

Quina és la història dels llangardaixos de les illes Canàries?

En aquesta activitat haureu d'ajudar a uns científics experts en evolució a resoldre un problema molt complex. Les dades que us donen per fer-ho són reals i els animals dels que es parla també ho són.

www.ojodigital.com/.../206698-lagarto-tizon.html

Haureu d'ajudar-los a desenvolupar un arbre filogenètic per a les set poblacions de llangardaixos que viuen a les Illes Canàries. Les dades que us facilitaran la vostra tasca procedeixen de diferents fons: geogràfiques, geològiques, morfològiques i genètiques.

La història és la següent:



Gallotia galloti eisentrauti exemplar macho, isla de Tenerife

A les Illes Canàries hi viuen moltes poblacions de llangardaixos. Com ja sabeu, aquestes illes formen un arxipèlag de set illes volcàniques a l'oest del continent africà (Mapa 1). La cadena d'illes comença aproximadament a 85 km del continent, seguint una línia de falles de la serralada de l'Atlas situada al nord d'Àfrica. Els geòlegs han estudiat que des de fa uns 20 milions d'anys s'han anat

formant gradualment movent-se a la deriva, sobre un punt calent del magma que s'anava desplaçant cap a l'oest. Així, l'illa més oriental, Lanzarote, és la més vella, mentre illa més occidental, el Hierro, és la més jove, d'aproximadament 0.5 milions d'anys.

Les illes volcàniques són especialment bons laboratoris per als estudis d'evolució perquè es poden datar acuradament utilitzant marcadors d'isòtops radioactius i perquè comencen de zero com masses de roca que emergeixen del mar.

El desenvolupament d'ecosistemes en illes volcàniques és una mica imprevisible. Tanmateix, la successió ecològica ocorre primer amb organismes pioners que gradualment canvien l'ambient fins que s'estableixi una comunitat estable. El que és imprevisible és quines espècies de plantes i animals colonitzaran aquests ambients nous? Tot dependrà del clima, de la proximitat a la terra, i naturalment, de l'atzar. Aquesta investigació tracta

de tres espècies de llangardaixos del gènere *Gallotia*, i dins d'una d'aquestes espècies, *Gallotia galloti*, quatre poblacions insulars.

L'arribada dels llangardaixos *Gallotia* va ser probablement per “rafting”, (vegeu Mapa 1), és a dir, masses de vegetació natural que van a parar al mar quan els nivells dels rius augmenten, arrossegant tant plantes com animals, que s'hi agafen igualment.

La colonització per organismes aerotransportats com insectes i ocells normalment té lloc durant les tempestes. En qualsevol cas, hi ha alguns principis generals de colonització d'illes com els que segueixen:



1.- Quant més a prop està una illa d'una altra massa de terra, més probabilitat té de ser colonitzada

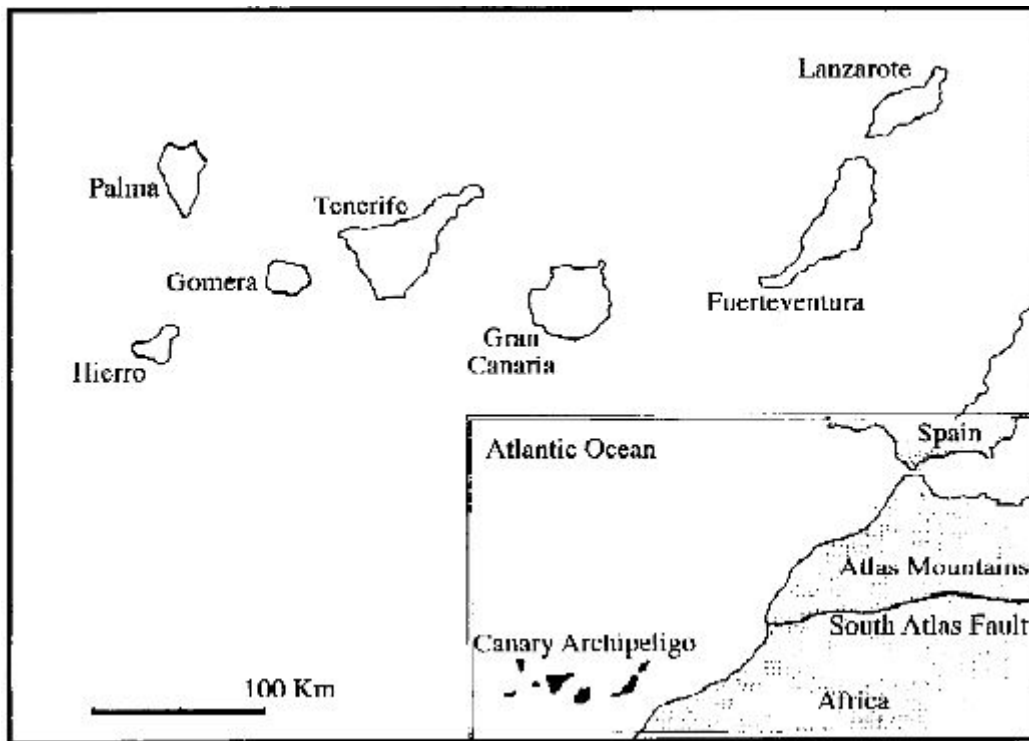
2) Quant més vella sigui una illa, més probabilitat tindrà de ser colonitzada.

3) Quant més gran sigui, més probable és que les espècies s'hi estableixin.

4) L'aïllament geogràfic redueix flux de gens entre poblacions.

5) Gradualment, les poblacions colonitzadores són genèticament més divergents que la població ancestral a causa de selecció biològica, mutació, i/o deriva genètica.

Mapa 1. Archipèlag de les Illes Canàries. (Anguita, 1986).



El problema que us plantegen els experts en evolució i que vosaltres heu d'ajudar a resoldre és el següent:

Quina és la història filogenètica de les tres espècie i set poblacions de llargardaixos *Gallotia* a les illes?

La presència de quatre poblacions morfològicament diferents de *Gallotia galloti* en les quatre illes més occidentals la (Mapa 2) impliquen evolució?

Per poder donar respostes a les qüestions plantejades, utilitzareu dades de geografia, d'història geològica, morfologia (mida de cos), i genètica molecular.

Com heu de procedir?

Primera part:

Mesureu les distàncies en Km de cadascuna de les illes al continent africà. Anoteu-les en un full a part. Les illes que heu de considerar són:



Lagarto Gigante Gallotia simonyi isla de El Hierro

Lanzarote, Fuerteventura, Gran Canària, Tenerife, Palma, Gomera y El Hierro.

- a.- Quina d'aquestes illes creieu que va ser colonitzada en primer lloc? Quina en últim lloc? En què us basaríeu per defensar la vostra idea? Quins arguments creieu que la recolzen?
- b.- Fent ús del mapa 2 i tenint en compte les dades geogràfiques, intenteu dibuixar un possible arbre filogenètic de les tres espècies de *Gallotia* (*G. atlantica*; *G. stehlini* i *G. galloti*) i de les 4 poblacions de *G. galloti*.

Poseu noms als extrems de l'arbre (feu-vos unes etiquetes amb els noms dels llangardaixos per poder-les anar desplaçant mentre aneu cercant possibilitats coherents amb les dades de què disposeu)

Mapa 2. Es mostren les tres espècies de llangardaixos *Gallotia atlantica*, *G. stehlini*, y *G. galloti*. (Anguita, 1986). *G. galloti* ha colonitzat les quatre illes occidentals i cada població és morfològicament diferent a les altres.

2ª part: Filogènia basada en la història geològica de les illes

Lanzarote i Fuerteventura	Gran Canària	Tenerife	Gomera	Palma	Hierro
24.0	17.1	15.1	5.3	2.0	0.8

D'acord amb les dades geològiques que aporta de la taula 1:

Taula 1. Edat màxima de les Illes Canàries en milions d'anys (F. Anguita, 1986).

- o Feu una proposta (una hipòtesi) d'arbre filogenètic. Expliqueu com les dades de la taula recolzen el vostre arbre
- o Compareu el vostre arbre amb els dels companys del grup. Quins canvis creieu que hauríeu de fer i per què?

3ª part: Filogènia basada en la morfologia

Observeu els dibuixos de cada població de llangardaixos de la figura 1 i compareu i contrasteu la mida del seu cos amb la distribució que mostren al mapa 2.

Per assegurar-vos que les diferències tenen un origen genètic i no ecològic, els investigadors van recollir els animals i els van criar en captivitat. Els seus descendents encara mostren diferències d'acord amb les característiques dels seus pares.

- o **Dibuixeu un nou arbre filogenètic basat en las semblances i diferències morfològiques dels llangardaixos**
- o **Compareu els dos arbres filogenètics que heu fet. Descriviu les diferències que hi observeu.**

Figura 1.- Mides relatives dels llangardaixos de les illes. Els de Lanzarote i Fuerteventura són els mateixos. (R.S. Thorpe, 1994.)

Part IV: Fil·logènia basada en la genètica molecular

Estudis recents realitzats per RS Thorpe (1993, 1994) han tractat de recolzar diverses hipòtesis filogenètiques comparant les diferències genètiques entre les poblacions de llangardaixos *Gallotia* de les illes canàries.

Es va estudiar el gen que codifica per al citocrom b del mitocondris cel·lulars, juntament amb DNA d'altres gens.

El citocrom b, és una molècula molt important en el metabolisme cel·lular de tots els éssers vius des de l'aparició dels bacteris. Els canvis en la seqüència de bases dels seus nucleòtids que no alteren la seva funció ens proporcionen una mena de rellotge evolutiu ja que la taxa de mutació deguda a un error en l'aparellament de bases és relativament constant per a qualsevol de les 4 bases. Això significa que quant més temps, més canvis. Quan dues poblacions es troben aïllades i el flux de gens entre ambdues és limitat, les diferències mutacionals s'acumulen amb el temps. Quan més llarg és l'isolament més gran serà la diferència.

Thorpe i els seus col·legues, utilitzen enzims de restricció que tallen el DNA i l'electroforesi en gel per a separar els fragments a analitzar. Un cop marcats amb isòtops radioactius es van seqüenciar les mostres de DNA de cadascuna de les 7 poblacions.

Thorpe va analitzar la seqüència de dues poblacions de l'illa de Tenerife per esbrinar si les diferències ecològiques formen part de la història evolutiva. Va estimar que com que Tenerife és una illa humida i exuberant al nord, i àrida i estèril al sud, les poblacions d'aquesta illa podrien tenir algunes

diferències genètiques. A més es pregunten si la colonització de Tenerife es va produir en dues direccions. Els resultats es mostren a continuació.

- o **La vostra tasca consisteix en comptar les diferències entre les seqüències de les 7 poblacions i utilitzar aquestes dades per a elaborar un arbre filogenètic basat en les semblances i diferències genètiques.**

Com heu de fer-ho?

Formeu grups de 4 persones. Com que hi ha 21 combinacions possibles al partir de 7 poblacions,

(Quan l'ordre no importa i cada objecte es pot triar només una vegada, el nombre de combinacions és: n és el nombre total d'elements (7) i k el nombre d'elements triats (2) per cada mostra).

cada persona es responsabilitzarà de comptar els canvis en 5 de les 21 parelles. Es proposen en la taula 2 (full de treball) el que ha de comptar cadascú del grup (ja s'ha comptat el primer cas com a exemple).

Enregistreu els resultats a la taula 2. Quant tots els equips hagin fet la tasca es verificaran els resultats obtinguts per cadascun d'ells.

La forma més fàcil de fer-ho és tallar els fragments de cinta i unir-los pels extrems. Cada tira consta de 4 peces que caldrà encolar. Després només caldrà comparar els parells de tires proposades, comptant les diferències de nucleòtids.

Un cop s'ha completat la taula, busqueu aquells casos que demostrin menys diferències (més recents i amb antecessor comú) Els que mostren més diferències es diu que tenen més distància genètica entre ells i per tant tindran avantpassats més llunyans.

En un arbre filogenètic les branques més baixes són les més antigues, mentre que les més recents estan a les branques altes.

References:

Thorpe, R.S., *et al.* (1994). "DNA Evolution and Colonization Sequence of Island Lizards in Relation to Geological History," *Evolution*, 48: 230-240.

Anguita, F., *et al.* (1986) "Geochronology of some Canarian dike swarms: Contribution to the volcano-tectonic evolution of the archipelago, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 30: 155-162.

Quina és la història dels llangardaixos de les illes Canàries? (guia didàctica)

- o Treballar a partir d'un problema REAL, amb DADES REALS, per tant treballar com treballen els científics
- o Tenir en compte les evidències per a recolzar les hipòtesis formulades
- o Comparar les dades parcials i entendre la importància de que la suma de proves ajuda a afinar el coneixement
- o Compartir les tasques per a construir una bona conclusió
- o La ciència com a dubte i no com a "veritat"

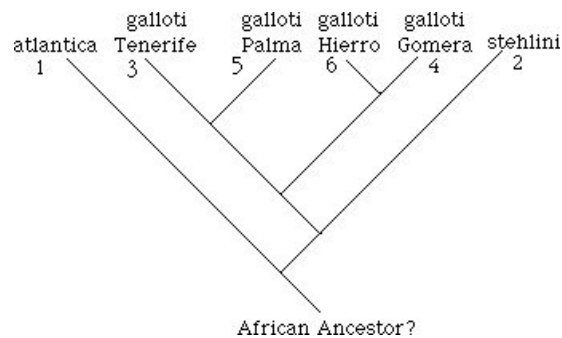
Caldrà fer les 4 parts de forma consecutiva. La primera tasca es pot fer conjuntament per a establir el significat d'un arbre. Després poden treballar en grups de 4 persones

Els arbres poden presentar algunes diferències, no han de ser idèntics tots. Cal argumentar bé les hipòtesis. L'últim, el genètic, és el que caldrà ajustar més. Hi ha d'haver discussió entre els grups.

Possibles solucions als arbres:

Part 1: (dades geogràfiques)

Solució possible basada en distància geogràfica. Hi pot haver unes altres solucions raonables. La idea aquí és aconseguir que l'estudiant pensi en la lògica del problema, no en una resposta categòrica



Part 2 i 3: (dades geològiques i morfològiques)

Solució possible que utilitza distribució de les illes i la morfologia. Utilitzant mida de cos, un pensa que els llangardaixos mitjans de Palma podran haver estat els avantpassats immediats a Gomera i els llangardaixos petits de la Gomera són avantpassats als llangardaixos petits del Hierro. Això podria contradir l'argument basat en distància. Una altra vegada no hi ha cap resposta infalible. Els ecòlegs i els genetistes han discutit unes quantes hipòtesis durant anys.

Part 4: Filogènia basada en la genètica molecular

Evidències a partir del DNA per indicar distància genètica. Es considera el criteri més pertinent establir qui està més de prop a qui. Fixeu-vos que cadascuna de les poblacions de Tenerife (nord i sud) es consideren una font probable per a la nova colonització. La sorpresa aquí no és l'evolució de les formes més petites. La sorpresa és que *G. stehlini* de Gran Canària sembla tenir un avantpassat més antic tot i que que *G. atlantica* està més a prop d'Àfrica. Seria interessant saber més sobre els corrents oceànics que afecten aquest grup d'illes, la qual cosa potser podria proporcionar una resposta a aquesta sorpresa inesperada.

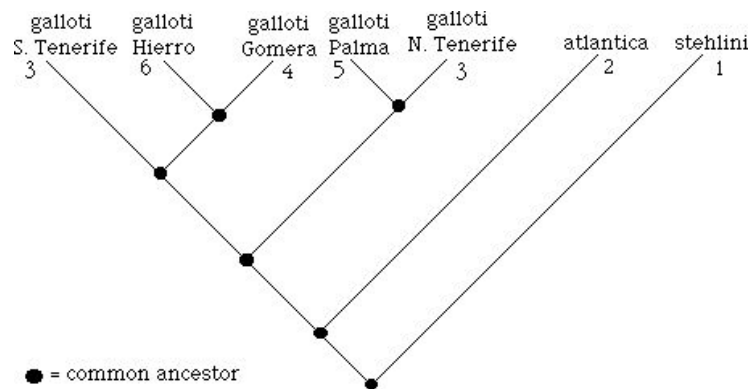


Table 2.
Cytochrome b DNA sequence differences for seven populations of *Gallotia* Lizards

	1. <i>G. stehlini</i>	2. <i>G. atlantica</i>	3. <i>G. galloti</i> P.	4. <i>G. galloti</i> N. T.	5. <i>G. galloti</i> S.T.	6. <i>G. galloti</i>	7. <i>G. galloti</i> H
1. <i>G. stehlini</i>							
2. <i>G. atlantica</i>	36						
3. <i>G. galloti</i> Palma	41	25					
4. <i>G. galloti</i> N. Tenerife	40	21	8				
5. <i>G. galloti</i> S. Tenerife	40	19	10	6			
6. <i>G. galloti</i> Gomera	45	22	13	19	15		
7. <i>G. galloti</i> Hiero	49	28	17	21		4	

References:

Thorpe, R.S., *et al.* (1994). "DNA Evolution and Colonization Sequence of Island Lizards in Relation to Geological History," *Evolution*, 48: .230-240.

Anguita, F., *et al.* (1986) "Geochronology of some Canarian dike swarms: Contribution to the volcano-tectonic evolution of the archipelago, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 30: 155-162.

Quina és la història dels llangardaixos de les illes Canàries?

Full de treball

1^a part:

Distàncies en Km de cadascuna de les illes al continent Africà:

	Distància al continent Africà (Km)
Lanzarote	
Fuerteventura	
Gran Canària	
Tenerife	
Palma	
Gomera	
El Hierro	

a.- Quina d'aquestes illes creieu que va ser colonitzada en primer lloc? Quina en últim lloc? En què us basaríeu per defensar la vostra idea? Quins arguments creieu que la recolzen?

b.- Fent ús del mapa 2 i tenint en compte les dades geogràfiques, intenteu dibuixar un possible arbre filogenètic de les tres espècies de *Gallotia* (*G. atlantica*; *G. stehlini* i *G. galloti*) i de les 4 poblacions de *G. galloti*.

La meva proposta d'arbre seria:

2^a part:

D'acord amb les dades geològiques i morfològiques que aporten la taula 1 i fig 1:

Lanzarote i Fuerteventura	Gran Canària	Tenerife	Gomera	Palma	Hierro
24.0	17.1	15.1	5.3	2.0	0.8

Taula 1. Edat màxima de les Illes Canàries en milions d'anys (F. Anguita, 1986).

Figura 1.- Mides relatives dels llangardaixos de les illes. Els de Lanzarote i Fuerteventura són els mateixos. (R.S. Thorpe, 1994.)

Feu una proposta (una hipòtesi) d'arbre filogenètic. Expliqueu com les dades de la taula recolzen el vostre arbre

Compareu el vostre arbre amb els dels companys del grup. Quins canvis creieu que hauríeu de fer i per què?

3^a part

La vostra tasca consisteix en comptar les diferències entre les seqüències de les 7 poblacions i utilitzar aquestes dades per a elaborar un arbre filogenètic basat en les semblances i diferències genètiques

Taula 2

Seqüències DNA que codifiquen per al citocrom b de les 7 poblacions de llangardaixos

	1. <i>G.stehlini</i>	2. <i>G. atlantica</i>	3. <i>G. galloti</i> P.	4. <i>G. galloti</i> N. T.	5. <i>G. galloti</i> S.T.	6. <i>G. galloti</i> G.	7. <i>G. galloti</i> H
1. <i>G. stehlini</i>							
2. <i>G. atlantica</i>	36						
3. <i>G. galloti</i> Palma							
4. <i>G. galloti</i> N. Tenerife							

5. <i>G. galloti</i> S. Tenerife							
6. <i>G. galloti</i> Gomera							
7. <i>G. galloti</i> Hiero							
<i>Alumne/a 1</i>	<i>Alumne/a</i>	<i>Alumne/a</i>	<i>Alumne/a</i>				
1/3	2 1/4	3 1/5	4				
1/7	2/3	2/4	1/6				
2/6	2/7	3/4	2/5				
3/6	3/7	4/5	3/5				
4/7	5/6	5/7	4/6				
			6/7				

Cada persona es responsabilitzarà de comptar els canvis en 5 de les 21 parelles de seqüències.

Enregistreu els resultats a la taula 2. Quant tots els equips hagin fet la tasca es verificaran els resultats obtinguts per cadascun d'ells.

Dibuixeu una hipòtesi d'arbre filogenètic basat en les semblances i diferències genètiques de les 7 poblacions

Interpretacions i conclusions

1.- A la taula 2, un n° elevat significa que aquelles poblacions tenen avantpassats comuns més llunyans. Per què?

2.- Quants parells de bases diferents creieu que separen dues espècies de llangardaixos? Doneu un exemple que recolzi la vostra desposta

- 3.- Quines dues poblacions estant més estretament emparentades? Per què?
- 4.- Per què penseu que cal esperar trobar menys diferències entre les seqüències de S. Tenerife (ST) y N. Tenerife (NT) que entre d'altres?
- 5.- Quina de les poblacions està menys relacionada amb la resta? Com ho recolzaries?
- 6.- Construïu l'arbre genealògic basat en les diferències genètiques. Compareu aquest arbre amb el basat en les dades geològiques. Quines diferències hi ha?
- 7.- Podríeu afirmar que *G.stehlini* és l'avantpassat de *G.atlantica*, o viceversa? O bé, tenen avantpassats comuns? En què et bases?
- 8.- Podríeu predir què passarà amb les 4 poblacions de *G.galloti* de les 4 illes occidentals i quines condicions recolzarien les vostres prediccions ?

SEQÜÈNCIA DE GENS QUE CODIFIQUEN PER AL CITOCROM B PER A LES 7 POBLACIONS (retalleu la tira 1a/7a i enganxeu a continuació el fragment 1b/7b i a continuació el fragment 1c/7c...). Després si retalleu cada fila, obtindreu 7 seqüències diferents que són les que heu de comparar)



(2009)

1a *G. stehlini*----- TCACT TCTAG GACTC TGCTT AATCA TTCAA ATCAT CACAG CCGTC TTGCT AGCCA TGCAC TACAA CGC
2a *G. atlantica*---TTTATA
3a *G. galloni* (P)---TTCTATA
4a *G. galloni* (NT)TTTATGA
5a *G. galloni* (ST)---TTCTATGA
6a *G. galloni* (G)---TTCTATGA
7a *G. galloni* (H)---TTCTATGA

1b *cont.* ACATT AACTC CCGAT TCICA TCCAT TGCCC ACATC CACCG TGAIG TCCAA CACCG ACCAC TCATT CCGAA TGTCG AC
2b *cont.*TTTTCAA
3b *cont.*CCTCTACA
4b *cont.*CCTCTAA
5b *cont.*CCTCTAA
6b *cont.*CCCTCACA
7b *cont.*CCCTCACA

1c *cont.* AACCG CCGTT CACTA TTCTT CATCT GCATC TACGC GCATA TCGGA CGTGG CCGTT ATTAC GGCTC ATACC TACTT
2c *cont.*ACTTATCTCT
3c *cont.*ACTTATACTGTG
4c *cont.*TACTTATACTACT
5c *cont.*TACTTATACTACT
6c *cont.*TACTTATACTGTAT
7c *cont.*TACTTATACTGTATG

1d *cont.* AACCT GAAAC ATTGG AGTCC TCCTC CTTCT GCTAG TTATA GCCAC ACCCT TTATA GGCTA T
2d *cont.*TCATAATCTCG
3d *cont.*TATTCATCTC
4d *cont.*TATTCATCTC
5d *cont.*CATTCATCTC
6d *cont.*ATCATCAGCTCG
7d *cont.*ATCGATCAGCTCG



(2009)

Any Darwin

CDEC