

# Simulador Evolució

*Enric Brasó Campderrós; Rafael Serra Fuster; Maria Rosa Vives Lliteras*  
Programa d'Informàtica Educativa, 1988.

1. ESPECIFICACIONS GENERALS
2. DESCRIPCIÓ BIOLÒGICA DEL SIMULADOR
  - 2.1. La població i l'hàbitat
  - 2.2. La reproducció
  - 2.3. L'eliminació
  - 2.4. Els paràmetres
  - 2.5. L'ambient
  - 2.6. La descripció dels models
    - 2.6.1. Bivalves en un hàbitat fluvial
    - 2.6.2. Cargols en un litoral
    - 2.6.3. Sargantanes de les Balears
    - 2.6.4. Vegetals a una vall
    - 2.6.5. Éssers imaginaris en un planeta
3. FUNCIONAMENT DEL PROGRAMA
4. ASPECTES DIDÀCTICS
  - 4.1. Nivell a què va dirigit
  - 4.2. Coneixements previs a la utilització del programa
  - 4.3. Objectius educatius
  - 4.4. Sugerències per a la utilització
  - 4.5. Exemples d'utilització
    - 4.5.1. Exemple de colonització i adaptació
    - 4.5.2. Exemple d'adaptació i extinció
    - 4.5.3. Exemple d'especiació
    - 4.5.4. Exemple d'especiació insular
5. INFORMACIÓ TÈCNICA
6. BIBLIOGRAFIA

## 1. ESPECIFICACIONS GENERALS

El programa EVOLUCIÓ és un simulador de l'evolució filètica de les espècies a través de la selecció natural. El disseny del programa es basa en la teoria darwinista de l'evolució. La simulació es realitza a partir de la variabilitat de la descendència d'una població uniespecífica i de la posterior supervivència dels millor adaptats.

Al ser un simulador permet realitzar experiments que d'altra manera serien impossibles, o com a mínim, de difícil realització efectiva ja que exigirien uns mitjans i un temps desmesurats a escala docent.

Com és usual per referir-nos a la pulsació d'una tecla usem el ròtul de la tecla entre els símbols <>, o bé amb negre sobre vermell.

## 2. DESCRIPCIÓ BIOLÒGICA DEL SIMULADOR

El programa simula el procés de microevolució, és a dir el canvi gradual dels caràcters d'una espècie, i llur diversificació en poblacions diferents. Es modela doncs una part del procés evolutiu global.

Per simular l'evolució el programa utilitza una població, un hàbitat i el concepte d'ambient. El motor de la simulació consisteix en la repetició cíclica de dos processos: la reproducció, amb què es produeix variabilitat morfològica, i l'eliminació dels individus, segons sigui l'adaptació de les seves característiques morfològiques a l'ambient.

## **2.1. La població i l'hàbitat**

Cada individu és descrit per un costat amb dos paràmetres morfològics (A,B) que determinen un punt en el pla. El conjunt de punts representats en aquest gràfic simbolitza doncs la morfologia de la població. El programa ofereix la possibilitat de veure un dibuix corresponent a qualsevol punt d'aquest gràfic.

Per altre costat cada individu és descrit per un valor que el situa en un lloc de l'hàbitat. Tant aquest valor com els dos que determinen la morfologia no varien mai durant la vida d'un individu.

L'hàbitat es descriu linealment, és a dir, els individus se situen en un punt del segment que representa l'hàbitat. El programa mostra permanentment l'histograma del nombre d'individus situats a cada interval de l'hàbitat i el nombre total d'individus. Per hàbitat s'entén tant els factors físics (temperatura, humitat, etc), com els factors biològics (alimentació, depredadors, competidors, etc. ).

La població inicial pot determinar-la l'alumne o bé ésser calculada aleatòriament de forma automàtica.

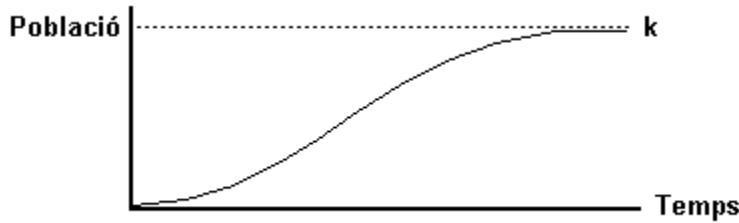
## **2.2. La reproducció**

En aquesta fase el programa ressegueix l'hàbitat interval a interval, produint nous individus a partir dels actuals.

La morfologia dels descendents es calcula a partir de la morfologia paterna i del paràmetre VARIABILITAT. Se simula així el procés de recombinació dels gens i les mutacions aleatòries.

La situació de cada nou individu a l'hàbitat es calcula a partir de la situació dels progenitors i del paràmetre DISPERSIÓ.

El creixement de la població en un interval determinat del hàbitat s'obté segons la corba logística de Verhulst:



La població augmenta primer lentament però paulatinament l'augment va essent més ràpid, fins arribar a un punt d'inflexió a partir del qual el ritme de creixement disminueix progressivament apropant-se a l'asímtota Població=K, que representa un màxim potencial.

### 2.3. L'eliminació

En aquesta fase es regula la variabilitat per la selecció pròpiament dita, eliminant els individus menys adaptats.

S'utilitza per això una funció que per cada morfologia (A,B) i cada situació a l'hàbitat dóna un valor que representa la eficàcia biològica. Aquesta funció és diferent en cada cas, existint un conjunt de posicions i morfologies amb valors màxims. Les combinacions que s'allunyen d'aquests valors màxims són progressivament menys valorades. Aquesta funció pot ser canviada per l'usuari, per simular així canvis ambientals.

Cada individu posseeix en el moment del seu naixement una quantitat de punts equivalents al paràmetre CAPACITAT VITAL. En cada procés d'eliminació es resta a aquesta puntuació una quantitat inversament proporcional a la seva eficàcia biològica. Els individus són eliminats a l'esgotar-se la seva puntuació. Així, els individus amb eficàcia biològica màxima viuran exactament el número de cicles que indica el valor del paràmetre capacitat vital i, per tant, deixaran més descendència, mentre que altres pitjor adaptats viuran menys cicles i deixaran, en conseqüència, menys descendència.

### 2.4. Els paràmetres

La dispersió, la variabilitat genètica i la capacitat vital poden ésser modificats durant la simulació. El significat de cadascun d'aquests paràmetres és el següent:

La dispersió mesura la distància dels progenitors als descendents, dins de l'hàbitat. El seu valor apareix com Disp. a la pantalla. Pot oscilar entre 1 i 20 intervals. Així, una dispersió de 14 indica que els fills es repartiran en 14 intervals al voltant del progenitor.

La variabilitat genètica mesura les diferències morfològiques dels fills en relació als pares. El seu valor apareix com a Var. a la pantalla. El seu rang va d'1 a 20 intervals. Una variabilitat 8 indica que els descendents estaran situats en un cercle de

radi 8 a la gràfica bidimensional que representa la morfologia i que mesura 40x40 unitats.

La capacitat vital mesura el nombre de cicles que pot viure un individu si està òptimament adaptat. Apareix como a C Vit. a la pantalla. Pot variar entre 3 i 100 però els valors alts fan lent el programa i els valors baixos provoquen ràpidament l'extinció.

## **2.5. L'ambient**

Tal com s'ha dit, existeix una funció que mesura l'eficàcia biològica de cada individu possible en cada posició possible de l'hàbitat. Aquesta funció té uns màxims en determinats punts, diferents segons el model que s'usa. El canvi de la funció desplaçant aquests màxims pot interpretar-se com alteracions de l'ambient que modifiquen l'eficàcia biològica dels individus.

L'opció de canvi d'ambient permet el desplaçament dels pics adaptatius. Es proposa així als usuaris l'anàlisi de la influència d'aquests canvis a la població. És fàcil comprovar com alteracions brusques provoquen normalment l'extinció, mentre que canvis graduals poden conduir a l'adaptació de la població a les noves circumstàncies ambientals. Per això és necessari que junt amb els canvis ambientals, els valors dels paràmetres siguin els adequats.

Per simplicitat l'ambient es representa per un nombre sencer del 0 al 9, així si en un moment tenim l'ambient a 5 podem simular un canvi brusc de l'ambient modificant-lo directament a 0, mentre que unes successives modificacions en 4, 3, 2, 1 i 0 deixant que la població s'adapti a cada nou ambient simularia una adaptació lenta.

## **2.6. La descripció dels models**

Les descripcions d'aquest apartat es poden rellegir en qualsevol moment del programa prement <F3>.

### **2.6.1. Bivalves en un hàbitat fluvial**

L'hàbitat en aquest exemple el constitueixen els nivells característics d'un riu: curs alt, curs mitjà i curs baix.

En el curs alt la velocitat de la corrent provoca la mobilitat del substrat i de les pedres del fons, així mateix aquestes aigües són relativament pobres en material nutritiu.

En el curs mitjà augmenta el cabal i disminueix la velocitat del corrent.

El curs baix, que es caracteritza per les aigües tranquil·les i nutritivament riques, és, no obstant, l'escenari d'una major competència i depredació entre espècies.

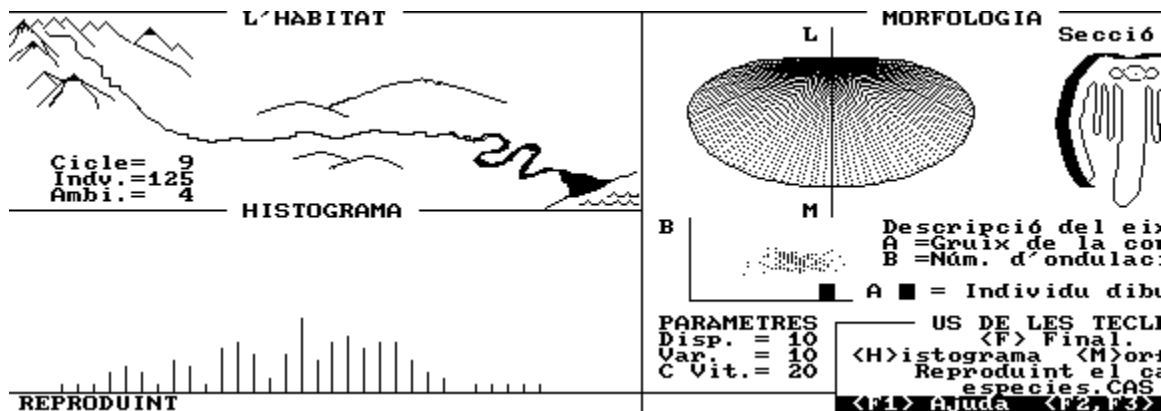
L'espècie tractada en aquest cas és un mol·lusc bivalve (classe lamelibranquis)

d'hàbitat limnícola. Poseeix un peu musculós que surt entre les dues valves simètriques articulades i que utilitza per fixar-se al substrat. És micròfaga i posseeix dos tubs o sifons tapissats interiorment d'epiteli ciliat; gràcies al moviment dels cilis s'estableix un corrent continu d'aigua que entra per un dels sifons i surt per l'altre passant prèviament per les brànquies i la boca. Són, doncs, animals filtradors que s'alimenten de les petites partícules digeribles que es troben en suspensió a l'aigua. En aquest model utilitzarem la morfologia de la closca que protegeix a aquests animals. Les variacions seran, per un costat, el nombre de costelles i, per altre, el gruix de la closca.

La producció d'una closca és una operació que requereix molt de temps i una gran quantitat d'energia metabòlica. La selecció natural actua, doncs, afavorint els gens que regeixen la producció d'una closca no més massissa del necessari.

Així, en el curs alt és probablement millor construir una closca gruixuda per resistir l'aixafament provocat per les pedres arrossegades pel corrent, encara que també les costelles representen un reforç a l'estructura de la closca.

Gràfica 1



En el curs baix, en canvi, és probablement millor construir una closca més prima i augmentar amb el sobrant d'energia metabòlica el nombre de descendents, ja que aquesta és suficient per a protegir-se dels depredadors usualment petits. [MARGALEF, 1977].

## 2.6.2. Cargols en un litoral

En aquest exemple l'hàbitat estudiat és la faixa costanera que se seca periòdicament. Els factors abiòtics (temperatura, humitat, salinitat, influència de l'onatge) varien molt. Tots els organismes tenen aquí amplis marges de tolerància motivats pels canvis periòdics dels factors ambientals.

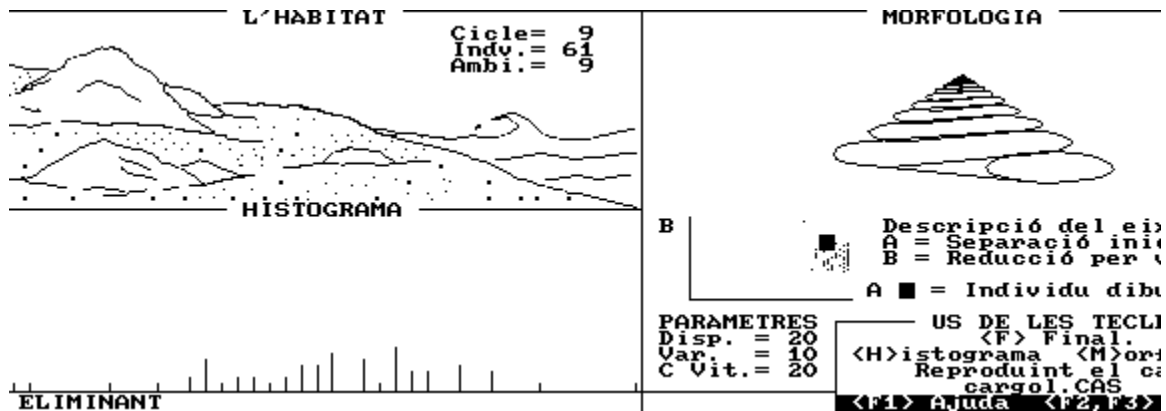
El resultat és una marcada delimitació de zones en faixes horitzontals segons les associacions ecològiques.

Els cargols marins són una de les espècies típiques d'aquest hàbitat: la seva closca els permet aïllar-se en els moments desfavorables.

La formació de la gran varietat de closques i petxines existents a la natura es poden explicar variant sols uns pocs factors de creixement [RAULP, 1966]. Entre aquests hem escollit el ritme amb què l'elipse generatriu creix al desenvolupar-se la closca i el

desplaçament d'aquesta elipse respecte de l'eix de gir.

Gràfica 2



La part proporcional que representa l'obertura en relació al cos de l'animal condiciona la seva resistència a la sequera.

Així mateix els individus amb una relació superfície/volumen menor, és a dir, més esfèrics, estan en millors condicions de regular la seva temperatura.

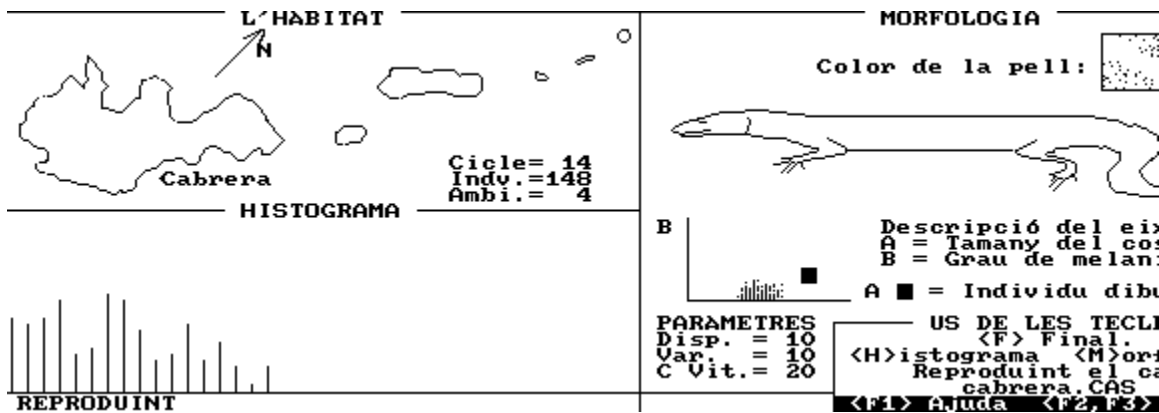
Altres adaptacions de la closca relacionades amb l'onatge, els depredadors o la competència per l'aliment amb altres espècies són també possibles [HADORN, 1977].

### 2.6.3. Sargantanes a les illes Balears

Aquest model utilitza el conegut cas de la sargantana *Podaris lilfordi* de les illes Balears. L'arxipèlag de Cabrera, situat a uns 20 Km. al sud de Mallorca, constitueix el biotop clímax d'aquesta espècie. Es caracteritza per la seva constitució calcària i el clima àrid i sec.

La *Podaris lilfordi* és un rèptil que viu a quasi totes les illes i illots de Mallorca i Menorca. Les poblacions, aïllades reproductivament, s'han diversificat creant races. Aquestes són distingibles per les seves mesures, que van de 6 a 14 cm. de llarg; pel color, que varia del verd groguenc al blau quasi negre; les proporcions corporals i alguns detalls de la forma i nombre de les escames. Aquest programa treballa amb els dos primers.

gràfica 3



El mar constitueix una barrera pràcticament definitiva, que impossibilita la dispersió d'una illa a l'altra. Sols en alguns casos excepcionals és possible imaginar que alguna sargantana sigui arrossegada pel mar d'una illa a l'altra, o bé que voluntària o involuntàriament l'home l'hagi transportada.

Les interpretacions de l'origen de les diferents característiques morfològiques de cada raça són discutibles i de difícil comprovació. Per exemple el melanisme observat en els illots més inhòspits es pot interpretar de tres formes: com una adaptació críptica que evitaria que els individus fossin localitzables per possibles depredadors; com una adaptació tèrmica, ja que el color negre afavoreix l'absorció de calor; o bé com un estalvi energètic, ja que certes reaccions metabòliques poden emmagatzemar residus en forma de pigments foscos en lloc d'excretar-los (sistema més car energèticament) [MAYOL, 1985].

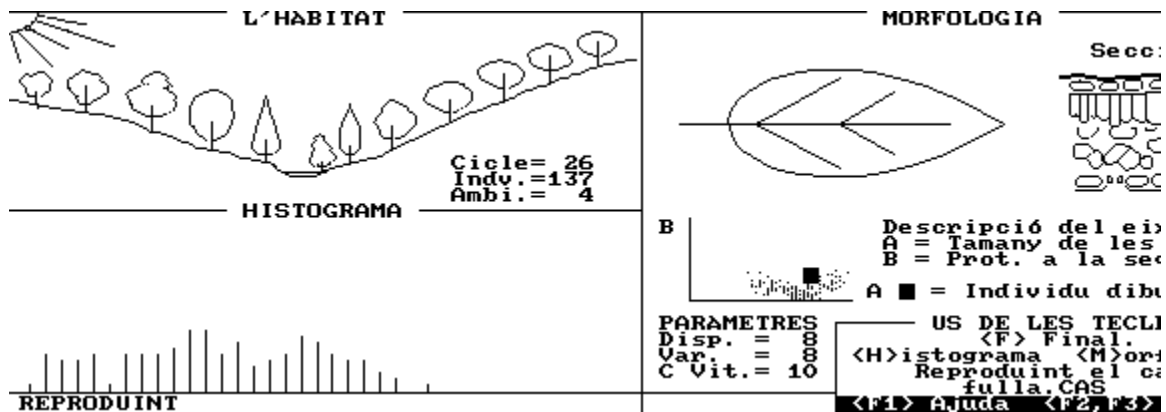
Així mateix el tamany pot considerar-se una conseqüència de la dieta a què es veuen obligats. En els illots petits la fauna -insectes, miriàpodes etc.- és escassa, amb conseqüència, l'alimentació és principalment vegetal. Un intestí llarg, (que suposa animals més grossos), permet una millor assimilació que un intestí curt que, no obstant, podria sobreviure en una illa major amb una dieta més variada [MARGALEF, 1977].

#### 2.6.4. Vegetals a una vall

Els ambients sobre els quals treballa aquest exemple estan representats esquemàticament en una vall orientada Est-Oest de forma que a l'obaga es donen condicions d'humitat alta, que s'accentuen més al fons de la vall, i al vessant solell es donen condicions més seques i extremes. L'estratificació dels vegetals en aquestes condicions és usual. A quasi totes les muntanyes es donen pisos de vegetació.

Aquí, i per simplificar, ens fixem sols en les dimensions de les fulles i en el grau de protecció d'aquestes contra la sequera, (amb la formació de cutícula, reducció del parénquima esponjós, aparició de pèls, enfonsament dels estomes, etc.)

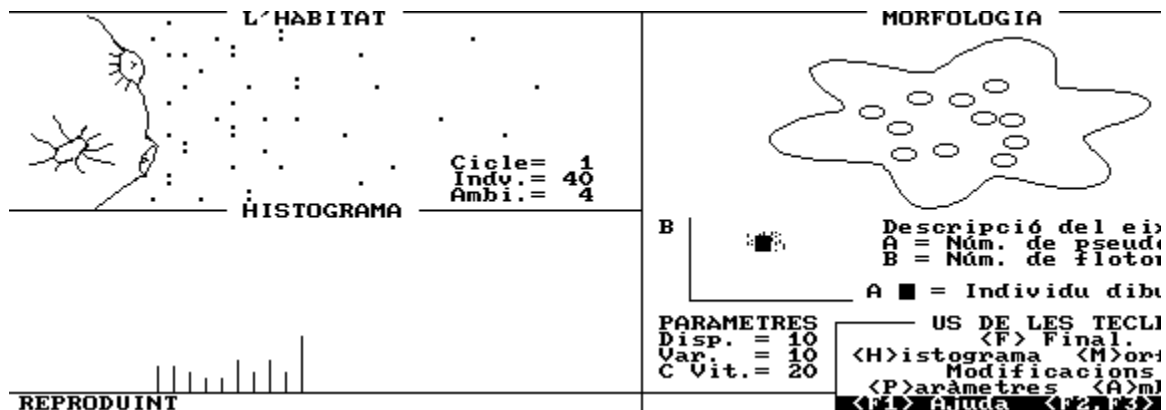
Les fulles grosses es donen particularment en els ambients ombrejats, on és important una gran superfície per captar el màxim de llum solar. Les petites en canvi són normals en ambients assolellats, sense limitació de llum.



### 2.6.5. Éssers imaginaris en un planeta

L'ambient aquí és l'atmosfera d'un planeta imaginari. Les diferències de pressió i de nutrients en suspensió en funció de l'altura provoquen l'estratificació en capes horitzontals dels éssers que l'habiten, ja que els nutrics són escassos a les parts altes de la atmosfera.

Gràfica 5



L'espècie considerada, també imaginària, ha de resistir la pressió, molt elevada a la part inferior de l'atmosfera i s'alimenta absorbint nutrients per la membrana que l'aïlla del medi. Per a mantenir-se a l'atmosfera, l'espècie ha desenvolupat estructures flotants consistents en espais interiors que anomenem "flotons" que omple d'un gas lleuger.

La capacitat d'alimentació d'aquesta espècie augmenta amb la superfície que exposa a l'exterior, cosa que aconsegueix ondulant la seva membrana, però les ondulacions de la membrana dificulten la resistència a la pressió.

## 3. FUNCIONAMENT DEL PROGRAMA

Per posar en marxa el programa cal, si no està instal·lat el Sesam o un altre programa d'introducció, situar-se al subdirectori que conté els fitxers i teclejar EVO.



La mecànica de funcionament queda ja clara amb les explicacions del propi programa, en qualsevol moment es disposa de les tecles d'ajuda F1, F2 i F3:

<F1> Dóna una pantalla d'ajuda on es descriu amb detall l'ús de les tecles utilitzables en cada moment així com aclariments del significat biològic de les opcions i la pantalla.

<F2> Torna a mostrar l'explicació general del programa que va aparèixer en els passos preliminars.

<F3> Accedeix de nou a l'explicació biològica del model que s'està usant, detallada aquí a l'apartat 2.6.

La pulsació d'aquestes tecles és atesa immediatament pel programa i poden ser pulsades en qualsevol moment.

En la pantalla de treball hi apareix el requadre ÚS DE LES TECLES on es descriuen les que poden utilitzar-se en cada moment.

La presència del cursor pampalluguejant en algun lloc de la pantalla indica que el programa està esperant la pulsació d'alguna d'aquestes tecles.

A la línia inferior d'aquesta pantalla hi figura l'estat en què es troba en tot moment el simulador, o la indicació NO VÀLID si s'introdueixen paràmetres fora del rang permés.

Les opcions <M>orfologia, <H>istograma, <A>mbient i <P>aràmetres són ateses al concloure un cicle reproducció-eliminació, no cal doncs insistir en la seva pulsació ja que això portaria a la seva repetició.

La tecla <Esc> retorna sempre el control al cicle principal, i la tecla <F>inal conclou l'execució de l'exemple en acabar el cicle en curs i permet recomençar-ne un altre.

## **4. ASPECTES DIDÀCTICS**

### **4.1. Nivell a què va dirigit**

El programa està pensat per als alumnes de biologia de COU o qualsevol altre curs equivalent que englobi aquest tema.

### **4.2. Coneixements previs a la utilització del programa**

És convenient per a la comprensió del programa tenir perfectament assimilats els conceptes següents:

- La definició d'espècie.
- El coneixement de les categories taxonòmiques per sota de l'espècie.

- El concepte d'adaptació, com a mínim a nivell d'exemples.
- Els conceptes elementals d'ecologia: hàbitat, cadenes tròfiques, depredador i presa.
- Els conceptes bàsics de l'herència biològica.
- Els principals passos de l'evolució.
- Les principals proves de l'evolució.

### 4.3. Objectius educatius

L'objectiu general del programa, l'assimilació del concepte d'evolució, es pot detallar així:

- Comprendre la llarga duració dels processos evolutius.
- Comprendre la quantitat enorme de "fracassos" i extincions que es donen a la història de la vida.
- Comprendre el paper que juga en una població la creació de variabilitat originada per les mutacions i recombinacions del material genètic.
- Comprendre el paper de l'ambient com a seleccionador dels individus millor adaptats.
- Comprendre el delicat equilibri que s'estableix entre variacions ambientals i variacions del material genètic.
- Comprendre que la variabilitat genètica que s'arriba en heretar (o variabilidad útil per l'espècie) és sols una petita part de la que es produeix contínuament.
- Comprendre que l'enorme variabilitat genètica genera el material base sobre el qual treballa el procés de selecció natural.
- Comprendre que la colonització de nous hàbitats és un procés difícil.
- Comprendre l'ambient com un concepte heterogeni en què intervenen simultàniament diversos factors difícils d'aïllar.
- Comprendre com creix el nombre d'individus d'una població.
- Conèixer que és un simulador i treballar amb ell.
- Conèixer les limitacions i els avantatges d'un simulador.
- Manejar i interpretar gràfiques i histogrames.

### 4.4. Suggerències per a la utilització

La utilització ideal del programa és en grups reduïts de dues o tres persones; això permet l'intercanvi de punts de vista, interpretacions i suggerències, a la vegada que evita la dispersió que generen grups més nombrosos.

Per començar recomanem que s'utilitzi una o dues vegades el programa de forma més o menys informal per tal de familiaritzar-se amb el seu funcionament.

És convenient assegurar-se que s'ha comprès la forma de representar la morfologia de la població per mitjà d'un núvol de punts. Per això es pot utilitzar l'opció <M>orfologia del menú i la tecla <PgUp> per dibuixar les morfologies corresponents a cada punt del

pla.

Per tal que els alumnes reflexionin, elaborin hipòtesis i interpretin els resultats, suggerim el següent qüestionari:

- Que li succeeix a una població en reduir el paràmetre variabilitat?
- En augmentar excessivament la variabilitat, la població pot extingir-se. En quins casos? Per què?
- Si s'augmenta la dispersió mantenint la variabilitat baixa, que li succeeix al nombre d'individus?, es podran colonitzar nous hàbitats?, per què?
- Si s'augmenta la variabilitat mantenint la dispersió baixa, quin efecte té això sobre el nombre d'individus? I sobre la capacitat adaptativa? I sobre la capacitat de colonització? Explica-ho.
- Intenta aconseguir manipulant els paràmetres del mode "Vegetals a una vall" una població en què les fulles de l'obaga siguin marcadament majors que les dels llocs assolats. Detalla els passos que has seguit per aconseguir-ho.
- Una vegada aconseguida una població estable als corresponents pics adaptatius, modifica l'ambient lentament i observa com aquests es traslladen. Després fes un canvi brusc de l'ambient, què succeeix? Com has col·locat els paràmetres?

## **4.5. Exemples d'utilització**

Aquests casos estan ja gravats i poden ser utilitzats per familiaritzar-se amb el programa i les possibles interpretacions biològiques dels models.

### **4.5.1. Exemple de colonització i adaptació**

Està gravat amb el nom de FULLA.CAS

La població inicial, situada a l'obaga d'una vall, colonitza progressivament la part solell de la vall on les condicions ambientals són més rigoroses.

Un cop colonitzada tota la vall, és instructiu utilitzar l'opció <H>histograma per comprovar que els vegetals situats a l'obaga i al fons de la vall amb humitat alta i poca llum tenen les fulles grosses i amb poca protecció contra la sequera, mentre que per sobreviure al vessant solell, és necessari augmentar els mecanismes de protecció contra la sequera.

### **4.5.2. Exemple d'adaptació i extinció**

Està gravat amb el nom de CARGOL.CAS

La població inicial colonitza ràpidament tot l'hàbitat situant-se en una banda vertical. Usant l'opció <H>istograma es comprova que els cargols allunyats del nivell del mar tenen l'obertura més petita en relació al seu cos que no pas els que estan més temps submergits, això els permet no perdre tanta humitat en els períodes eixuts.

Un cop s'ha colonitzat tot l'hàbitat la població s'anirà adaptant de mica en mica als canvis graduals que sofrirà l'ambient. No podrà, però, adaptar-se al canvi brusc que es dona al voltant de la generació 50 i s'extingirà.

#### **4.5.3. Exemple d'especiació**

Està gravat amb el nom d'ESPECIES.CAS.

S'obté una població abundosa i estable de conquilles, però amb poca variació genètica i incapaç de dispersar-se per l'hàbitat. La poca variació genètica fa que un petit canvi d'ambient provoqui una gran mortandat i l'aïllament d'alguns grups d'individus morfològicament diferents que no podran mai reconquerir tot l'hàbitat donada la seva baixa capacitat de dispersió. Un cop aïllats evolucionen separadament.

#### **4.5.4. Exemple d'especiació insular**

Està gravat amb el nom de CABRERA.CAS

Quan ja es té una nombrosa població a Cabrera s'augmenta la dispersió per tal de simular possibles migracions de petits grups d'individus per causes com ara un tràfic intens d'iots entre illes, baixades i pujades del nivell del mar, etc. Cada vegada que s'aconsegueix l'ocupació d'una nova illa s'augmenta la variabilitat i es disminueix la dispersió per tal d'assegurar la viabilitat del nou grup. Assolides unes poblacions considerables es pot disminuir la capacitat vital per tal d'eliminar els individus més mal adaptats i fer patent l'existència de varies espècies separades.

### **5. INFORMACIÓ TÈCNICA**

El programa està escrit en BASIC i compilat posteriorment necessita per tant que el fitxer BRUN20G.EXE estigui present en algun dels subdirectoris indicats en el PATH vigent.

Els fixers utilitzats pel programa utilitzen les següents extensions no estàndard:

PAN Imatges de pantalla de text.

DIB Part de la imatge de pantalla gràfica.

CAS Registre de casos.

i són els següents:

EVO .EXE El programa.

EXPLICA .PAN L'explicació general del programa

AJUDES	.PAN Explicació de la mecànica del programa.
MODELS	.PAN L'oferta de models.
PORTADA	.PAN La portada.
PORTADA0	.PAN L'altre portada.
RIU	.PAN L'explicació del model 1.
COSTA	.PAN L'explicació del model 2.
CABRERA	.PAN L'explicació del model 3.
VALL	.PAN L'explicació del model 4.
PLANETA	.PAN L'explicació del model 5.
AJUDPRIN	.PAN El text d'ajuda que s'ofereix des de la pantalla de treball.
AJUDHIST	.PAN El text d'ajuda que s'ofereix al treballar amb l'histograma.
AJUDPARS	.PAN Idem amb els paràmetres.
AJUDMORF	.PAN Idem amb la morfologia.
AJUDPOBI	.PAN Idem al generar la població inicial.
AJUDAMBI	.PAN Idem al modificar l'ambient.
RIU	.DIB El dibuix del riu del model 1.
COSTA	.DIB El dibuix de la costa del model 2
ADALT	.DIB Mig tros de secció de fulla del model 4
VALL	.DIB El dibuix de la vall del model 4.
PLANETA	.DIB El dibuix del planeta del model 5
BIVALVE	.DIB El dibuix de part de la closca del model 1
CABRERA	.DIB El dibuix de les illes del model 3
ABAIX	.DIB L'altre tros de secció de fulla del model 4.

A més també hi ha els casos gravats pels autors anomenats:

CABRERA	.CAS
CARGOL	.CAS
FULLA	.CAS
ESPECIES	.CAS

I els fitxers

EVO.WS2	El manual en format del WordStar 2000
EVO.TXT	El manual prrparat per un type per la pantalla.
EVO.PRT	El manual preparat per enviar a la impressora.

## 6. BIBLIOGRAFIA

DOBZHANSKI, AYALA, STEBBINS et VALENTINE 1983: Evolución  
Ed. Omega. Barcelona.

MARGALEF R. 1977: Ecologia Ed. Omega. Barcelona.

MAYR E. et al. 1978: Evolución Investigación y Ciencia n.26 monogràfic. Prensa Científica. Barcelona.

HUTCHINSON G. E. 1981: Introducción a la ecología de poblaciones Ed. Blume,

Barcelona.

HADORN E. & WEHNER R. 1977: Zoología general Ed. Omega. Barcelona.

PIANKA E.R. 1982: Ecología evolutiva Ed. Omega. Barcelona.

MAYOL J. 1985: Rèptils i amfibis de les Balears Ed. Moll. Palma de Mallorca.

RAULP D. M. 1966: Geometric analysis of shell coiling: general problems J. Palaeont. 40 1978-90.

NIKLAS, K.J. 1986: Evolución vegetal simulada por ordenador. Investigación y Ciencia. Mayo 1986. Prensa Científica. Barcelona.

•