de diferents bacteriòfags.

El moment "Eureka" li va arribar a Mojica el 2003 quan va pensar que els bacteris que retenien en el DNA separador fragments del genoma de determinats fags serien resistents a la infecció per aquests fags. Acabava de descobrir un sistema immunitari de defensa en bacteris, el qual, a més, era adaptatiu i amb una base genètica!

Després de molts intents per publicar els seus resultats, l'octubre de 2004 la revista *Journal of Molecular Evolution* va publicar un article en què plantejava la seva hipòtesi sobre el paper del CRISPR. Si algun dia Francis Mojica rep el premi Nobel ho serà gràcies a aquella publicació.

Text adaptat de Lluís Montoliu, *Editando genes: recorta, pega y colorea* (2019)

Document 2

El CRISPR atorga resistència adquirida contra virus en procariotes

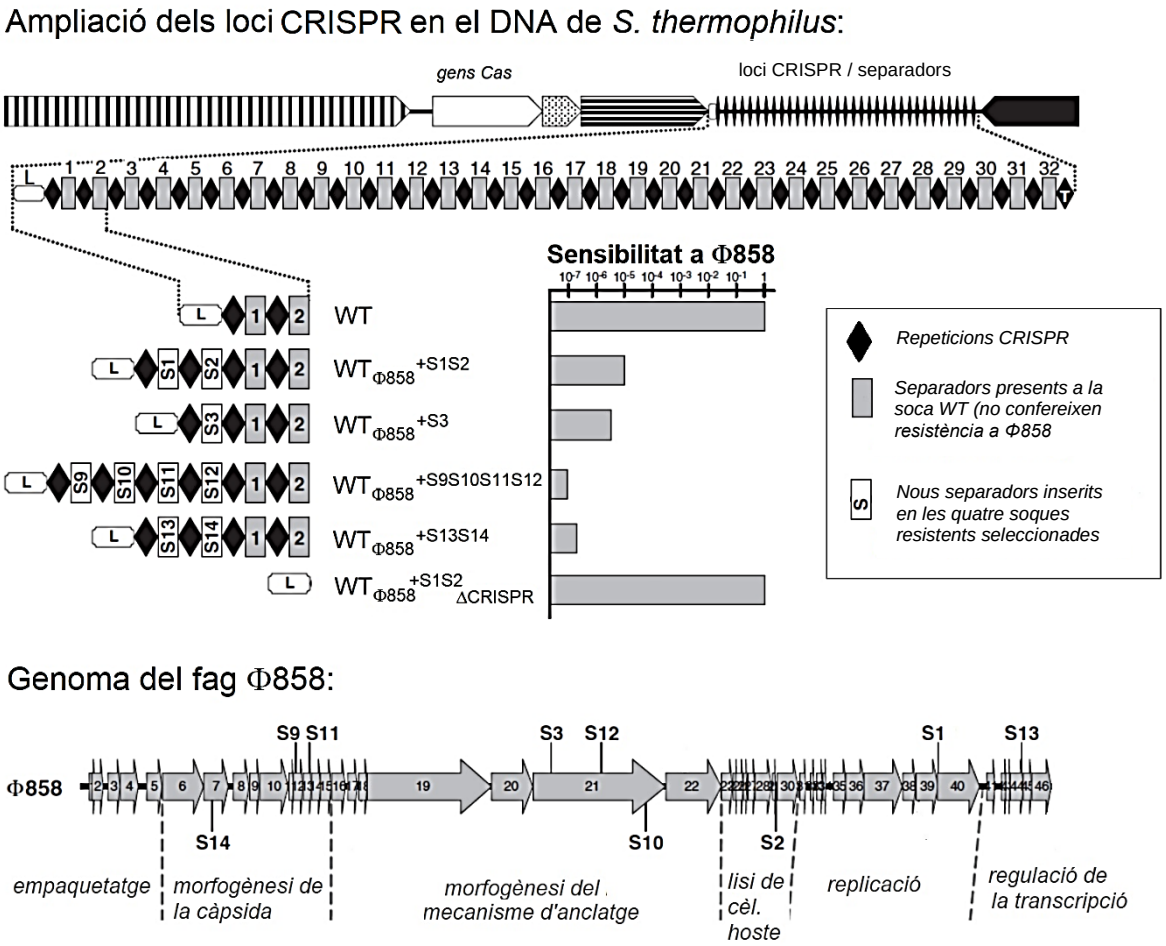
Primerament vam testar la hipòtesi que els loci CRISPR s'alteren durant la generació natural de soques resistents a fags. Per això vam escollir com a hoste model una soca de *Streptococcus thermophilus* sensible a la infecció pel fag Φ 858. Aquesta soca la vam anomenar *S. thermophilus* (WT) i contenia 32 DNA separadors, cap dels quals conferia resistència al fag Φ 858.

Després d'infectar *S. thermophilus* (WT) amb el fag Φ 858 vam poder seleccionar quatre soques resistents (WTΦ 858). Vam analitzar els loci CRISPR d'aquestes quatre soques i vam observar que s'havien inserit entre un i quatre DNA separadors addicionals als 32 ja presents a la soca WT original.

A continuació vam seqüenciar aquests DNA separadors addicionals i els vam comparar amb la seqüència del genoma del fag Φ 858.

Finalment, vam agafar bacteris de la soca resistent WTΦ858+S1S2, els vam eliminar el locus CRISPR i vam obtenir així la soca WTΦ858+S1S2ΔCRISPR. Vam comprovar la sensibilitat d'aquesta soca a la infecció per Φ 858.

Els resultats es mostren a la figura següent:



Text adaptat de R. Barrangou *et al.,* "CRISPR Provides Acquired Resistance Against Viruses in Prokaryotes", *Science*, 23 de març de 2007

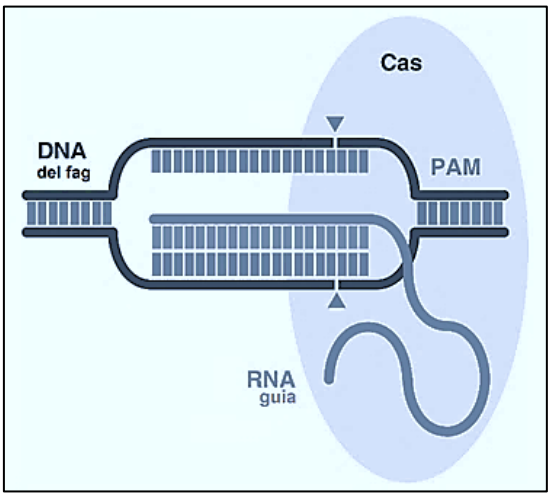
Document 3

Com funciona el CRISPR

El que sabem actualment és que els sistemes CRISPR en bacteris i arquees estan formats per llargues fileres de seqüències repetitives intercalades amb DNA separadors que representen fragments de genomes de virus que han atacat anteriorment el microorganisme i contra els quals han adquirit resistència.

Les seqüències de DNA repetitives i els DNA separadors es transcriuen en RNA que romanen dins del bacteri tot esperant trobar la seqüència de DNA complementària amb la qual aparellar-se. Quan el mateix virus intenta infectar un bacteri descendent del bacteri original que va ser infectat pel bacteriòfag, el bacteri descendent reconeix immediatament la nova infecció en aparellar-se l'RNA amb la seva corresponent seqüència complementària del DNA del virus invasor.

Aquesta unió té lloc gràcies a una proteïna Cas que és capaç de presentar l'RNA al seu DNA complementari. En completar-se l'aparellament, el bacteri interpreta que el mateix virus vol tornar a infectar i llavors la proteïna Cas activa la seva activitat endonucleasa, un enzim que talla el DNA internament, en posicions molt precises. Aquests talls en la doble cadena del DNA viral provoquen la seva degradació i descomposició, que només es donen si la proteïna Cas va seguida per la seqüència PAM, que és una seqüència de DNA amb alguns nucleòtids. PAM és un component del virus, però no és un component del locus CRISPR i això permet distingir el DNA propi del que no ho és, evitant que el locus CRISPR sigui tallat per la nucleasa.



Esquema gràfic del sistema CRISPR-Cas. L'endonucleasa Cas talla en posicions precises (triangles) les dues cadenes del DNA del fag, dirigida per un RNA guia originat per la transcripció d'una seqüència repetitiva i el seu DNA separador adjacent. Per tallar, Cas necessita un senyal característic anomenat PAM que està al genoma del fag però no al sistema CRISPR del bacteri.

Text adaptat de Lluís Montoliu, *Editando genes: recorta, pega y colorea* (2019)

Document 4

Herència de caràcters adquirits versus mutació a l'atzar

Molts bacteris tenen un mecanisme immunitari anomenat CRISPR mitjançant el qual un microbi pot adquirir immunitat contra un virus incorporant al seu propi DNA fragments genètics d'aquest virus amb la finalitat de reconèixer-lo i respondre contra ell en ocasions futures.

Aquesta adaptació es transmet a la descendència, ja que el bacteri replica el seu DNA cada cop que es reprodueix, de manera que el resultat final és tota una soca resistent a un determinat virus.

Per al biòleg evolutiu de la Universitat de Harvard David Haig, a curt termini el mecanisme evolutiu del CRISPR podria considerar-se lamarckià d'acord amb algunes definicions de lamarckisme, però la seva evolució a llarg termini és darwiniana.

Text adaptat de Javier Yanes, "¿Qué nos queda de Lamarck?", *OpenMind BBVA* [en línia] (2015)