

LA SELECCIÓ NATURAL EN ACCIÓ

a) Melanisme industrial

El melanisme industrial és un clar exemple de selecció natural provocada pels canvis del medi ambient. A l'espècie de papallones *Biston betularia* hi ha dos tipus d'individus: uns de color clar i uns altres de color fosc. Ambdues formes són d'hàbits nocturns i passen el dia immòbils sobre l'escorça del tronc dels arbres (especialment bedolls), on són localitzades pels ocells depredadors que se n'alimenten. Entre 1850 i 1900 la utilització del carbó en el processos industrials va introduir modificacions en el medi ambient. Els edificis, les pedres i els troncs dels arbres es van ennegrir per l'efecte del sutge.

La forma clara té una clara avantatge selectiva envers la forma fosca en àrees no contaminades on l'escorça dels arbres és clara. La forma fosca en canvi és clarament avantatjosa en front la forma clara en àrees contaminades on l'escorça dels arbres s'ha enfosquit.

La taula següent mostra la variació en les proporcions de papallones capturades pels col·leccionistes:

any	formes clares	formes fosques
1850	93,8%	6,2%
1900	6 %	94%

http://www.storialibera.it/controevoluzione/images/biston_betularia.jpg

<http://entomologia.rediris.es/sea/bol/vol26/s5/articulo/fig1.gif>

- 1.- Com explicaríeu l'existència tant escassa de les formes fosques cap el 1850? Creieu que podria ser deguda a alguna mutació en aquest període de temps?
- 2.- Quin significat pot tenir la manifestació fosca mentre no existien els processos industrials?
- 3.- Escriviu una hipòtesi per explicar quina pot haver estat la raó d'aquest canvi en les freqüències de les dues formes d'aquesta espècie de papallona.
- 4.- El control de la pol·lució atmosfèrica ha fet possible que els arbres joves no alterin el seu color propi (clar en el cas dels bedolls). Com creieu que pot afectar això a la població de papallones d'aquest lloc?
5. Escriviu un petit text explicatiu sobre aquest exemple evolutiu conegut amb el nom de melanisme industrial:

b) Una anormalitat sanguínia en una població humana

Pot semblar que hi ha un contrasentit entre l'eficàcia de la selecció natural i el manteniment de la variabilitat. Si una característica és desavantatjosa seria d'esperar que, a poc a poc, s'anés eliminant de la població, disminuint així la seva variabilitat genètica. Tanmateix la disminució de la variabilitat va en contra de les possibilitats d'evolució d'una població. Com explicar aquest aparent contrasentit?

Estudiarem un cas particularment interessant, el de l'anèmia falciforme o drepanocítica.

L'anèmia falciforme és una malaltia humana en la que els eritròcits prenen una forma de falç quan el subministrament d'oxigen és deficient. Tot i que més tard les cèl·lules puguin rebre de nou suficient oxigen, ja no tornen a la seva forma normal. Les cèl·lules deformades es trenquen aviat, per la qual cosa es produeix anèmia i d'altres problemes que acaben amb la vida del pacient.

HYPERLINK

"<http://www.telmeds.org/AVIM/>"
<http://www.telmeds.org/AVIM/ahema/images/SickleCell.jpg>

1. L'anèmia drepanocítica és deguda a un gen (que es representa per *s*, abreviatura anglesa de *sickle* = falç), i es manifesta només quan aquest es troba en homozigosi.
 - o Quins són els tres genotips possibles per aquest gen? (feu servir una *S* per representar l'al·lel normal)
 - o Quins fenotips estarien associats amb cadascun dels genotips anteriors?
2. Aproximadament el 0,25% de les persones negres d'algunes poblacions americanes són homozigòtiques (*ss*) per aquest gen.
 - o Quin és, per tant, el percentatge d'heterozigots per l'al·lel *s*? (recordeu la llei de Hardy-Weinberg).
3. A l'Àfrica, aproximadament el 4% de persones de determinades àrees presenten anèmia drepanocítica.
 - o Quin percentatge d'aquesta població és heterozigota per l'al·lel *s*?

Com que els afectats per la malaltia moren durant la infància, la freqüència del gen, causant de la malaltia, no es manté constant. Cada mort elimina un

parell de gens de la població. Tanmateix però, la resposta a la pregunta 3 mostra que un elevat percentatge d'aquella població és heterozigòtica per al gen *s*.

A la vista d'aquesta situació els investigadors es van plantejar una pregunta:

“Per què es manté tan elevada la freqüència d'aquest gen en algunes àrees africanes malgrat tractar-se d'un gen causant de malaltia?”

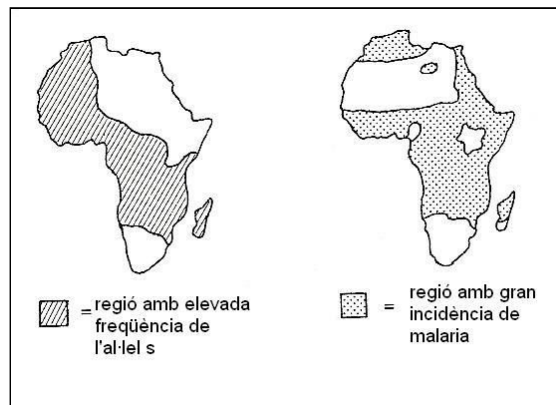
El mapa següent mostra les zones d'Àfrica on la freqüència del gen *s* és més elevada. Aquestes localitats són, a més, aquelles on hi ha més *paludisme maligne* (el paludisme és una malaltia produïda per *Plasmodium falciparum*, un paràsit que viu a l'interior dels eritròcits).

Aquest fet va empènyer als investigadors a formular una hipòtesi:

“El gen que produeix l'anèmia falciforme determina alguna protecció contra la malària o paludisme”

Aquesta hipòtesi ha estat confirmada en diferents situacions:

- o Als hospitals africans s'ha trobat que els pacients que pateixen una forta malària són homozigots (SS) i en canvi no hi ha individus heterozigots (Ss)
- o Un estudi sobre 100 nens que van morir de malària afirma que només 1 era heterozigot
- o Posteriorment es va comprovar que el paràsit causant del paludisme no sobreviu en els eritròcits dels heterozigots, per tant és menys probable que els heterozigots morin de paludisme, en comparació als individus homozigots normals



- o Creieu que les dades, les evidències que es presenten poden avalar, recolzar la hipòtesi formulada pels investigadors i investigadores?

A la llum d'aquestes dades:

4. Quins creieu que són els avantatges i desavantatges de cadascun dels tres genotips? Quin és el genotip que té un valor més alt de supervivència?
5. Com es pot explicar que la freqüència del gen *s* sigui més baixa en les poblacions americanes que en les africanes malgrat que les primeres procedeixen d'individus africans traslladats a Amèrica?

L'eritròcit drepanocític és produït per una mutació que afecta la seva hemoglobina. L'hemoglobina és una proteïna formada, naturalment, per aminoàcids. L'equip d'investigació ha comparat l'estructura química de l'hemoglobina A, la normal, amb l'hemoglobina S, que és la es troba als afectats per anèmia drepanocítica. Han trobat que ambdues molècules tenen 560 aminoàcids, de 19 tipus diferents.

La taula següent mostra la composició d'aminoàcids d'un fragment de les dues molècules.

o Quina diferència hi ha entre l'hemoglobina A i la S?

<i>glòbuls vermells normals</i>	<i>glòbuls vermells drepanocítics</i>
Valina	Valina
Histidina	Histidina
Leucina	Leucina
Treonina	Treonina
Prolina	Prolina
àcid glutàmic	Valina
àcid glutàmic	àcid glutàmic
lisina	lisina

6. Fixeu-vos que la substitució de només un aminoàcid en aquesta molècula, produeix una gran diferència en la seva funció.

Consulteu el codi genètic i responeu:

- o Quins són els codons que codifiquen per als dos aminoàcids que provoquen la diferència entre les hemoglobines A i S?
- o Quina creieu pot haver estat la mutació més senzilla responsable de l'aparició de l'anèmia drepanocítica?

7. Què crieu ara de la frase “*Pot semblar que hi ha un contrasentit entre l'eficàcia de la selecció natural i el manteniment de la variabilitat*” ?

Redacteu un text argumentatiu sobre “*per què es manté la variabilitat?*”

LA SELECCIÓ NATURAL EN ACCIÓ (guia didàctica)

Objectius:

- Analitzar dades reals amb el model evolutiu per selecció natural
- Argumentar la validesa de les hipòtesis
- Calcular freqüències gèniques a partir de les freqüències fenotípiques

a) Melanisme industrial

- 1) No, perquè ja a l'any 1850 hi havia els dos tipus d'individus, clars i foscos.
- 2) Com a conseqüència de la utilització del carbó en processos industrials els troncs dels bedolls es van enfosquir, això va comportar que els ocells depredadors localitzessin amb més facilitat les papallones clares que les fosques.
- 3) Hi ha formes fosques com a conseqüència de mutacions de l'al·lel que determina color clar. El color fosc forma part de la variabilitat pròpia d'aquesta espècie pel que fa a aquest caràcter.
- 4) Sí, el control de la pol·lució atmosfèrica hauria de tenir com a conseqüència l'augment de la freqüència d'individus clars.
- 5) En aquest exemple la selecció natural és portada a terme pels ocells depredadors. En un ambient sense pol·lució atmosfèrica l'escorça dels bedolls és de color clar. Les papallones *Biston betularia* acostumen a passar gran part del dia immòbils sobre l'escorça del tronc dels bedolls on són depredades pels ocells que s'alimenten d'elles. En aquesta situació, els individus més clars són els que passen més desapercebuts, mentre que els foscos, en destacar més sobre el tronc dels bedolls, són consumits amb més gran probabilitat. Aquest procés de selecció natural (unes formes tenen més probabilitat de sobreviure que les altres) determina que les formes clares siguin més freqüents que les fosques. Com a conseqüència del desenvolupament industrial de la zona entre els anys 1850 i 1900 i la contaminació que se'n deriva, les formes amb més probabilitat de sobreviure (i, per tant, de reproduir-se) van passar a ser les fosques, i es va produir un canvi en les freqüències dels dos tipus de *Biston betularia*, les formes clares van passar ser molts menys freqüents.

b. Investigació d'una anormalitat sanguínia en una població humana.

- 1) SS, Ss i ss.
- 2) Els genotips SS i Ss determinen individus normals i el genotip ss individus amb anèmia drepanocítica.
- 3) Freqüència d'individus ss: $0,25\% = 0,0025$

$$q = \sqrt{0,0025} = 0,05$$

$$p = 1 - q = 0,95$$

Per tant, la freqüència d'individus Ss serà $2pq$

$$2pq = 0,095 = 9,5\%$$

4) Freqüència d'individus ss: $4\% = 0,04$

$$q = \sqrt{0,04} = 0,2$$

$$p = 1 - q = 1 - 0,2 = 0,8$$

Per tant, la freqüència d'individus Ss serà $2pq$

$$2pq = 0,32 = 32\%$$

5) Els individus ss presenten anèmia drepanocítica.

Els individus SS no presenten anèmia, però són susceptibles de patir formes greus de malària.

Els individus Ss no presenten anèmia drepanocítica i, a més, estan protegits contra la malària, al menys contra les formes més fortes.

6) Les poblacions americanes no tenen la pressió selectiva de la malària, per tant, els individus Ss no sobreviuen amb més probabilitat que els SS.

7) Hi ha un sol aminoàcid de diferència, en la posició que en l'hemoglobina normal hi ha àcid glutàmic en l'hemoglobina S hi ha valina.

8) I 9) Els triplets d'ADN que codifiquen per a l'àcid glutàmic són CTT i CTC i els que codifiquen per a la valina són CAA, CAG, CAT i CAC, per tant, un canvi en un sol nucleòtid (per exemple el triplet CTT pot transformar-se en CAT, o el CTC en CAC) determinaria el canvi d'un aminoàcid per un altre.

9) Una mutació en un únic nucleòtid del gen que codifica per a la proteïna hemoglobina A pot canviar un aminoàcid per un altre en aquesta. Aquest canvi determinarà una modificació en la configuració de l'hemoglobina a causa de la qual la seva afinitat per a l'oxigen a baixes concentracions es veurà disminuïda. Aquest trastorn es coneix amb el nom d'anèmia drepanocítica. L'al·lel modificat (s) és recessiu respecte al normal (S), per tant, només manifesten la malaltia els individus homozigots recessius (ss); els heterozigots (Ss) produeixen suficient hemoglobina normal. Els eritròcits d'aquests individus heterozigots són "diferents" respecte als dels individus normals homozigots (SS), ja que tenen hemoglobina normal (A) i hemoglobina S. En aquests eritròcits els *Plasmodium* no es desenvolupen amb normalitat i, per tant, els individus Ss tenen menys probabilitats de patir malària, és a dir, són els individus amb una capacitat de supervivència més gran. Aquesta situació explica que la freqüència de l'al·lel s sigui més gran en les zones on hi ha malària ja que allà el genotip amb més capacitat de supervivència és el Ss i per cada individu que sobreviu (és a dir, que és seleccionat per la selecció natural) hi ha un al·lel

s que es manté a la població, mentre que per cada individu SS que mort a causa de la malària hi ha dos al·lels S que es retiren de la població.