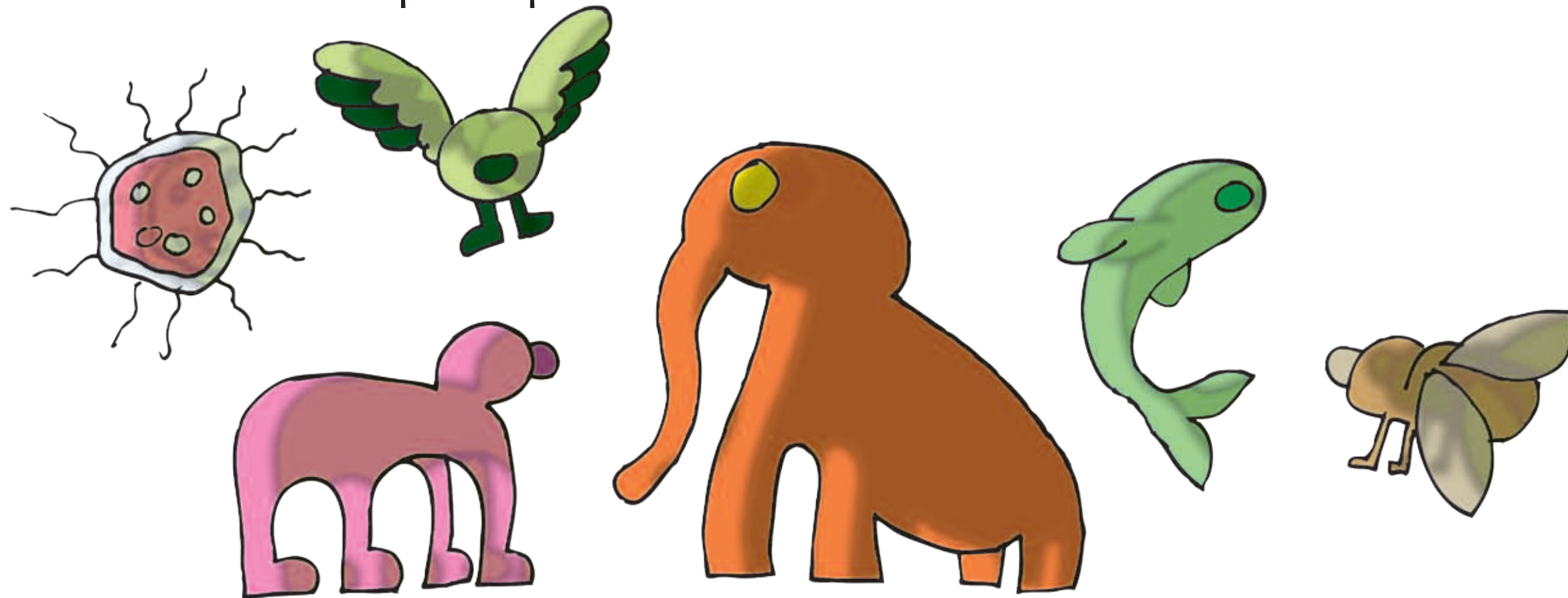


Microevolució

Un micromón per aprendre evolució a l'educació secundària



Josep Maria Llort Planchadell



AJUNTAMENT DE REUS
EDUCACIÓ I FORMACIÓ

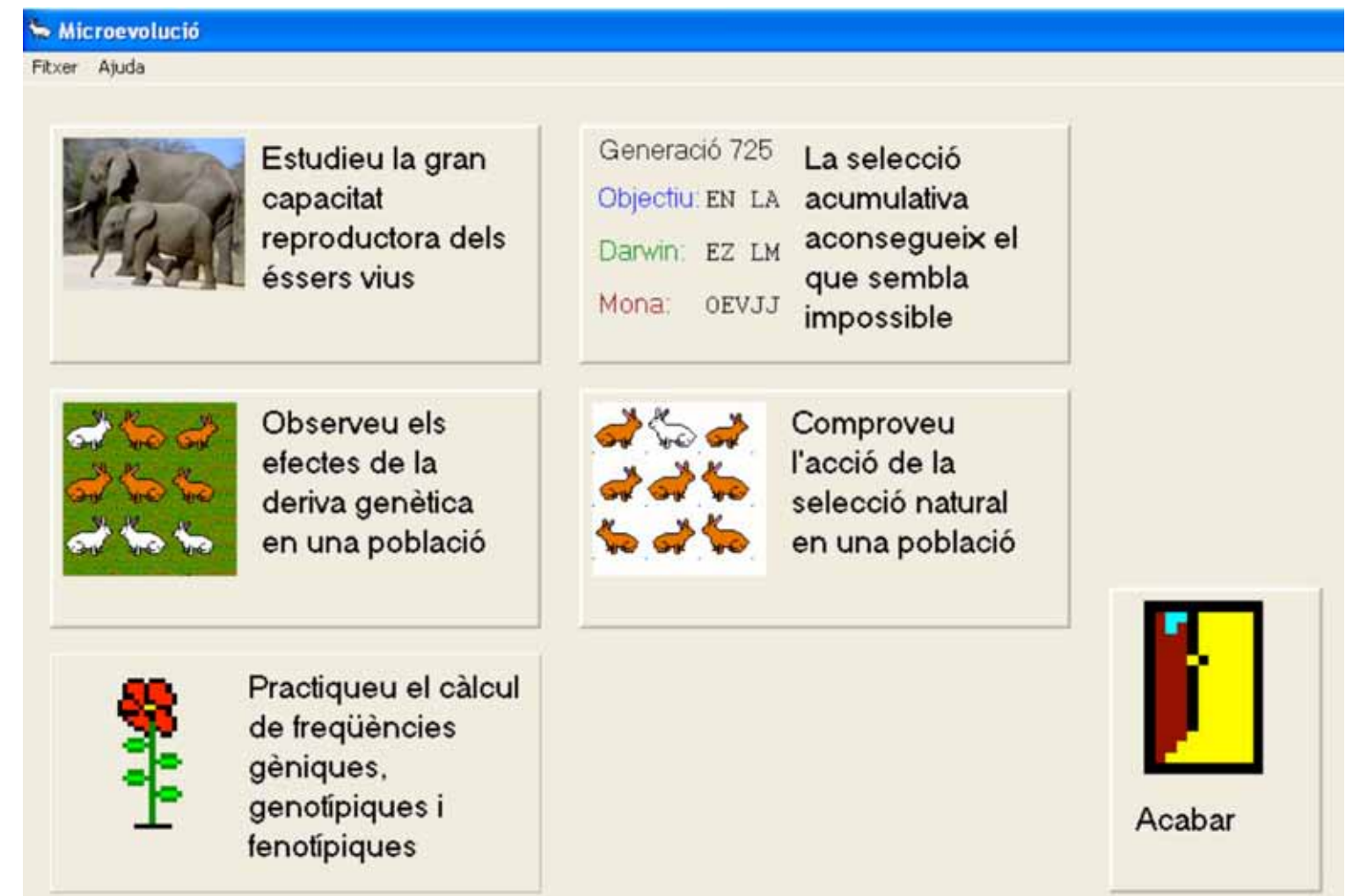


Microevolució-presentació	pàg. 3
Selecció acumulativa en una població virtual	pàg. 5
Acció de la deriva genètica en una població virtual	pàg. 19
Acció de la selecció natural en una població virtual	pàg. 25
Una recerca virtual	pàg. 31

El programa Microevolució és un micromón que permet simular i realitzar recerques virtuals de diversos aspectes del procés evolutiu.

Quan obriu el programa, us trobareu el menú principal, que permet accedir a les diferents activitats.

Totes les activitats disposen de guions de treball detallats, excepte la de capacitat reproductora dels éssers vius, en la qual el programa ja orienta sobre què s'ha de fer, i la del càlcul de freqüències, que és molt fàcil d'utilitzar.



Nivells educatius:

- **Quart d'ESO. Optativa de Biologia i Geologia.** Activitats sobre la capacitat reproductora dels éssers vius, sobre la selecció natural i sobre els efectes de la selecció acumulativa.
- **Batxillerat. Ciències per al Món Contemporani.** Activitats sobre la capacitat reproductora dels éssers vius, sobre la selecció natural i sobre els efectes de la selecció acumulativa.
- **Batxillerat. Optativa de Biologia.** Totes les activitats.

Visiteu la pàgina web de l'autor per fer suggeriments i obtenir actualitzacions:

<http://www.xtec.cat/~jllort1/microevolucio.htm>

SELECCIÓ ACUMULATIVA EN UNA POBLACIÓ VIRTUAL

El programa Microevolució (<http://www.xtec.cat/~jllort1/microevolucio.htm>) és un micromón que permet realitzar recerques virtuals de diversos aspectes del procés evolutiu.

En aquest cas veurem com un procés de selecció acumulativa aconseguix fites que per atzar serien pràcticament impossibles.

Fonament teòric

Un dels aspectes més sorprenents dels éssers vius és la seva enorme complexitat. Tots els éssers vius tenen un gran nombre de components que, a més, estan molt ben organitzats. Una sola cèl·lula té milers de biomolècules diferents, organitzades en orgànuls que realitzen funcions determinades.

La probabilitat d'ajuntar aminoàcids a l'atzar i obtenir una proteïna com l'hemoglobina és comparable a la d'asseure una mona davant un ordinador i que, teclejant a l'atzar, aconseguim que ens escrigui una frase de la cançó "Boig per tu". Una pregunta que es va plantejar ja fa temps és

la següent: pot haver sorgit una cosa tan complexa i organitzada per mutacions a l'atzar i selecció natural? Aparentment pot semblar que no, de manera que tenim una paradoxa.

La solució d'aquesta paradoxa es basa en el fet que l'evolució per selecció natural no funciona en un sol pas. A partir d'una proteïna primitiva, que funcioni de manera bastant deficient, les mutacions que millorin lleugerament la seva funció seran afavorides per la selecció natural fins que substitueixin la versió anterior i es converteixin en el punt de partida de noves mutacions. Així, per un procés de selecció acumulativa es poden aconseguir proteïnes que funcionen o ulls que serveixen per veure.

El programa que veurem tot seguit es basa en allò que Richard Dawkins va descriure en el seu llibre *El relojero ciego*. Haureu d'entrar la frase que vulgueu i tot seguit veureu com el programa intenta aconseguir la mateixa frase de dues maneres diferents:

1. En la línia anomenada "Mona", en cada generació es formarà un seguit de lletres a l'atzar i es comprovarà si coincideix amb la que havíeu escrit.

2. En la línia anomenada "Darwin", es comença també amb una frase a l'atzar, però en cada generació aquesta frase es copiarà de manera quasi perfecta, fent un sol error a l'atzar. Si la nova frase millora l'anterior, passarà a ser la progenitora de les següents còpies. Si no, serà eliminada.

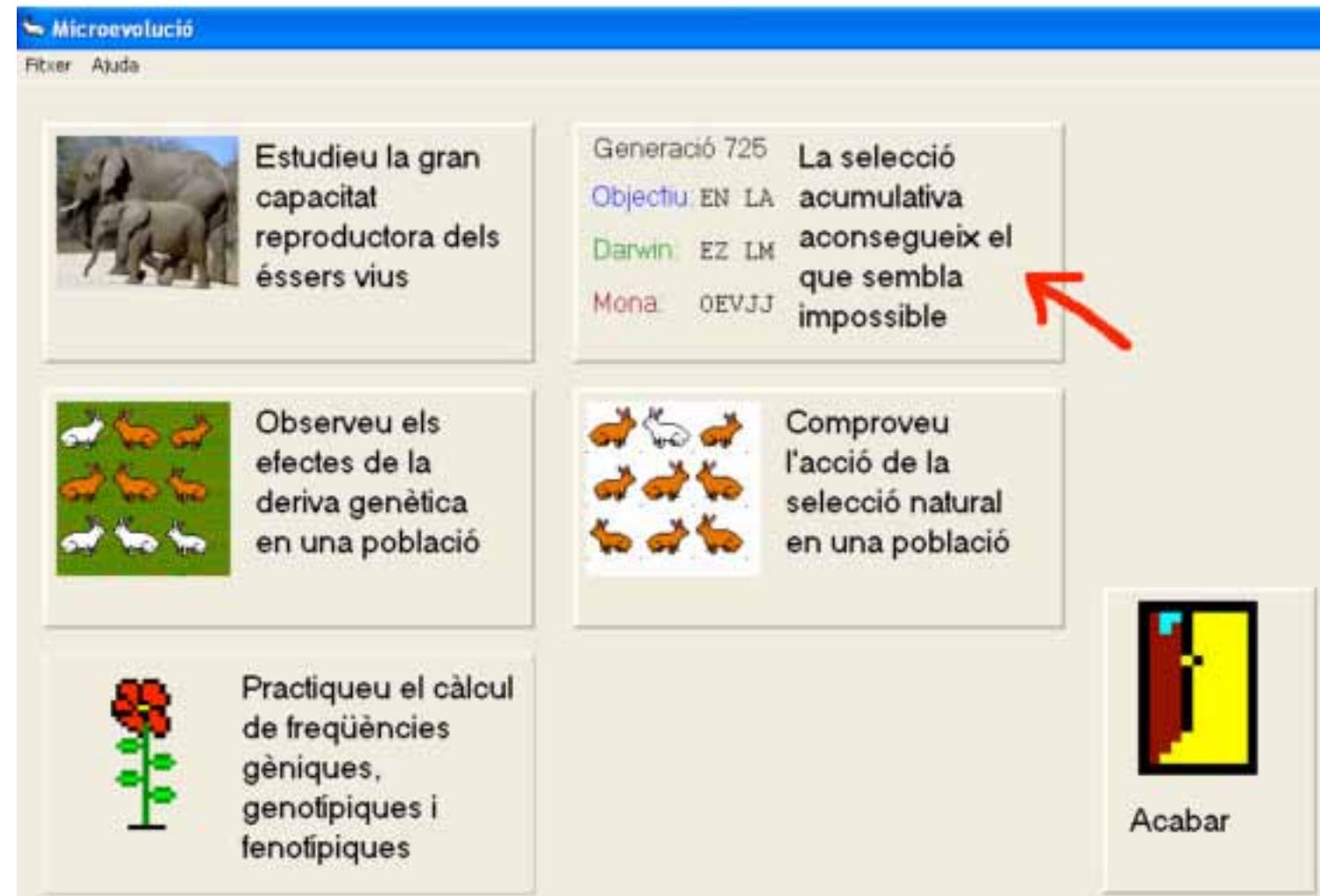
Què espereu que passi? Qui guanyarà la competició? En quant de temps?

Material

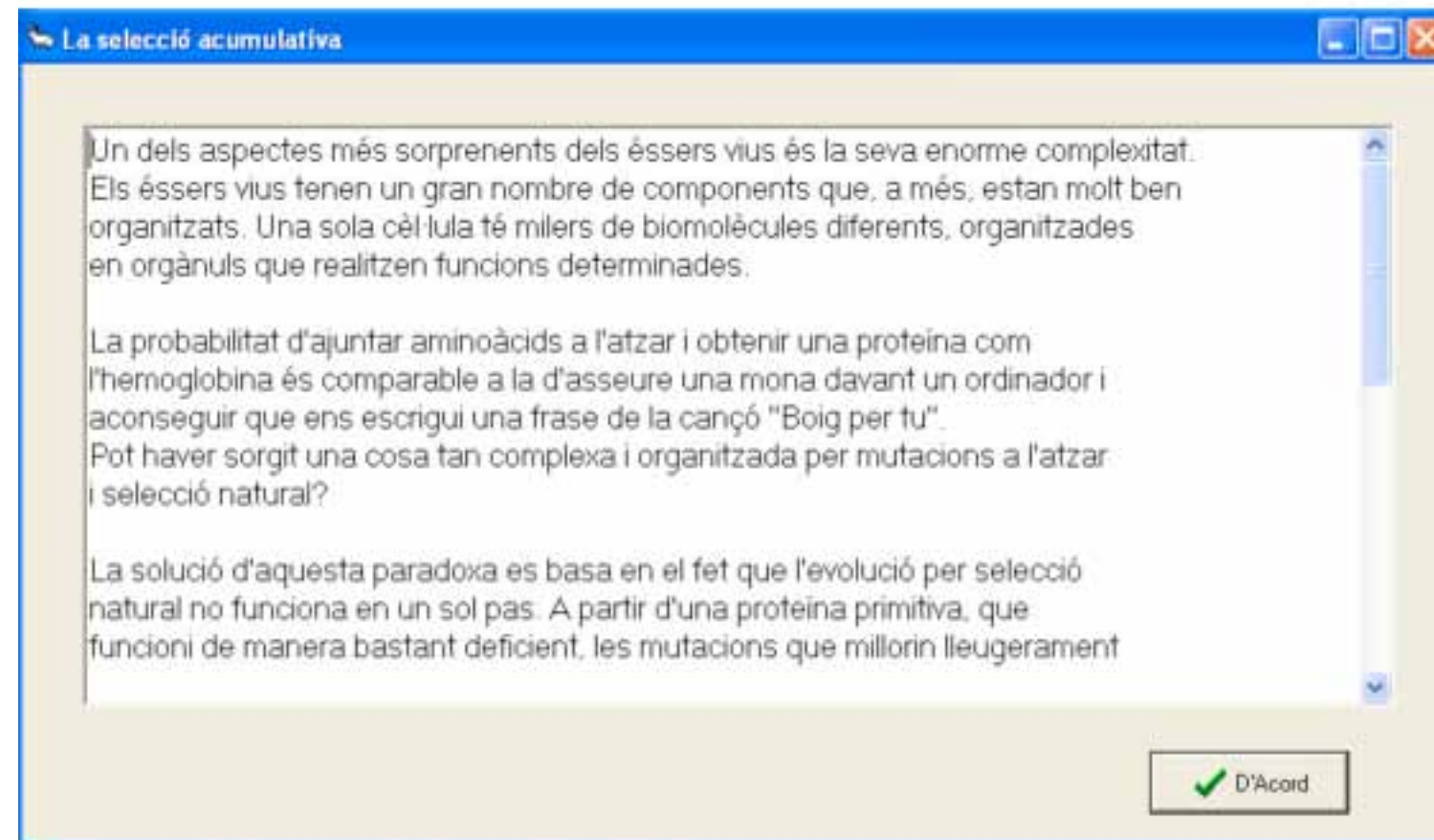
Programa Microevolució.

Mètode

1. Obriu el programa Microevolució.
2. Seleccioneu l'opció "La selecció acumulativa aconseguir el que sembla impossible".

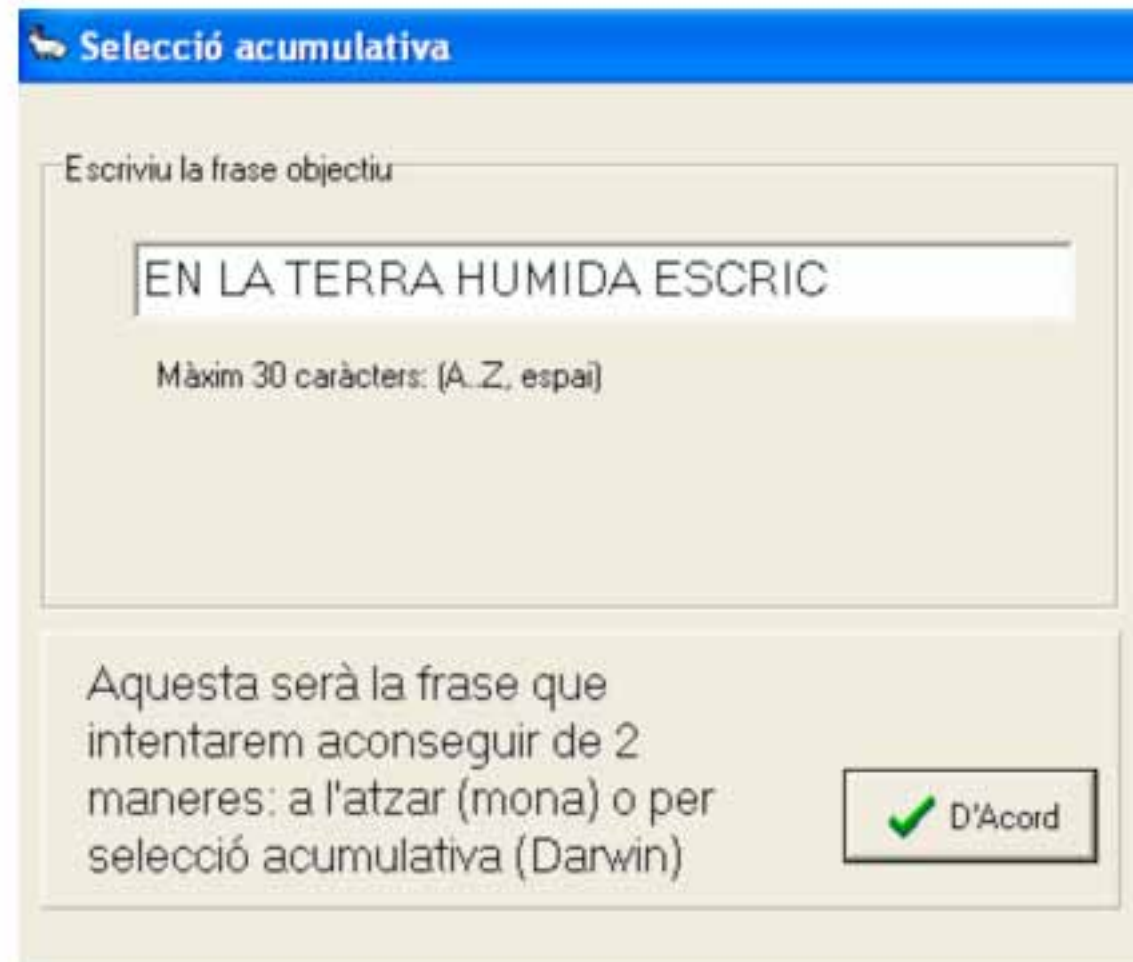


3. S'obrirà una finestra que us explicarà què és la selecció acumulativa i en què es diferencia d'una evolució en un sol pas i de l'atzar. En el fonament teòric d'aquest guió de treball us hem explicat el mateix, de manera que podeu oblidar-vos del contingut de la finestra. Premeu el botó "D'Acord".



4. El programa us demanarà la frase que intentarem aconseguir. La frase pot contenir qualsevol lletra majúscula (incloent la Ç i la W, però no la Ñ), així com espais. Pots entrar el títol d'una cançó, d'un llibre, el teu nom... Aquí suposarem que escrivim la primera frase de la cançó "Boig per tu". Tecleja, doncs, aquesta frase:

"EN LA TERRA HUMIDA ESCRIC".
Quan ho hagis fet, prem el botó "D'Acord".



The screenshot shows a software window titled "Selecció acumulativa". Inside, there is a text input field containing the phrase "EN LA TERRA HUMIDA ESCRIC". Below the field, it says "Màxim 30 caràcters: (A, Z, espai)". At the bottom of the window, there is a paragraph of text: "Aquesta serà la frase que intentarem aconseguir de 2 maneres: a l'atzar (mona) o per selecció acumulativa (Darwin)". To the right of this text is a button with a green checkmark and the label "D'Acord".

5. En aquests moments el programa us demanarà que escriviu una hipòtesi sobre què passarà. Recordeu que intentarem aconseguir aquesta frase de dues maneres: a l'atzar o per selecció acumulativa. Veiem quines probabilitats tenim d'aconseguir escriure aquesta frase a l'atzar.

La frase "EN LA TERRA HUMIDA ESCRIC" té 25 caràcters de llarg. Per a cada caràcter tenim 28 possibilitats: les 27 lletres permeses i l'espai. Calculeu quantes frases diferents de 25 caràcters de llarg es poden escriure amb aquestes lletres.

Nombre de frases possibles de 25 caràcters =

Per tant, cada vegada que escrivim una frase de 25 caràcters, teclejant a l'atzar, quina probabilitat tenim d'encertar la frase que intentem aconseguir?

Probabilitat d'encertar la frase escrivint a l'atzar =

L'ordinador escriurà 10 frases a l'atzar cada segon. Suposem que el temps esperat per escriure la frase sigui igual al temps necessari per escriure totes les frases possibles. Calculeu quant de temps esperem que hagi d'estar funcionant el programa per aconseguir escriure aquesta frase.

Temps necessari (en segons) =

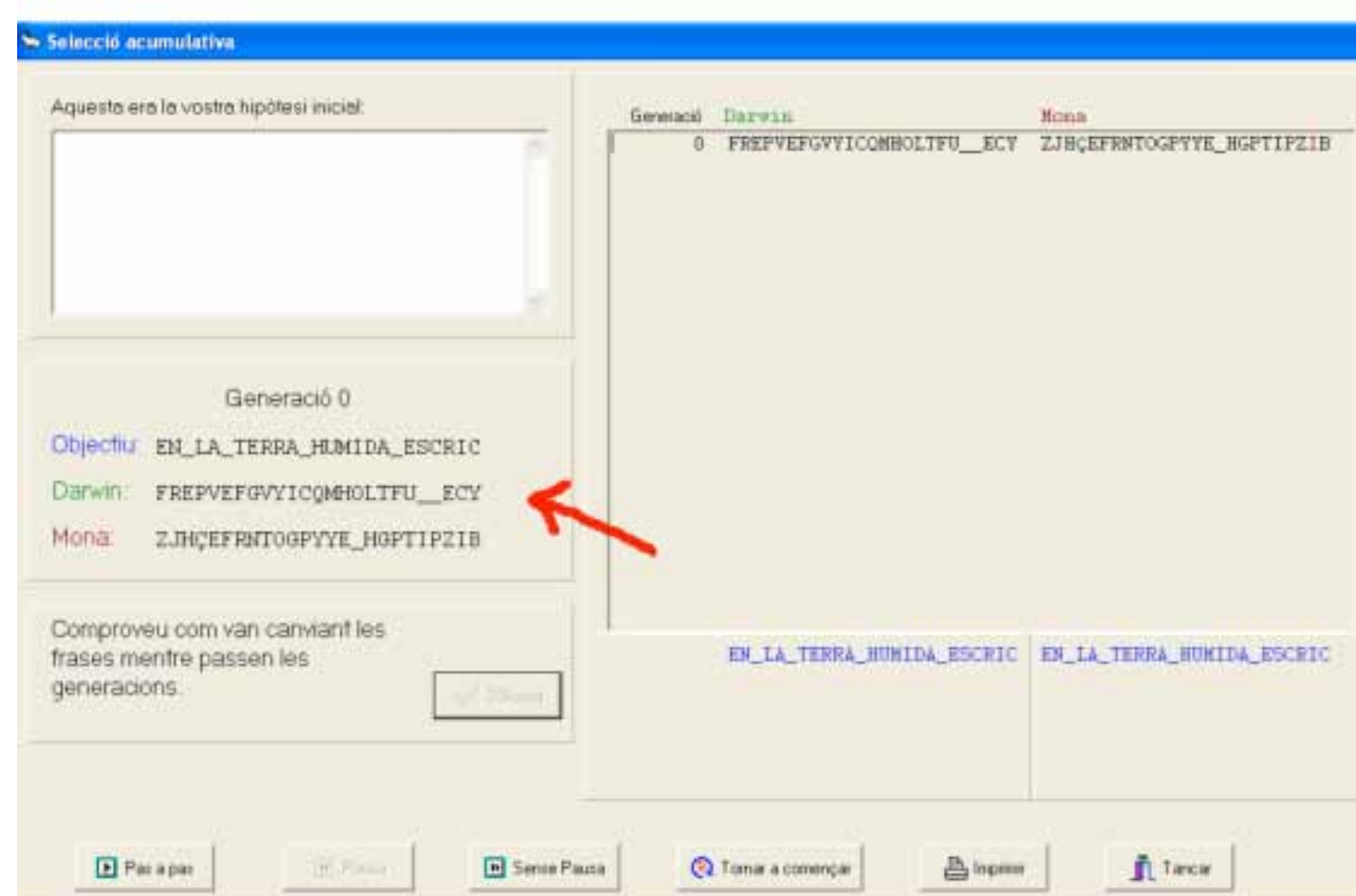
Temps necessari (en anys) =

Tenint en compte tots aquests càlculs, ja podeu escriure la vostra hipòtesi en l'ordinador. Escriviu-la també aquí sota. Quan acabeu, premeu el botó "D'Acord".

La nostra hipòtesi:

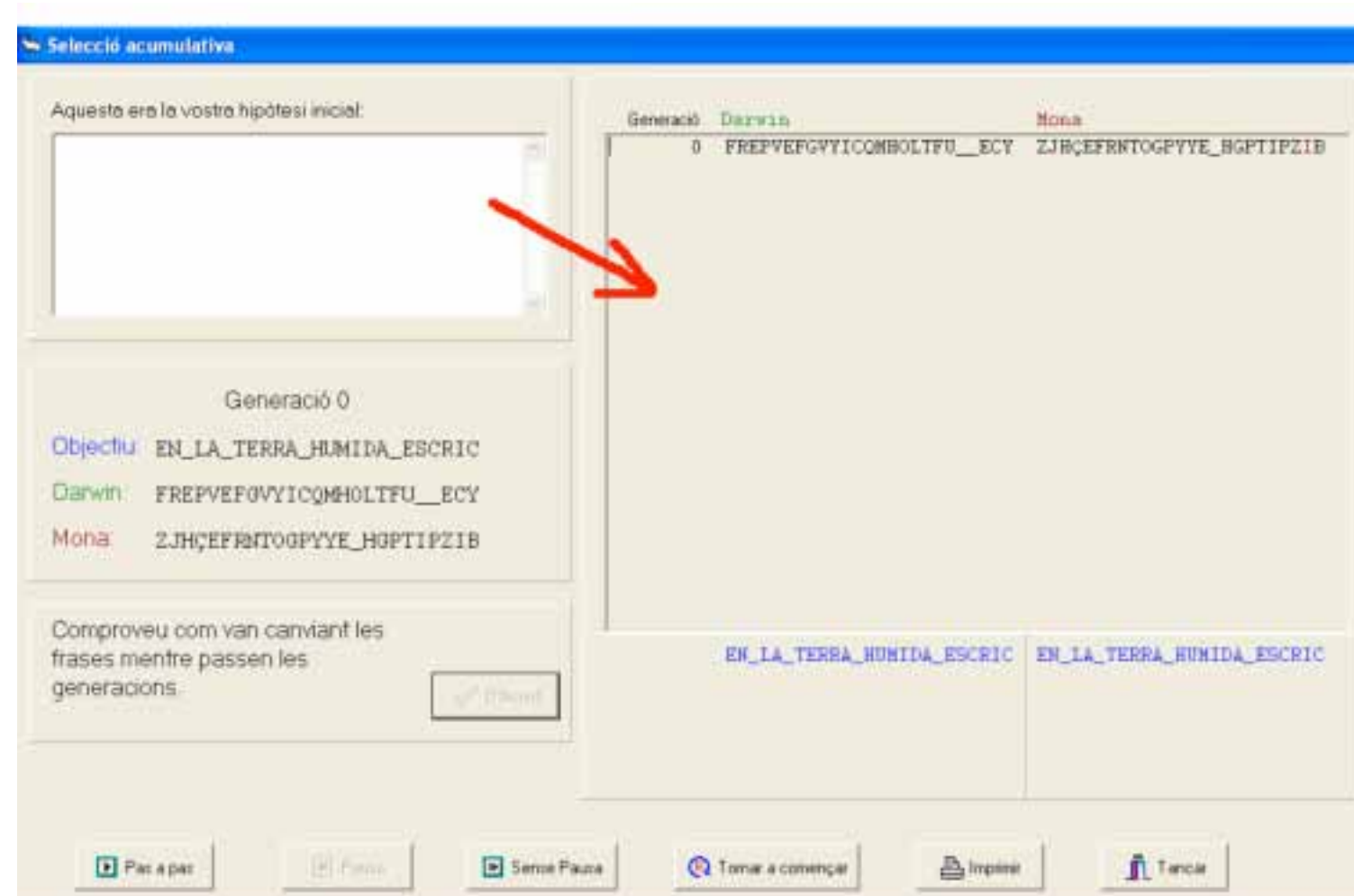
QUI SOM, D'ON VENIM?

6. El programa escriurà ara a l'atzar dues frases: la frase que anomenarem "Mona" i la que anomenarem "Darwin". Aquestes frases seran diferents a la que volem obtenir, a no ser que hagi tingut lloc un miracle. A cada generació, el programa mostrarà l'estat actual d'aquestes frases en la finestra assenyalada:



QUI SOM, D'ON VENIM?

A la dreta de la pantalla hi ha la finestra del registre fòssil, on es van recollint els avenços cap a la frase objectiu. De moment, aquesta finestra conté el mateix que l'anterior, però la informació que hi ha aquí no s'esborra, s'aniran afegint noves frases a sota. A més, les lletres que són iguals que en l'objectiu es mostren en color.



7. A sota hi ha una sèrie de botons que permeten controlar la simulació.

Premeu el botó



Cada vegada que premeu aquest botó s'avançarà una generació. Observeu que passa el següent:

"Mona". S'escriu una nova frase totalment a l'atzar.

"Darwin". Es copia la frase "Darwin" de la generació anterior, però canviant una de les lletres a l'atzar. Si la nova frase s'assembla més a l'objectiu, substitueix l'antiga frase "Darwin". Si no s'assembla més, es conserva la frase "Darwin" antiga.

Quins processos de l'evolució real es simulen quan es crea una nova frase "Darwin"?

8. Si la frase objectiu és mínimament llarga, haurem de passar unes quantes generacions per aconseguir-la. Per això hi ha els dos botons següents.



Fa que el programa avanci generacions a tota velocitat, a unes 10 generacions per segon. El procés continuarà fins que premeu el botó "Pausa" o fins que una de les dues frase ("Mona" o "Darwin") sigui igual a l'objectiu.



Quan s'està executant la simulació sense pauses, aquest botó permet aturar-la.

Premeu el botó "Sense Pausa" i comproveu com van canviant les frases "Mona" i "Darwin". Atureu la simulació, amb el botó "Pausa", sempre que calgui per entendre què va passant.

9. Arribarà un moment en què una de les frases serà igual a l'objectiu. En aquest moment la simulació s'aturarà i el programa us informará sobre què ha passat. Quan això succeeixi, responeu les preguntes següents:

Quantes generacions hem necessitat per aconseguir l'objectiu?

Quina de les dues frases ha aconseguir l'objectiu?

10. Premeu el botó "D'Acord" per escriure les conclusions al programa i respondre aquestes preguntes:

S'han complert les vostres hipòtesis inicials? Expliqueu-ho.

Quines són les vostres conclusions?

11. En aquesta simulació hem vist com la selecció acumulativa pot aconseguir fites que serien pràcticament impossibles per pur atzar. No obstant, hem de tenir en compte que hi ha una diferència fonamental entre aquesta simulació i l'evolució en el món real: en el programa teníem un objectiu que ens guiava, una frase ideal a la qual assemblar-se, però en el món real no hi ha cap objectiu llunyà. **Allò que determina si un ésser viu es multiplica o no és la seva capacitat per sobreviure aquí i ara.**

ACCIÓ DE LA DERIVA GENÈTICA EN UNA POBLACIÓ VIRTUAL

El programa Microevolució (<http://www.xtec.cat/~jllort1/microevolucio.htm>) és un micromón que permet realitzar recerques virtuals de diversos aspectes del procés evolutiu. En aquest cas simularem un procés de deriva genètica.

Material

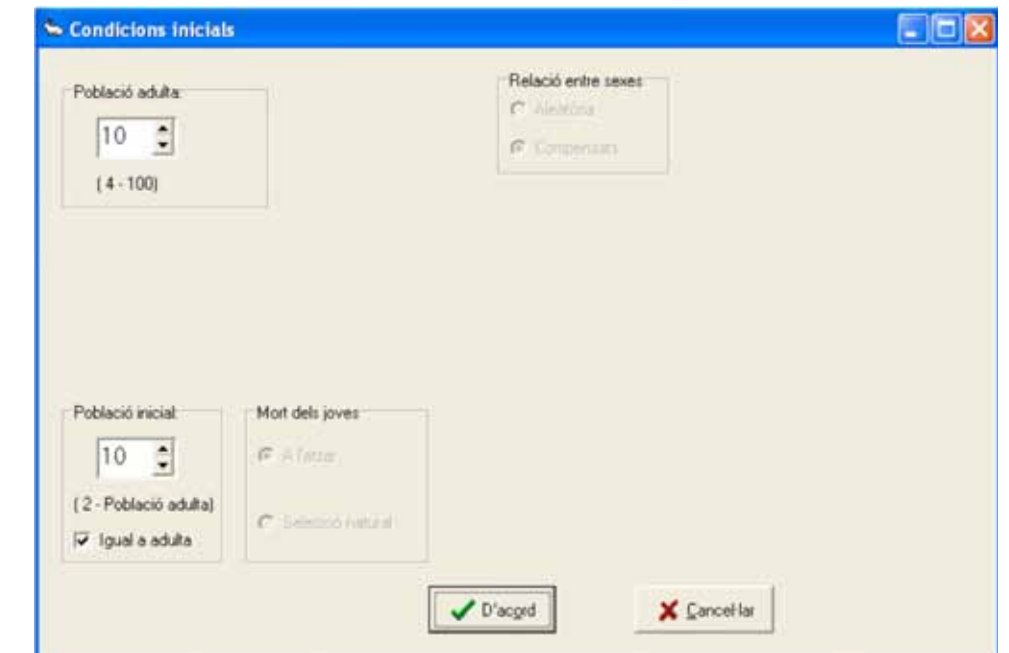
Programa Microevolució.

Mètode

1. Obriu el programa Microevolució.
2. Seleccioneu l'opció "Observeu els efectes de la deriva genètica en una població".
3. S'obrirà la finestra que us permetrà decidir les condicions inicials de la simulació. Observeu que podeu modificar moltes variables. Per observar bé els efectes de la deriva genètica, és recomanable que la població inicial i l'adulta siguin petites.

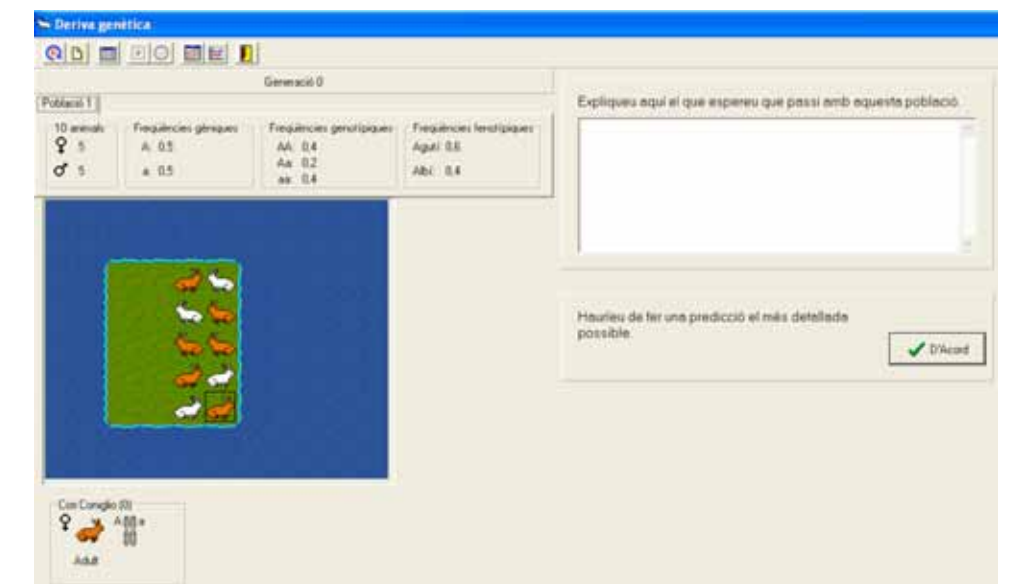


4. En aquest cas, farem que la població inicial i adulta siguin iguals a 10 individus. Quan hagueu ajustat el valor de totes les variables, cliqueu el botó "D'acord".



5. S'obrirà la finestra de deriva genètica, que ha de ser similar a la imatge següent.

Observeu que teniu representada una illa que conté la població inicial, amb tots els seus individus. Cliqueu damunt de qualsevol animal i s'obrirà una petita finestra que us informará del seu sexe, genotip i fenotip. Observeu que en aquesta població el caràcter "color del pelatge" és determinat per un gen amb dos al·lels.



Responen les qüestions següents:

- a) El gen que determina el color del pelatge en aquests conills, és autosòmic o lligat al sexe?
- b) Quins al·lels pot presentar aquest gen? Quins efectes té cadascun? Quina relació hi ha entre els al·lels (dominància, codominància o herència intermèdia)?
- c) Quins són les genotips possibles? Quin fenotip determina cadascun d'ells?

Just al damunt de l'illa teniu les principals dades genètiques de la població: nombre d'animals, freqüències gèniques, genotípiques i fenotípiques.



Entre aquestes dades i el títol de la finestra hi ha una barra d'eines que permeten consultar opcions addicionals o avançar en la simulació. Si deixeu el cursor del ratolí quiet damunt qualsevol d'aquestes eines, apareixerà un petit missatge que informa sobre què fa aquell botó. Observeu, per exemple, que podeu veure una llista amb tots els animals i les seves característiques, així com veure una taula amb les característiques genètiques de la població o veure una representació gràfica de com varien aquestes característiques en funció del temps.



6. A la dreta hi ha una finestra de text, on hauríeu d'escriure què espereu que passi en aquesta simulació. Quan ho hagueu fet, premeu el botó "D'acord".

7. Cada vegada que premeu el botó  o la tecla F9, avançareu un pas en la simulació. En cada generació es realitzaran els següents processos:

- a) Aparellament dels animals. Els membres de les parelles es mouen fins estar junts.
- b) Naixement dels fills, que apareixen just rere els seus progenitors. Cada parella té exactament dos fills que arribaran a adults. D'aquesta manera la població total no variarà.
- c) Mort dels progenitors.
- d) Els joves creixen i arriben a la fase adulta.

8. En qualsevol moment, podeu clicar damunt l'animal que vulgueu per veure totes les seves dades. També podeu utilitzar aquestes opcions de la barra d'eines:




-  Obrir una finestra on es mostrin tots els animals i les seves característiques.
-  Modificar el ritme de la simulació. Podeu fer que avanci automàticament, a velocitats variables, amb o sense pauses.

-  Veure en una taula com han anat variant les diferents freqüències en funció del temps.
 -  Veure una representació gràfica de la variació de les diferents freqüències en funció del temps.
9. Avanceu la simulació al ritme que us permeti adonar-vos de què està passant amb la població.
10. Arribarà un moment en què la població ja no variarà i la simulació s'aturarà. Ompliu la finestra de conclusions.

Contesteu les qüestions següents:

- a) Com ha variat la població al llarg del temps? Quins paràmetres ens permeten descriure aquests canvis?
- b) S'han complert les vostres hipòtesis inicials? En cas que no, expliqueu en quins aspectes i per què.
- c) Ha passat el mateix en els altres grups? Expliqueu-ho.
- d) Quin procés ha produït aquests canvis? Expliqueu breument com actua.
- e) Quines conclusions heu extret d'aquesta simulació?



11. Un cop hagueu acabat, teniu les següents opcions:
-  Repetir. Iniciar una nova simulació amb les mateixes condicions que l'anterior.
 -  Tornar a començar. Iniciar una nova simulació canviant les condicions inicials.
 -  Acabar. Sortir de la simulació i tornar al menú principal de Microevolució.

ACCIÓ DE LA SELECCIÓ NATURAL EN UNA POBLACIÓ VIRTUAL

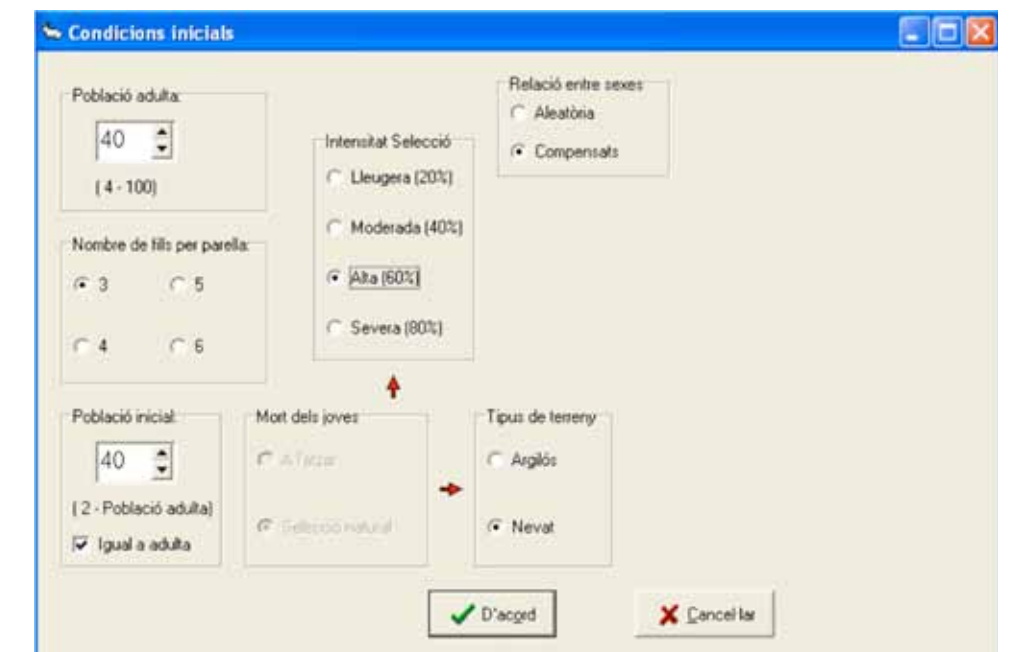
En aquest cas simularem un procés de selecció natural.

Material

Programa Microevolució.

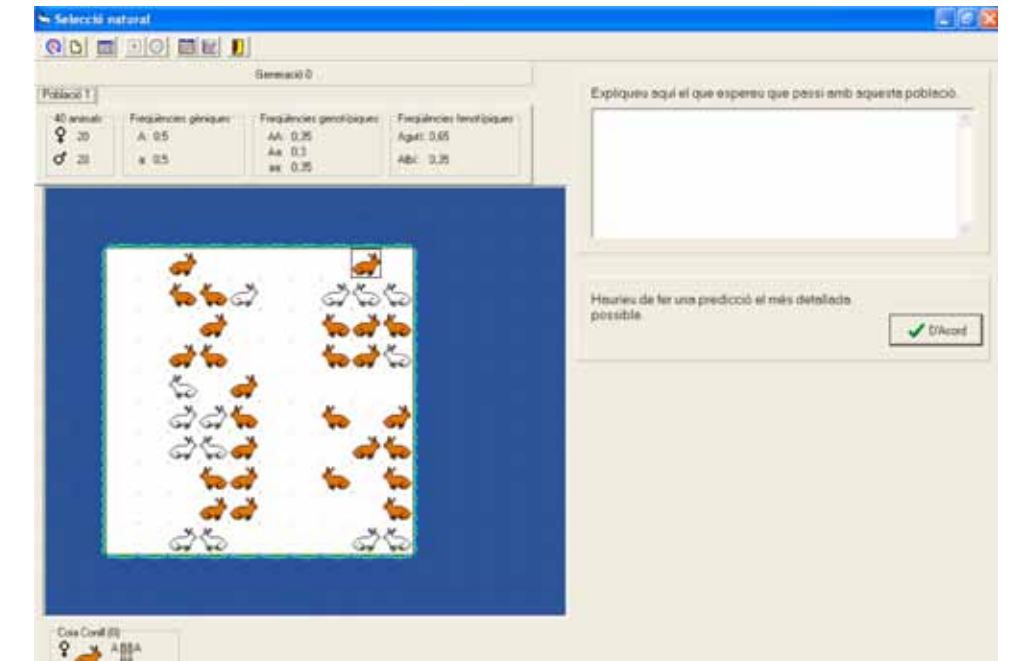
Mètode

1. Obriu el programa Microevolució.
2. Seleccioneu l'opció "Comproveu l'acció de la selecció natural en una població".
3. S'obrirà la finestra que us permetrà decidir les condicions inicials de la simulació. Observeu que podeu modificar moltes variables. Per eliminar els efectes de la deriva genètica, és recomanable que la població inicial i l'adults siguin iguals i no siguin inferiors a 40 individus.



4. En aquest cas, farem que la població inicial i adulta siguin iguals a 40 individus, el nombre de fills per parella valgui 3, la intensitat de la selecció alta, la relació entre sexes compensada i el tipus de terreny sigui nevat. Quan hagueu ajustat el valor de totes les variables, cliqueu el botó "D'Acord".

5. S'obrirà la finestra de selecció natural, que ha de ser similar a la imatge següent.



Observeu que teniu representada una illa que conté la població inicial, amb tots els seus individus. Cliqueu damunt de qualsevol animal i s'obrirà una petita finestra que us informará del seu sexe, genotip i fenotip. Com podeu veure, en aquesta població el caràcter "color del pelatge" és determinat per un gen amb dos al·lels.

Responen les qüestions següents:

- a) El gen que determina el color del pelatge en aquests conills, és autosòmic o lligat al sexe?
- b) Quins al·lels pot presentar aquest gen? Quins efectes té cadascun? Quina relació hi ha entre els al·lels (dominància, codominància o herència intermèdia)?
- c) Quins són les genotips possibles? Quin fenotip determina cadascun d'ells?

Just al damunt de l'illa teniu les principals dades genètiques de la població: nombre d'animals, freqüències gèniques, genotípiques i fenotípiques.

Entre aquestes dades i el títol de la finestra hi ha una barra d'eines que permeten consultar opcions addicionals o avançar en la simulació. Si deixeu el cursor del ratolí quiet damunt qualsevol d'aquestes eines, apareixerà un petit missatge que informa sobre què fa aquell botó. Observeu, per exemple, que podeu veure una llista amb tots els animals i les seves característiques, així com veure una taula amb les característiques genètiques de la població o veure una representació gràfica de com varien aquestes característiques en funció del temps.

6. A la dreta hi ha una finestra de text, on hauríeu d'escriure què espereu que passi en aquesta simulació. Quan ho hagueu fet, premeu el botó "D'acord".

7. Cada vegada que premeu el botó  o la tecla F9, avançareu un pas en la simulació. En cada generació es realitzaran els següents processos:

a) Aparellament dels animals. Els membres de les parelles es mouen fins estar junts.





b) Naixement dels fills, que apareixen just rere els seus progenitors.

c) Mort dels progenitors.

d) Els individus joves són depredats per àguiles. Veuràs que alguns dels joves van desapareixent de la pantalla. El programa va seleccionant animals a l'atzar. Si l'animal destaca sobre el terreny, és eliminat directament. Si l'animal es confon amb el terreny, hi ha una probabilitat (que has ajustat en la finestra de condicions inicials) que el depredador no el vegi i, per tant, es salvi. El procés continua fins que tinguem el nombre d'individus que havíem fixat inicialment.

e) Els joves arriben a la fase adulta.




8. En qualsevol moment, podeu clicar damunt l'animal que vulgueu per veure totes les seves dades. També podeu utilitzar aquestes opcions de la barra d'eines:

-  Obrir una finestra on es mostrin tots els animals i les seves característiques.
 -  Modificar el ritme de la simulació. Podeu fer que avanci automàticament, a velocitats variables, amb o sense pauses. Per exemple, si voleu veure quan un animal es salva de ser depredat perquè es confon amb el medi, activeu "Pausa en eliminar un jove".
 -  Veure en una taula com han anat variant les diferents freqüències en funció del temps.
 -  Veure una representació gràfica de la variació de les diferents freqüències en funció del temps.
9. Avanceu la simulació al ritme que us permeti adonar-vos sobre què està passant amb la població.
10. Arribarà un moment en què la població ja no variarà i la simulació s'aturarà. Ompliu la finestra de conclusions.

Contesteu les qüestions següents:

- a) Com ha variat la població al llarg del temps? Quins paràmetres ens permeten descriure aquests canvis?
- b) S'han complert les vostres hipòtesis inicials? En cas que no, expliqueu en quins aspectes i per què.
- c) Quin procés ha produït aquests canvis? Expliqueu breument com actua.
- d) Quines conclusions heu extret d'aquesta simulació?

11. Un cop hagueu acabat, teniu les següents opcions:

-  Repetir. Iniciar una nova simulació amb les mateixes condicions que l'anterior.
-  Tornar a començar. Iniciar una nova simulació canviant les condicions inicials.
-  Acabar. Sortir de la simulació i tornar al menú principal de Microevolució.

UNA RECERCA VIRTUAL

En aquest cas treballarem amb una població virtual amb conills, el color dels quals depèn d'un gen amb dos al·lels: l'al·lel dominant A produeix el fenotip color marró, mentre l'al·lel recessiu a produeix el fenotip de color blanc. Aquests dos fenotips estan més o menys adaptats depenent del tipus de terreny, que pot ser argilós o nevat. Direm que l'al·lel que produeix el fenotip més adaptat és el més adaptatiu i que un al·lel es fixa en la població quan la seva freqüència gènica arriba a 1. En la nostra recerca intentarem esbrinar si l'al·lel més adaptatiu és fixat més ràpidament per la selecció natural quan és dominant o quan és recessiu.

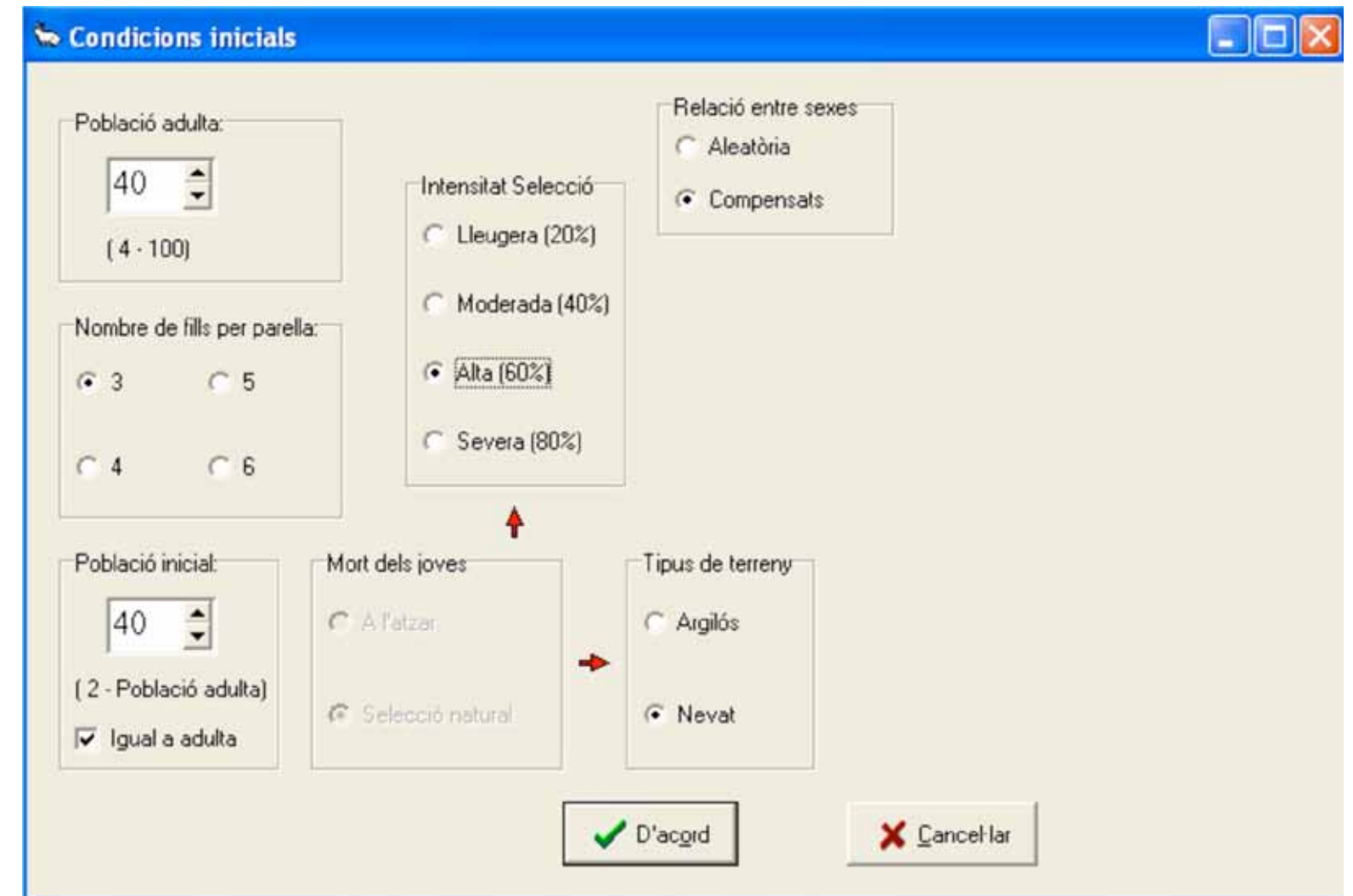
QUI SOM, D'ON VENIM?

Material

Programa Microevolució.

Mètode

Utilitzarem el mateix mòdul del programa que en la simulació de l'acció de la selecció natural. Recordeu que en la finestra de condicions inicials podem modificar diverses variables i que, en qualsevol cas, és recomanable que la població inicial i l'adulta siguin iguals i al menys de 40 individus.





Responen les qüestions següents:

1. Quins són els al·lels que intervenen en aquesta simulació? Quins fenotips produeixen?
2. Quin serà l'al·lel més adaptatiu en ambient argilós? I en ambient nevat?
3. Quin és el problema que volem investigar?
4. Quines són les hipòtesis possibles?
5. Quina és la variable independent? I la variable dependent?
6. Dissenyeu un experiment virtual que us permeti resoldre el problema. Detalleu els passos que cal seguir i no us oblideu d'especificar clarament el control ni de fer les rèpliques adequades.
7. Quins resultats heu obtingut?
8. Quines conclusions podem extreure?