

L'equilibri de les freqüències gèniques

- **Variabilitat:** diferències existents entre els caràcters heretables dels individus d'una espècie d'éssers vius. Pot considerar-se a dos nivells:
 - **Variabilitat genètica:** correspon a les diferències entre els gens dels diferents individus.
 - **Variabilitat fenotípica:** fa referència a les diferències entre els caràcters heretables que es poden observar.
- La variabilitat s'origina per les **mutacions**, que són canvis en les seqüències del DNA, i es veu incrementada per:
 - Mecanismes de **parasexualitat** en els bacteris: intercanvi de DNA entre individus.
 - **Entrecreuament de cromosomes homòlegs i segregació independent** dels mateixos durant la meiosi en les espècies amb reproducció sexual.
- **Freqüència gènica o al·lèlica:** proporció o percentatge d'un dels al·lels d'un locus determinat en el conjunt de la població.

$$\text{Freqüència gen A} = \frac{\text{nº al·lels A}}{\text{Nº total d'al·lels (del mateix locus)}}$$

- **Freqüència genotípica:** proporció o percentatge d'un determinat genotip dins d'una població.

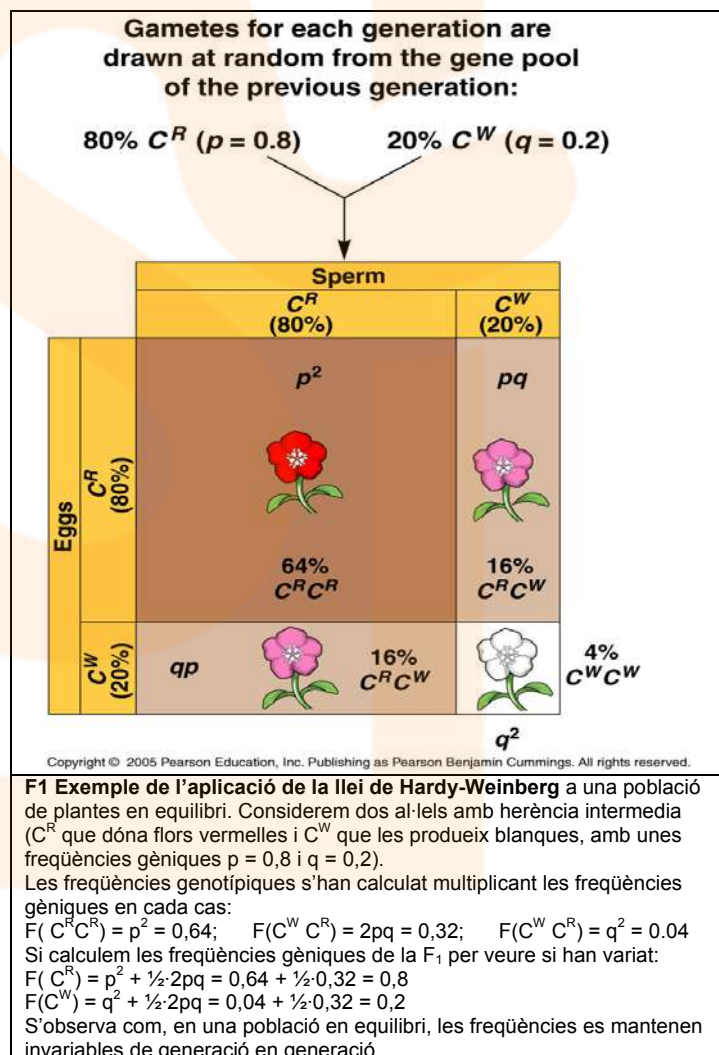
$$\text{Freqüència genotip AA} =$$

$$\frac{\text{nº d'individus amb el genotip AA}}{\text{Nº total d'individus}}$$

- **Llei de Hardy-Weinberg:** en una població en **equilibri** les freqüències gèniques es mantenen constants en el temps (figura 1). Aquesta situació d'equilibri és hipotètica ja que es compleix si:

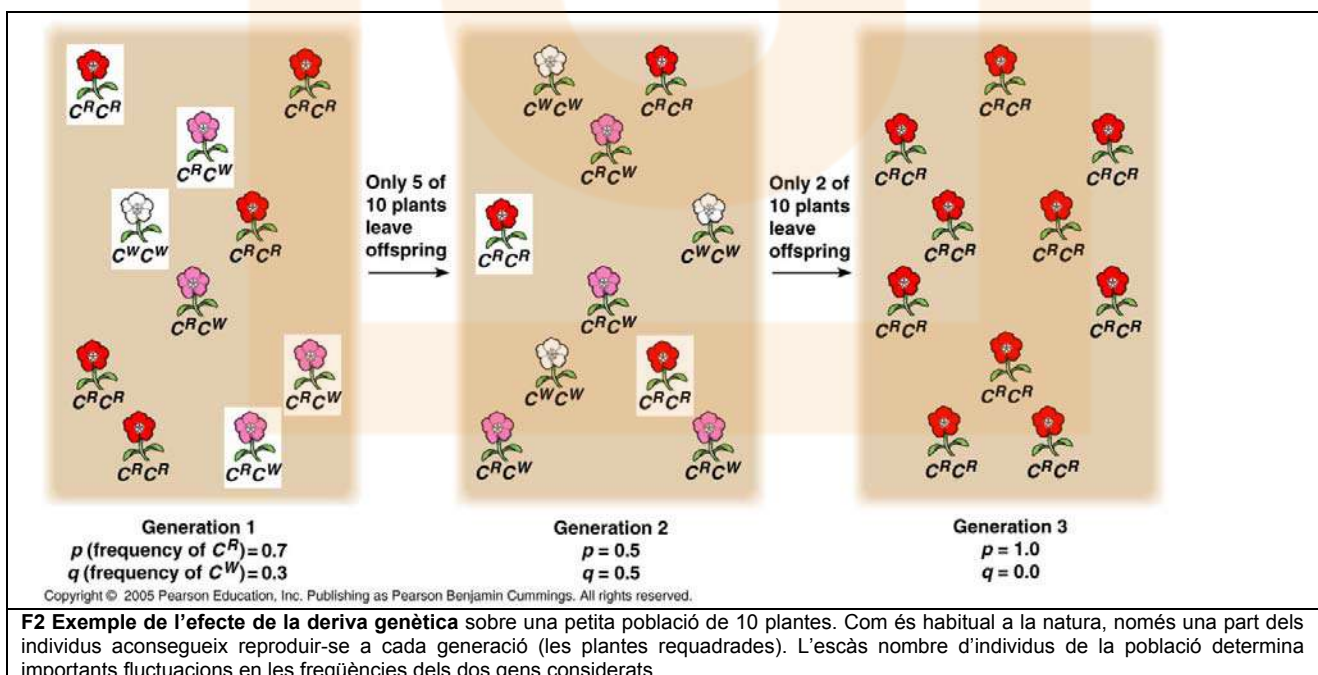
- **No hi ha mutació.**
- **No hi ha migració.**
- **No hi ha selecció natural:** tots els al·lels comporten les mateixes probabilitats de sobreviure i reproduir-se a l'individu que els porta.
- **Hi ha panmixi:** aparellament aleatori entre els individus.
- **La població és infinita o molt gran.**

- Si no es produeixen canvis en les freqüències gèniques al llarg del temps les poblacions no experimenten tampoc cap tipus de canvi i, per tant, no es produeix cap canvi evolutiu.



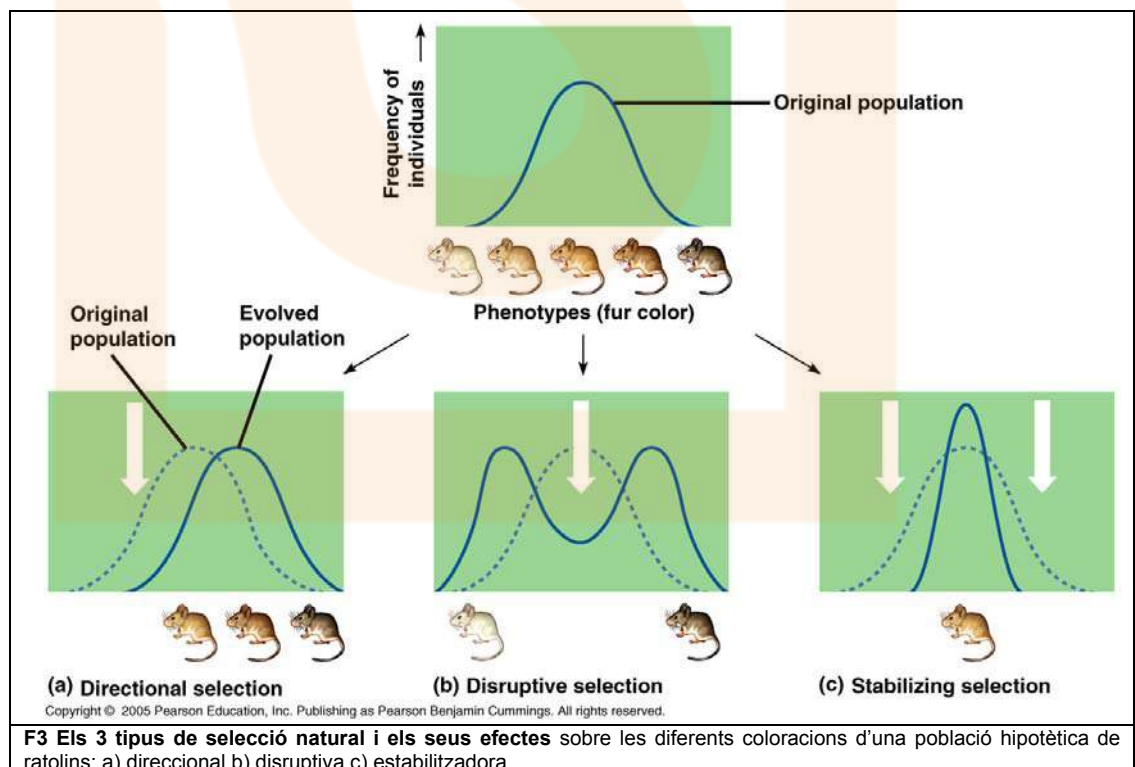
Canvis en les freqüències gèniques

- **Agents evolutius:** factors que alteren l'equilibri de les poblacions i fan canviar les freqüències gèniques, provocant canvis evolutius. Aquests agents són: les mutacions, les migracions, la deriva genètica, la manca de panmixi i la selecció natural.
- Les **mutacions** generen l'aparició de nous al·lels, incrementant la variabilitat genètica de les poblacions i espècies. Aquest fet provoca, òbviament, canvis en les freqüències gèniques. Les mutacions es caracteritzen per:
 - Produir-se de forma **atzarosa**.
 - Ser **poc probables** (la taxa de mutació per un gen concret es troba entre 10^{-5} i 10^{-10})
 - Ser **preadaptatives**, és a dir, per tractar-se de successos aleatoris no apareixen per cap necessitat dels éssers vius d'adaptar-se al medi.
- Les **migracions** són fluxos d'individus entre diferents poblacions d'organismes d'una mateixa espècie. Parlem de:
 - **Immigració:** per referir-nos als individus que arriben a una població.
 - **Emigració:** per esmentar als individus que en marxen.
- L'efecte de les migracions sobre les freqüències gèniques d'una població depèn de les diferències genètiques existents entre les poblacions implicades. Molt sovint, les poblacions perden o guanyen al·lels o alteren les freqüències dels ja existents a causa de les migracions.
- La **deriva genètica** és l'alteració de les freqüències gèniques que pot experimentar una població quan aquesta té pocs individus. En aquestes condicions, l'atzar pot causar canvis importants d'aquestes freqüències d'una generació a una altra (figura 2).
- S'anomena **efecte fundador** a les conseqüències de la deriva genètica en aquelles poblacions originades a partir d'un petit nombre d'individus. Les característiques genètiques dels pocs individus colonitzadors persisteix al llarg de les generacions.



Canvis en les freqüències gèniques

- La **manca de panmixi** té lloc quan els individus no s'aparellen a l'atzar. Aquest fet és freqüent a la natura ja que les poblacions són sempre limitades i sovint existeixen mecanismes de selecció sexual a l'hora d'encreuar-se. La manca de panmixi pot alterar les freqüències gèniques quan els individus que tenen més probabilitat d'aparellar-se entre ells tenen un cert grau de parentiu i són, per tant, semblants genèticament.
- La **selecció natural** és el procés que elimina els individus menys adaptats o bé en limita la seva supervivència, a causa de les condicions ambientals existents. La seva acció determina la major o menor probabilitat que tenen els individus de reproduir-se.
- L'**eficàcia biològica**, la persistència d'un determinat genotip a llarg de les generacions, és una mesura de l'acció positiva o negativa de la selecció natural, també anomenada **pressió selectiva**, sobre els individus que el posseeixen.
- La selecció natural altera les freqüències gèniques al reduir la proporció d'aquells al·lels que comporten caràcters amb escàs valor adaptatiu en unes determinades condicions i un augment dels al·lels corresponents a caràcters que permeten als individus adaptar-se millor.
- En funció de l'acció de la selecció natural sobre un determinat caràcter podem diferenciar-ne 3 tipus (figura 3):
 - **Direccional:** afavoreix als individus amb un valor extrem (alt o baix, fosc o clar, etc.) d'un determinat caràcter.
 - **Disruptiva:** afavoreix simultàniament als individus amb els valors més extrems (alts i baixos, foscos i clars, etc.) d'un determinat caràcter. És un cas poc freqüent que pot generar l'aparició de poblacions molt diferents i, fins i tot, d'espècies noves.
 - **Estabilitzadora:** afavoreix als individus amb valors mitjans del caràcter.



37: Neodarwinisme

Bloc 6: Evolució

La teoria sintètica de l'evolució

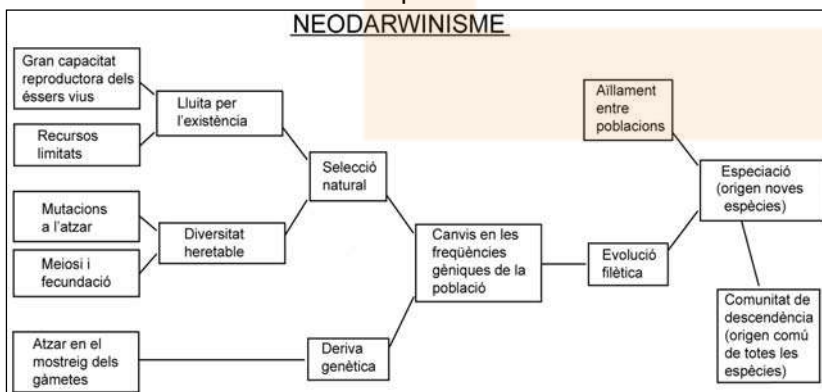
- La teoria de l'evolució de Charles Darwin ha experimentat diverses modificacions en funció dels nous coneixements que diverses disciplines biològiques han aportat (figura 4).

Data	Estadi	Modificacions Incorporades
1883-1886	Neodarwinisme de Weismann	Fi de la idea d'herència dels caràcters adquirits; reconeixement de la recombinació genètica en els individus diploides.
1900	Mendelisme	Acceptació de la constància en el nombre de cromosomes de l'espècie i reconeixement dels mecanismes d'herència.
1918-1933	Fisherisme	L'evolució s'entén com el canvi en les freqüències dels gens sota els efectes de la pressió selectiva que exerceix l'ambient (selecció natural).
1936-1947	Teoria sintètica	Anàlisi de l'evolució de poblacions, importància de la diversitat, determinació de mecanismes d'especiació, identificació de les taxes d'evolució.
1954-1972	Equilibris puntuats	Estudis dels processos que intervenen en la formació de noves espècies.
1969-1980	Importància de la selecció sexual	Reconeixement de la importància de l'èxit reproductor en relació amb la selecció natural.

F4 Principals modificacions de la teoria darwinista.

- La teoria sintètica de l'evolució o síntesi moderna**, formulada a mitjans del s. XX, representa el consens actual de la comunitat científica sobre el procés bàsic que explica tots els canvis evolutius. Els seus postulats diuen que:
 - A les poblacions d'organismes es produeixen constantment mutacions de forma aleatòria i accidental.
 - Les mutacions generen variabilitat genètica.
 - Algunes mutacions comporten l'aparició de caràcters que permeten als individus que els manifesten tenir una major supervivència i reproduir-se més (major eficàcia biològica) al ser veure's afavorits per la selecció natural.
 - L'acció de la selecció natural afavorint els individus amb fenotips més adaptats a les condicions regnants i eliminant als menys adaptats, comporta canvis en les freqüències gèniques.
- L'acumulació de canvis en les freqüències gèniques provoca canvis en les poblacions i/o l'aparició de noves espècies.
- Els canvis en el medi, que han estat freqüents al llarg de la història de la Terra, comporten gairebé sempre canvis en el sentit de l'acció de la selecció natural sobre a la variabilitat que posseeix cada espècie.
- Hi ha dues interpretacions de les idees de la teoria sintètica:

NEODARWINISME



* **Teories seleccionistes:** la selecció natural, condicionada pel medi, tria les mutacions més favorables, les quals s'han originat per atzar. L'evolució es produeix per l'acumulació progressiva dels canvis en la composició genètica de les poblacions causats per aquestes mutacions. És la visió més acceptada.

***Teories neutralistes:** la majoria de mutacions són neutres. En algunes ocasions hi ha grans mutacions que generen canvis evolutius sobtats.

Mecanismes d'aïllament entre espècies

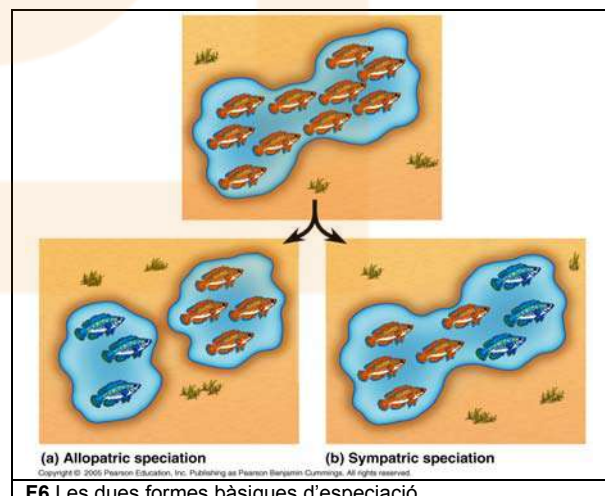
- Una **espècie** es defineixen, des del punt de vista biològic, com a aquell grup d'organismes que posseeix mecanismes que n'impedeixen l'encreuament que origini descendència fèrtil amb d'altres grups semblants.
- S'anomenen **mecanismes d'aïllament reproductor** a aquelles característiques dels éssers vius que impedeixen la reproducció entre ells.
- Es coneixen diversos mecanismes d'aïllament reproductor (figura 5) els quals es divideixen en 2 grups:
 - **Prezigòtics**: impedeixen la formació de zigots.
 - **Postzigòtics**: impedeixen que els **híbrids** (organismes fruit de l'encreuament d'individus de dues espècies diferents) siguin viables o fèrtils.

Classificació dels mecanismes d'aïllament reproductor	
1. Prezigòtics (impedeixen la formació de zigots entre membres de les dues poblacions)	
Aïllament ecològic	Les poblacions ocupen un mateix territori, però viuen en hàbitats diferents i no es troben.
Aïllament temporal	El període d'aparellament o la floració passen en diferents moments.
Aïllament etològic	L'atracció sexual entre mascles i femelles de les dues poblacions és feble o no n'hi ha.
Aïllament mecànic	La còpula o transferència del pol·len s'impedeix per les diferents mides o formes dels genitals.
Aïllament gamètic	Les cèl·lules reproductores no s'atreuen l'una a l'altra, o bé els espermatozoides o el pol·len són inviables en els conductes genitals o en els estigmes de les flors.
2. Postzigòtics (redueixen la viabilitat o fertilitat dels híbrids)	
Inviabilitat híbrida	Els zigots híbrids no es poden desenvolupar o no arriben a la maduresa sexual.
Esterilitat híbrida	Els híbrids no produeixen gàmetes reproductors.
Deteriorament híbrid	Els descendents dels híbrids mostren viabilitat reduïda.

F5 Els diferents tipus d'aïllament reproductor entre espècies.

L'especiació

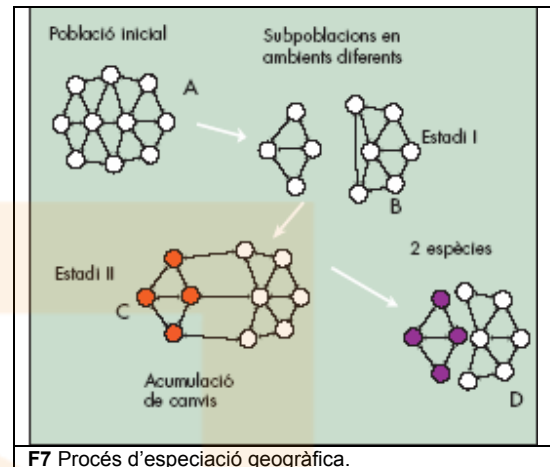
- S'anomena **especiació** al procés d'aparició d'una nova espècie per l'adquisició d'algun tipus d'aïllament reproductor entre organismes d'una població inicial.
- Hi ha dues maneres principals com l'especiació té lloc (figura 6):
 - **Especiació geogràfica o al·lopàtrica**: les noves espècies apareixen mentre hi ha un aïllament geogràfic entre les poblacions originàries.
 - **Especiació simpàtrica**: apareixen les noves espècies sense cap barrera geogràfica entre els organismes de la població inicial.



F6 Les dues formes bàsiques d'especiació.

El procés d'aparició de noves espècies

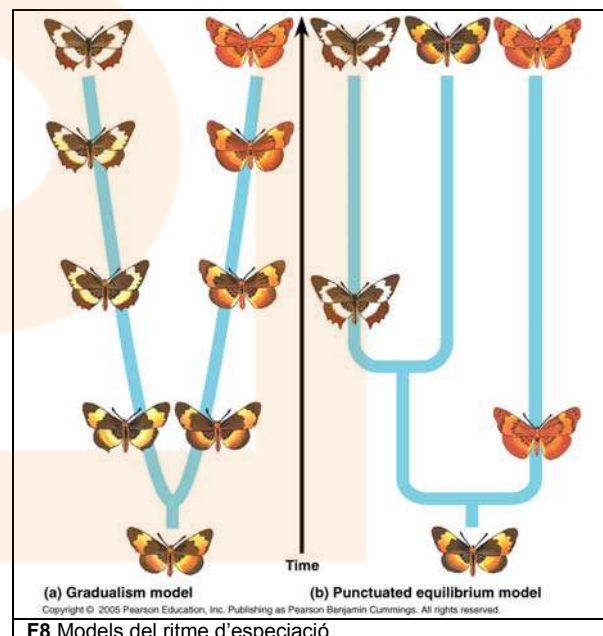
- El **procés d'especiació geogràfic**, que és el més comú, té lloc en diverses fases (figura 7):
 - S'atura l'intercanvi genètic entre dues poblacions a causa d'una barrera geogràfica.
 - Les dues poblacions separades divergeixen genèticament al trobar-se sotmeses a processos de selecció natural diferents al viure en ambients també diferents.
 - La divergència genètica comporta l'aparició de mecanismes d'aïllament reproductiu.
 - Les dues poblacions tornen a entrar en contacte (desaparició de la barrera geogràfica, migració, etc.) però es troben totalment aïllades reproductivament: ja són dues espècies diferents.
- El **procés d'especiació simpàtrica** té lloc de forma similar, però la interrupció de l'intercanvi genètic entre les poblacions inicials es produeix sense un aïllament geogràfic:
 - Aparició de mutacions cromosòmiques per errades en la divisió cel·lular.
 - Canvis genètics (mutacions) que permeten a una subpoblació explotar recursos alimentaris diferents.
 - Canvis genètics (mutacions) que generen polimorfisme a la població inicial, el qual dóna lloc a processos de selecció sexual entre subpoblacions.



F7 Procés d'especiació geogràfica.

El ritme d'especiació

- A partir de les dades del registre fòssil s'han proposat dos models diferents per explicar el ritme del procés d'especiació:
 - **Gradualisme:** a mesura que passa el temps les espècies originades a partir d'un ancestre comú divergeixen morfològicament de forma progressiva.
 - **Equilibri puntual:** els canvis morfològics es produeixen principalment en el moment en què les noves espècies apareixen. Posteriorment es mantenen en una situació d'equilibri sense gairebé canvis durant llargs períodes de temps.
- Aquest segon model, menys coherent amb els postulats neodarwinistes pot explicar-se per la discontinuïtat de les dades paleontològiques i per l'aparició, durant els períodes d'aparent equilibri, de modificacions de conducta, fisiologia o anatomia interna que no deixen constància en el registre fòssil.



F8 Models del ritme d'especiació.