

# *Un programa de ordenador para la enseñanza de la metodología científica y la genética*

José Manuel Vacas Peña\*

## **Summary**

The computer program *Genética* has been developed in Pascal and compiled with Delphi 2.0, to simulate the reproduction of the *Drosophila melanogaster* fly. It can be used to teach genetics or the scientific methodology.

In their structure and operation is a scientific simulation when being included the genetic characteristics of the flies in the program algorithms.

The program evaluation has been made in the "Facultad de Educación" of Salamanca with very positive results.

**Palabras claves:** simulación, metodología científica, genética, ordenador, *Drosophila*.

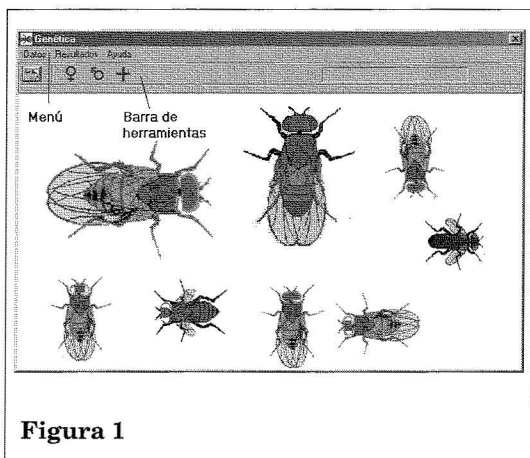
## **Introducción**

Para el desarrollo del programa se han seguido una serie de pasos, Vacas y Juanes (1.991), que parten desde la concepción del programa hasta la evaluación final de éste.

El programa de ordenador *Genética* (Fig. 1) es una simulación que permite poner en practica el método científico y facilitar la enseñanza de la genética en el aula.

Al igual que Thomas & Neilson (1995) entendemos que "el termino simulación es aplicable a cualquier programa de ordenador que contiene el modelo de un sistema y que permite al usuario controlar los parámetros de entrada y observar los resultados que

(\*) Departamento de Didáctica de la Matemática y Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Salamanca. *E-mail*: jmvp@gugu.usal.es.



**Figura 1**

se obtienen”. Este proceso de introducir datos, que el ordenador los procese y nos dé unos resultados que hay que interpretar, constituye la esencia de la metodología científica, y todo con la rapidez que permite el ordenador, “proporcionando un ambiente de aprendizaje en el cual los alumnos pueden explorar” (Laurillard, 1981). Además, “el hecho de que las acciones simuladas sean mas simples que las reales y desprovistas de elementos parásitos hacen que tengan un alto valor educativo” (Delval, 1986). Otra ventaja que reporta la utilización de programas de ordenador es la reducción del tiempo y de costes del experimento, lo que permite su utilización durante la formación inicial de los maestros (García y Vacas, 1990).

Uno de los problemas que plantea la utilización de ordenadores es, como señalan García. y Vacas (1990), que “no se debe caer en el error de que el ordenador separe completamente al alumno de la realidad que está estudiando, pero también es cierto que una

vez que el alumno la conoce y sabe los problemas que se plantean, el uso del ordenador puede aumentar notablemente las posibilidades de una determinada experiencia. Esto es aún más evidente en el caso de simulaciones de fenómenos naturales no reproducibles a escala de laboratorio”.

Los alumnos han de plantear problemas, formular hipótesis, diseñar experimentos, observar los resultados y formular nuevas hipótesis y experimentos. Durante todo este proceso han de identificar y controlar las variables que intervienen, estudiar las tablas de datos y las representaciones gráficas y al final realizar un informe científico.

Los estudiantes durante este trabajo han realizado un paso desde lo particular y concreto hacia lo general y abstracto. Por ejemplo, al igual que Mendel, han realizado un proceso de deducción estadística al generalizar la relación 3:1, en el caso de la segunda ley de Mendel, cuando con el programa han obtenido datos como 3,11/1 o 2,93/1.

Se incluye un extenso fichero de ayuda en el cual se describe la utilización del programa y las actividades a desarrollar por parte de los alumnos. El programa está escrito en Pascal y compilado con Borland Delphi 2.0.

### ***Opciones del programa***

El menú principal se ha dividido tres opciones (Datos, Resultados y

Ayuda). Cada una de éstas se ha dividido en otras que comentamos a continuación:

**Datos.**

- **Introducir.** La opción permite acceder a dos cajas de diálogo. La primera de ellas (Fig. 2A) nos permite seleccionar el genotipo de las moscas hembras: color del cuerpo (ébano, negro o salvaje), tipo de alas (normales y vestigiales) y color de los ojos (salvaje y blanco). La segunda (Fig. 2B) sirve para introducir el genotipo de las moscas macho, es igual a la anterior excepto para el color de los ojos. En este caso sólo se selecciona un botón, ya que el color de los ojos reside en el cromosoma sexual y el

carácter está controlado por un solo alelo.

- **Genética.** Muestra información sobre el programa, autor y dirección de E-mail.

**Resultados.**

- **Machos.** Se muestran como fenotipos el número y tipo de machos de forma numérica y gráfica.
- **Hembras.** Se muestran como fenotipos el número y tipo de hembras de forma numérica y gráfica.
- **Total.** Se muestran número y tipo de machos y hembras de forma numérica y gráfica (Fig. 3A).

**Ayuda.**

- **Ayuda.** Informa y ayuda al alumno sobre la utilización del programa y sobre conocimientos de genética (Fig. 3B).

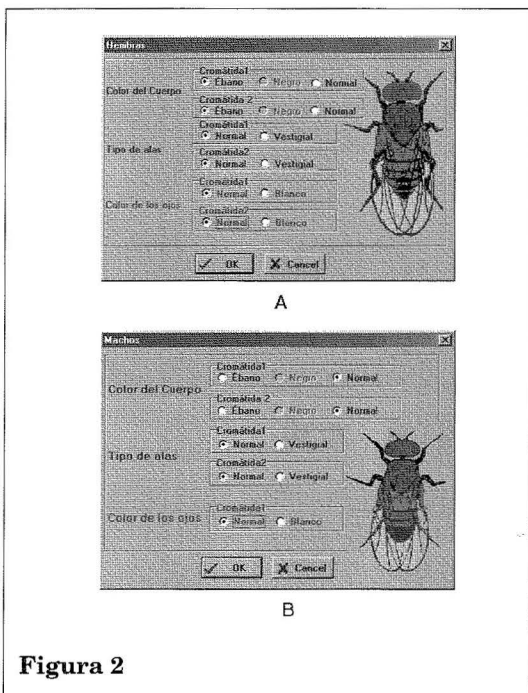


Figura 2

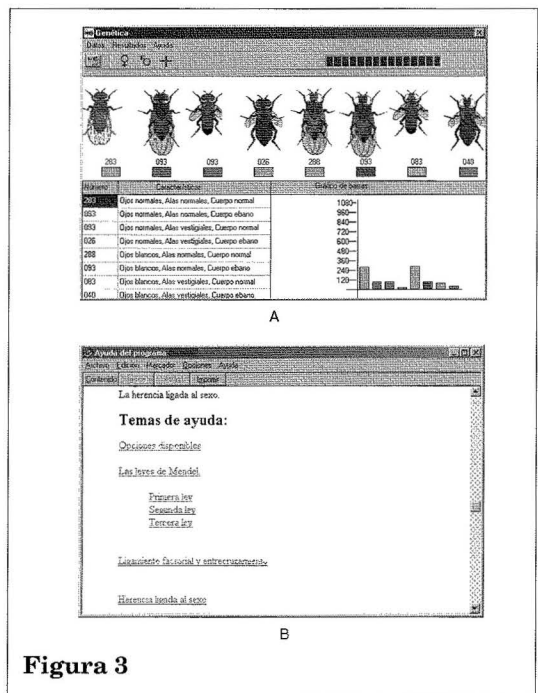


Figura 3

## Aspectos más interesantes del programa Genética.

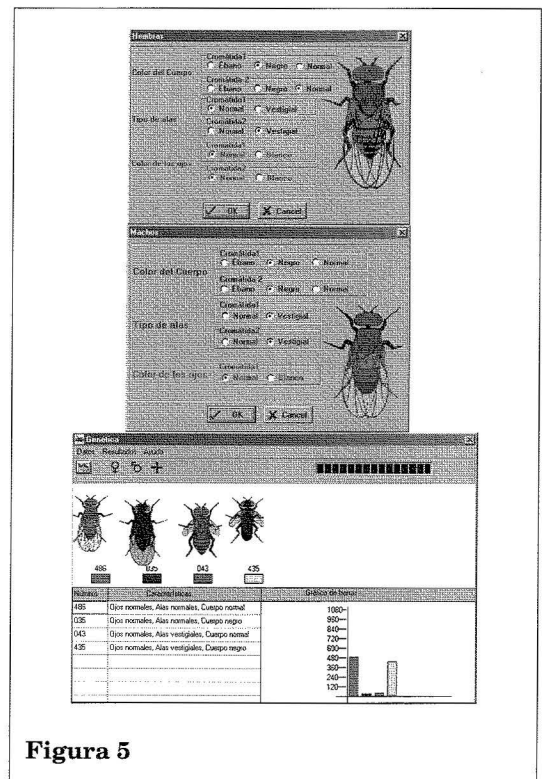
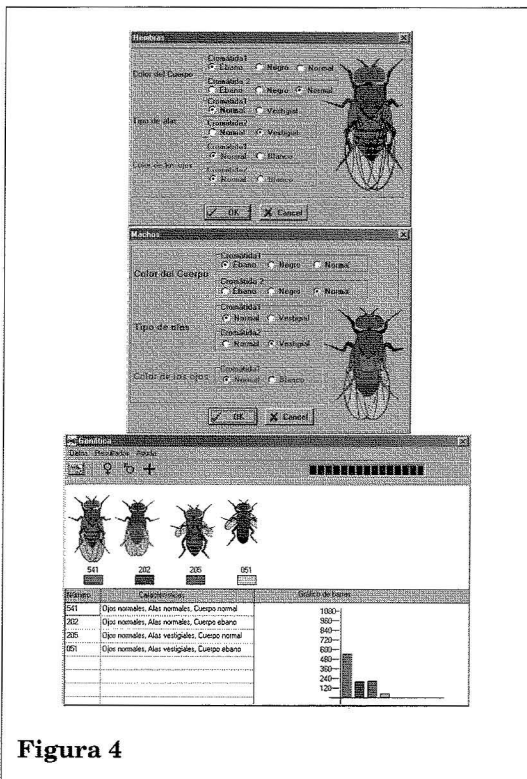
El programa permite simular el cruce de moscas, la *Drosophila melanogaster* y estudiar su descendencia.

Además de poder ser utilizado para enseñar la metodología científica, el programa permite hacer una investigación genética en las enseñanzas medias y primeros cursos de facultades donde se imparta una asignatura de Biología general, ya que se pueden estudiar con él:

- Las leyes de Mendel. En la Figura 4 se muestran las cajas de diálogo con los datos de entrada y la pantalla de salida que permite estudiar

la tercera ley de Mendel. Los diferentes caracteres que tiene un individuo se transmiten aisladamente con independencia unos de otros. En este caso aparecen 4 fenotipos en la proporción 9:3:3:1 y 16 genotipos (dihibridismo) y se demuestra que cada uno de los caracteres puede transmitirse independientemente. Para su cumplimiento requiere que los genes considerados residan en cromosomas distintos, ya que normalmente los genes de un cromosoma presentan un cierto acoplamiento o ligamiento.

- El ligamiento factorial y el entrecruzamiento En la Figura 5 aparecen dos cajas de diálogo con los



datos de entrada y la pantalla de salida que permite estudiar el entrecruzamiento. Un ligamiento factorial absoluto es excepcional. Lo general es que sea sólo relativo. Si se verifica el retrocruzamiento entre una mosca dihíbrida (cuerpo normal, alas normales) con un macho (cuerpo negro, alas vestigiales), en la descendencia aparecen los cuatro fenotipos que cabría esperar si los genes en cuestión fueran independientes y obedecieran a la tercera Ley de Mendel. Pero las proporciones son completamente distintas. Los fenotipos originales (cuerpo normal, alas normales y cuerpo negro, alas vestigiales) aparecen en el 41,5% de los individuos, mientras que los nuevos fenotipos, cuerpo normal y alas vestigiales y cuerpo negro y alas normales, aparecen sólo el 8,5% de los casos.

- La herencia ligada al sexo. En la Figura 6 se observan las cajas de diálogo con los datos de entrada y la pantalla de salida que permite estudiar la herencia ligada al sexo. Si cruzamos hembras heterocigóticas para el color de los ojos, con machos de ojos normales obtenemos una generación en la que aparecen individuos con ojos normales y ojos blancos en la proporción 3:1. El resultado a primera vista, es normal, pues corresponde al de una simple cruzada monohíbrida de tipo dominante-recesivo. Pero es excepcional que entre las hem-

bras ninguna presente ojos blancos. Entre los machos la mitad de ellos la poseen. El carácter “ojos blancos” permanecía oculto en la hembra y se transmite sólo a la mitad de los machos.

Con el fin de que la respuesta del programa se acercara lo máximo posible a la realidad, se ha intentado reflejar las características genéticas en los algoritmos y estructuras de programa-

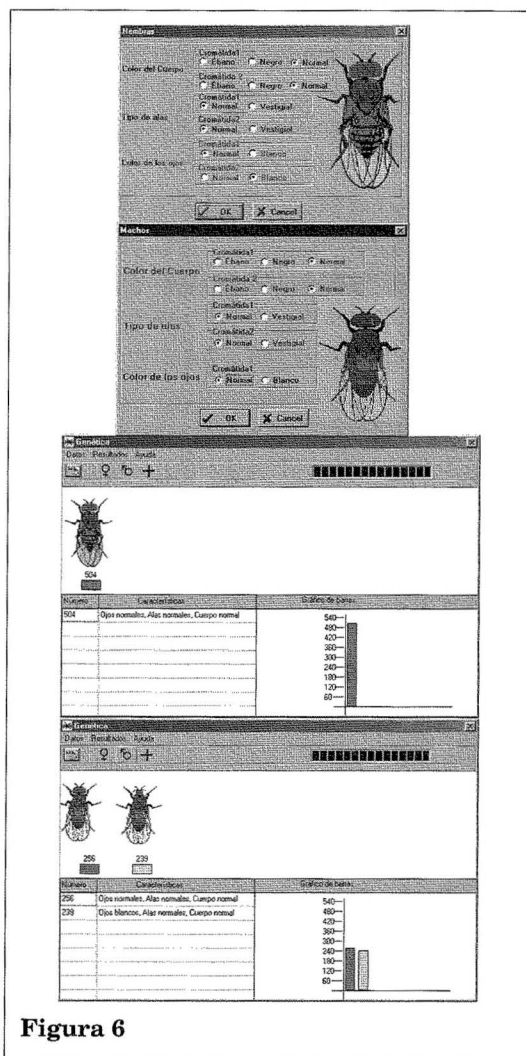


Figura 6

ción. Por ejemplo, como los caracteres genéticos que se van a utilizar en la simulación residen en diferentes cromosomas, se simulan en el programa introduciendo las características de cada cromosoma en una matriz bidimensional, ya que para cada carácter hay dos alelos.

Cuando se realizan los cruces entre el macho y la hembra las características de cada uno de sus descendientes se van eligiendo al azar. Primero, si es macho o hembra, y después, para todas las características genéticas, se selecciona al azar cual de los dos alelos del padre y de los dos de la madre se utiliza para formar parte del patrimonio genético del hijo.

De esta forma, los resultados que se obtienen se acercan, pero no coinciden exactamente, con las proporciones teóricas dadas por Mendel, como ocurre en la realidad. Cada vez que se repite el experimento el ordenador da unos resultados muy próximos pero no iguales. Las características genéticas de la descendencia se expresan en forma de fenotipos, al igual que se obtendrían si se hubieran cruzado las moscas, permitiendo, por tanto, una verdadera investigación genética en el aula.

### ***Evaluación del programa de ordenador***

Hemos adaptado los criterios propuestos por Kuitinen(1998) para la evaluación de programas de ordenador

destinados a la enseñanza. Nos hemos centrado en los alumnos, en los criterios educativos y de diseño del programa y en las necesidades de “hardware” y “software” de éste.

El programa ha sido evaluado por dos grupos diferentes, alumnos de la Especialidad de Primaria del título de Maestro y del Curso de Aptitud Pedagógica especialidad de Ciencias Naturales.

Ambos grupos son muy heterogéneos. Los maestros han cursado bachilleratos distintos y, por tanto, su formación en Ciencias Naturales es muy diferente. Los alumnos del C.A.P. básicamente son biólogos y geólogos.

Los datos para la evaluación del programa se recogieron observando e interrogando a los alumnos mientras actuaban con el ordenador, viendo donde se presentaban las mayores dificultades para modificar y mejorar el programa.

Cada grupo utilizó el programa de diferente forma. Los alumnos de Magisterio lo hicieron en actividades centradas en la aplicación del Método Científico. La experiencia se ha realizado en un curso académico de la asignatura de Ciencias de la Naturaleza y su Didáctica. Debido al poco tiempo que para dicha asignatura se dispone, resulta difícil poner en práctica metodologías científicas el tiempo suficiente para que logren interiorizarlas y consolidarlas como un aprendizaje significativo. El problema se acrecienta si pretendemos adoptar un enfoque cons-

tructivista en la enseñanza, fomentando el cambio conceptual de los alumnos y haciéndolos partícipes de su propio aprendizaje.

Para superar esta dificultad se ha recurrido a la utilización del entorno del centro y el ordenador como recursos didácticos fundamentales. Los alumnos realizan en el entorno una investigación científica centrada en el estudio de la topografía, la geología, el suelo, el clima, las plantas y los animales. En el laboratorio de ciencias realizan actividades relacionadas con estos estudios, poniendo en práctica las metodologías de investigación de las Ciencias Naturales. Al final del curso entregan un informe científico en el que quedan reflejadas todas las actividades realizadas, y una propuesta de actuación para un curso de Enseñanza Primaria.

Es en este contexto de trabajo en el que hemos introducido las simulaciones con ordenador para completar la formación de nuestros alumnos. Una de ellas se realiza con el programa *Genética* para familiarizar a los futuros maestros con la metodología científica. Los alumnos ponen en juego las capacidades de análisis, deducción, inducción y extrapolación. Además, la investigación genética de Mendel es un ejemplo histórico que adoptamos como referente de la aplicación de la metodología científica. Mediante el trabajo de campo y las simulaciones con ordenador, los futuros maestros adquieren los conocimientos suficien-

tes para poder dirigir en las escuelas pequeñas investigaciones realizadas por los niños, y a utilizar el entorno y el ordenador como fuente de recursos didácticos.

Los alumnos del C.A.P. trabajaron con el programa en actividades destinadas a estudiar sus posibilidades didácticas.

Ambos grupos consideraron el programa y las actividades como muy interesantes y motivadas. Los datos recogidos durante la evaluación permitieron mejorar el programa inicial incrementando su facilidad de utilización.

En cuanto a los criterios educativos, la Figura 7 muestra los resultados de una encuesta realizada a los alumnos del C.A.P. En ella se les pedía que calificaran el programa, entre 0 y 10 puntos, según su adecuación para cada uno de los niveles educativos (1º y 2º de ESO, 3º y 4º de ESO, Bachillerato y Universidad). Como se aprecia, han considerado el programa, para los niveles de Bachillerato y Universidad, con mayor valor educativo, que ayudará a aprender mejor, que es más interesante y atractivo. Dándole a cada una de

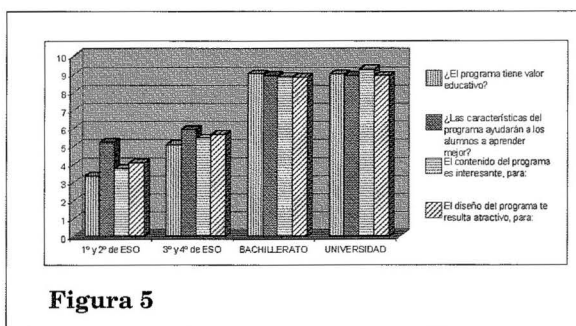


Figura 5

las cuatro preguntas un valor próximo a 9. El programa no llega a alcanzar el aprobado para 1º y 2º de ESO, ya que su utilidad en este nivel educativo es escasa.

En la Tabla 1 se recogen las respuestas dadas por los mismos alumnos a determinados aspectos de diseño del programa. En ellas consideraron los menús como fáciles de entender, los dibujos como buenos, el color como discreto y el manejo como sencillo.

En cuanto al tercer criterio el programa funciona en los sistemas operativos Windows 95, 98 y NT 4.0, pero no

<b>Los menús son:</b>	
Complicados	0
Asequibles	3
Fáciles de entender	69
<b>Los dibujos que genera el ordenador son:</b>	
Buenos	67
Regulares	5
Malos	0
<b>El colorido te parece:</b>	
Discreto	73
Chillón	0
Fatigante	0
<b>El manejo es:</b>	
Sencillo	66
Complicado	6
Muy complicado	0

**Tabla 1**

en DOS y Windows 3.1, y requiere 16 MB de RAM. Son características que permiten a *Genética* su utilización en la mayoría de los ordenadores actuales.

## Conclusiones

Se ha podido apreciar en la relación con los alumnos que éstos aceptan esta metodología de forma entusiasta y positiva. Programas como *Genética* permiten a los estudiantes iniciarse en el método científico y comprender conceptos elementales de genética.

A través de la experiencia hemos podido comprobar que el ordenador es un recurso didáctico que permite aprender rápidamente, pero los nuevos conocimientos adquiridos de esta forma deben ser afianzados con actividades tradicionales, de campo y laboratorio, sin las cuales el aprendizaje no llega a ser significativo.

**Nota:** El programa puede ser adquirido gratuitamente enviando un e-mail al autor, en el que se indique la dirección de **correo electrónico** donde quiera que le sea enviado.

## Bibliografía

- Delval, J. (1986). Niños y máquinas. Los ordenadores y la educación. Alianza Editorial. Madrid. 318 pp.
- García, I. y Vacas, J.M. (1989). El ordenador y la formación del profesora-



- do de E.G.B. en el área de las Ciencias Experimentales. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 6:211-217.
- García, I. y Vacas, J.M.(1990). Actividades de Física y Biología con ordenador. *Aula*, 3:135-142.
- Kuittinen, M. 1998. Criteria for evaluating CAI applications. *Computers & Education* 31. 1-16.
- Laurillard D.M.. (1981). The promotion of learning using CAL. In *Computer Simulation in University Teaching* (Edited by Wildenberg D.), pp.. 83-90. North Holland, Amsterdam.
- Thomas, R. and Neilson, I. (1995). Harnessing simulations in the service of education: The interact simulation environment. *Computers and Education*, 25, 21-29.
- Vacas, J. M. y Juanes, J. A. 1991. Creación de un programa docente informatizado. *Apuntes de Educación*. 42. 2-5.