

# *Drosophila melanogaster:* *una especie idónea para la* *enseñanza de las ciencias* *naturales*

Diego A. BLANCO DE LA CRUZ \*  
y M.<sup>a</sup> Victoria MENA BELLÓN \*

## **Introducción**

La enseñanza de las Ciencias Naturales en BUP y COU; como la de cualquier otra ciencia empírica debería ir acompañada de una fase experimental que permitiera al alumno concebir el carácter inseparable del conocimiento científico y la investigación. Así, es importante inculcar, primeramente, en el alumno un amplio sentido de la observación de la Naturaleza fomentando su sentido crítico desde el punto de vista biológico. En una fase posterior debe inducirse al alumno a establecer relaciones causales y de acuerdo con ellas la formulación de hipótesis de trabajo, hipótesis que deberá contrastar mediante el diseño de experimentos. Esta fase experimental debe acompañarse de la consecución de ciertos objetivos psicomotores que permitan al alumno el conocimiento de unas técnicas experimentales básicas: usos de aparatos, utilización de tablas... Por último, y después de una evaluación y discusión de los resultados, el alumno debe llegar a unas conclusiones finales que le abran nuevos campos de investigación y que pueda utilizar en el análisis y explicación de otros fenómenos.

*Drosophila melanogaster* es una especie idónea para cubrir estos objetivos presentados; recursos económicos para sus crías, un corto ciclo de vida, claro dimorfismo sexual y un gran conocimiento de su biología.

Nuestro propósito en este artículo es presentar una serie de diseños experimentales que cubran la enseñanza del temario relacionado con la Genética en BUP y COU, señalando en cada caso los niveles más adecuados a cada curso. Incluimos también una serie de conocimientos básicos de la especie, así como de su manejo, indispensable para la realización de dichas experiencias.

---

\* Profesores agregados de ciencias naturales del I. B. «Manuel Godoy». Castuera (Badajoz).

## **Biología**

*Drosophila melanogaster* es una pequeña mosca que coloniza hábitats ricos en productos de fermentación: frutos en descomposición (mosca de la fruta) o bodegas (mosca del vinagre). En su adaptación a estos hábitats ha adquirido una tolerancia al etanol única en el reino animal.

En el laboratorio puede criarse con gran facilidad en frascos conteniendo un medio apropiado. El ciclo de vida y la duración de cada una de sus fases depende principalmente del medio nutritivo, la temperatura y la humedad. En el medio nutritivo más abajo indicado, a 25° C y 60-70 % H. R., la duración de las fases del ciclo es como sigue: huevo, un día; larva, tres-cuatro días y pupa, cuatro-cinco días. En total entre ocho y diez días puede completarse el ciclo.

*Drosophila melanogaster* presenta un marcado dimorfismo sexual en su fase adulta, lo que facilita enormemente su utilización. Los rasgos que pueden permitir una fácil y rápida identificación son los siguientes: machos, más pequeños y activos, últimas bandas abdominales fusionadas formando una mancha negra en el extremo del abdomen, final del abdomen redondeado y posesión de peines sexuales en el primer par de patas (al binocular); hembras mayores y menos activas, últimas bandas abdominales sin fusionar, final del abdomen más puntiagudo, sin peines sexuales. También se diferencian en la genitalia. Para más detalles consultar bibliografía adjunta. (Ver figura 1.)

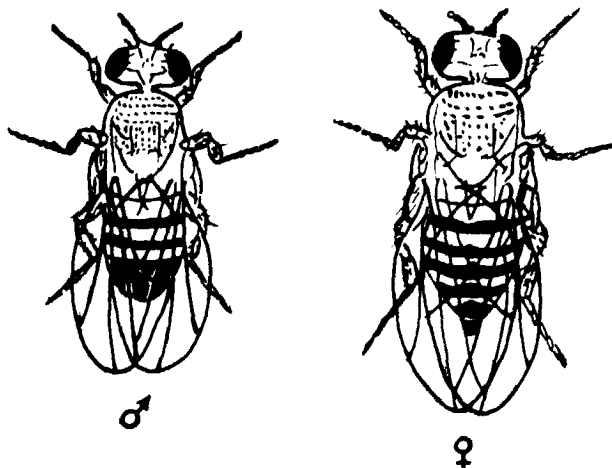


Figura 1

## **Medio nutritivo, cría y manejo**

Un medio nutritivo de fácil preparación es el que sigue:

- 1) Calentar 1 l. de agua hasta ebullición.
- 2) Añadir 12 gr. de agar-agar, poco a poco, y removiendo para evitar la formación de grumos.
- 3) Añadir 100 gr. de azúcar (sacarosa) y esperar hasta su disolución.

4) Añadir 100 gr. de levadura fresca de panadería desmigajada poco a poco y removiendo.

5) Mantener en ebullición de quince a veinte minutos removiendo.

6) Retirar del fuego y, después de dejar enfriar durante cinco minutos, añadir 5 ml. de ácido propiónico (leer indicaciones en el recipiente que lo contiene).

Antes de que se enfríe, verter en frascos, preferentemente de boca ancha, hasta una altura de unos 2-3 cm. Tapar los frascos con algodón (graso, a ser posible) y dejar enfriar hasta que el medio cuaje. Si no van a ser inmediatamente utilizados pueden quedarse en frigorífico unos días. Cuando vayan a utilizarse los frascos se debe secar su interior con un papel de filtro limpio.

Para pasar las moscas de un frasco a otro habrá ocasiones en que pueda efectuarse haciendo coincidir las bocas de los frascos, sin embargo, habrá ocasiones que requerirán un mayor control. En este caso debemos dormir las moscas previamente. Para ello se pasan a un frasco limpio tapándose con un algodón empapado en éter etílico.

Otra técnica indispensable, sobre todo si se van a efectuar cruzamientos, es la obtención de hembras vírgenes. Existen dos formas fáciles para hacerlo:

1. Aislar en pequeños recipientes pupas en estado avanzado de desarrollo (melanzados) e identificar cuando emerjan los adultos.

2. Cuando las pupas estén en un avanzado estado de desarrollo, retirar todos los adultos que contengan el frasco (asegurarse bien). Todos los adultos que a partir de entonces y durante un período inferior a siete u ocho horas aparezcan en el frasco serán vírgenes. Identificar sexos y aislarlos.

## Cepas mutantes

La mayoría de los departamentos de Genética de las Facultades de Ciencias suelen disponer, bien con una finalidad docente o investigadora, de diferentes cepas de mutantes de *Drosophila melanogaster*, de las que pueden adquirirse aquellas con características externas de más fácil identificación. A continuación ofrecemos una tabla con las más usuales, indicando la localización cromosómica y una somera descripción de su fenotipo.

	Símbolo	Cromosoma	Fenotipo	
Yellow	y	X ( 0,0 )	cuerpo color amarillo	+
White	w	X ( 1,5 )	ojos color blanco	+ +
Miniature	m	X (36,1 )	alas pequeñas	-
Bar	B	X (57,0 )	ojos en barra, ♀♀ heterocigóticas, ojos intermedios	-
Black	b	2 (48,5)	cuerpo negro	+ +
Vestigial	vg	2 (67,0 )	alas vestigiales	+ +
Sepia	se	3 (26,0 )	ojos color sepia	+ +
Ebony	e	3 (70,7 )	cuerpo color ébano	+ +
Eyeless	ey	4 ( 0,02)	ojos tamaño reducido	-

Si se desea mantener y conservar las cepas mutantes debe tenerse mucho cuidado en su utilización para que permanezcan puras.

## **Cruzamientos**

Con carácter general utilícese entre tres y cinco hembras y varios machos en cada frasco. Recuérdese que las hembras han de ser vírgenes. Lo normal, por otra parte, es al iniciar los cruzamientos, utilizar machos y hembras homocigóticos, portando cada sexo un fenotipo distinto. Procurar que no haya solapamiento en las generaciones; para ello cuando se encuentre asegurada la descendencia (aparición de larvas) retire los padres para su observación y recuento. Efectuar los dos cruzamientos recíprocos.

## **Diseños**

Como se indicaba en la introducción, el objetivo principal de estos diseños es que el alumno conozca y comprenda las distintas fases de la metodología científica. Para que se ejercite en ello presentamos una serie de experiencias que requieren un mínimo de dirección por parte del profesor. Desde luego y por sentido práctico sería deseable que los diseños realizados por los alumnos fueran adecuadamente discutidos y revisados antes de su puesta en práctica.

### **A) Control genético de caracteres externos**

La mecánica general de estos diseños sería la siguiente: Se les muestra a los alumnos todas las cepas mutantes (según nivel) de que se disponga, así como de una cepa normal (salvaje) y se les pide que las *observen* bien y que las *examinen* para captar qué caracteres diferencian cada cepa mutante de la normal. Fase de observación.

En una segunda fase debe incitarse al alumno a que se cuestione las causas de estas diferencias, que se haga preguntas del estilo: ¿serán estos caracteres hereditarios? y si es así, ¿cómo será su control genético? Relaciones causales.

Estas cuestiones deben llevar a la formulación de *hipótesis*. Supongamos que son hereditarios. Estas hipótesis pueden completarse según el diseño a realizar. Fase de hipótesis.

Para comprobar las hipótesis propuestas deben proponerse *diseños experimentales* concretos. Fase experimental.

Una vez obtenidos los resultados y después de *analizados y discutidos* se *concluye* si las hipótesis son aceptables o no. Fases de evaluación y conclusión.

#### **A<sub>1</sub>) Un carácter**

Si se decide el estudio del control genético de un solo carácter, cada alumno o grupo de alumnos podría estudiar una cepa mutante distinta. Para

ello el profesor debe asegurarse de que el carácter diferenciativo observado es el correcto.

En este caso, la hipótesis de que es un carácter hereditario puede completarse con:

- a) Es un carácter dominante o recesivo.
- b) Es un carácter autosómico o ligado al sexo.

*Diseño:* Siguiendo los criterios generales señalados anteriormente, en la tabla primera, esquematizamos un diseño para el estudio de un carácter ligado al cromosoma X, así como las frecuencias esperadas en F<sub>1</sub> y F<sub>2</sub>.

	♂	♀	
P:	X <sup>+</sup> Y (+)	X <sup>w</sup> X <sup>w</sup> (w)	(+) ojos normales
F <sub>1</sub> :	X <sup>w</sup> Y (w)	X <sup>+</sup> X <sup>w</sup> (+)	(w) ojos blancos

gametos F <sub>1</sub> :	♀	♂	0,5 X <sup>w</sup>	0,5 Y
	0,5 X <sup>+</sup>	X <sup>+</sup> X <sup>w</sup> 0,25	(+)	X <sup>+</sup> Y 0,25 (+)
F <sub>2</sub> :	0,5 X <sup>w</sup>	X <sup>w</sup> X <sup>w</sup> 0,25	(w)	X <sup>w</sup> Y (0,25) (w)
		♀		♂

Esquema 1. Estudio control genético de un carácter.

Como se indicó anteriormente, es recomendable efectuar también los cruzaientos recíprocos. Se recuerda la necesidad de que las hembras sean vírgenes. Este mismo esquema puede utilizarse para el estudio de un carácter autosómico.

*Evaluación:* El alumno por comparación de sus resultados obtenidos con los esperados debe concluir acerca de las hipótesis propuestas.

Con los datos obtenidos por todos los grupos se puede hacer un catálogo de las mutaciones en cuanto a su localización cromosómica (autosomas o cromosomas sexuales) y a su carácter de dominancia.

## A<sub>2</sub>) Dos caracteres

Atendiendo a los criterios generales, antes señalados, se recomienda que cada sexo sea portador de un carácter. Se insiste en la necesidad de que las hembras sean vírgenes.

En este apartado deberá tenerse en cuenta el nivel del curso en el que se vaya a realizar la experiencia. De las 36 combinaciones posibles que, sin tener en cuenta los cruzamientos recíprocos, pueden hacerse con las nueve cepas mutantes señaladas, habrá algunas en las que sus respectivas mutaciones estén localizadas sobre el mismo cromosoma. Para los niveles más bajos y puesto que el fenómeno de la recombinación afecta las frecuencias esperadas, deberían excluirse aquellos cruzamientos en los que las mutaciones estuvieran localizadas en un mismo cromosoma y a menos de 50 unidades (ver la tabla primera). Cuando estas mutaciones están muy próximas, como «y» y «w» en el cromosoma X, no se segregan y se heredan conjuntamente.

En este caso la fase de hipótesis puede ampliarse más:

- a) ¿Son caracteres dominantes o recesivos?
- b) ¿Son caracteres autosómicos o ligados al sexo? ¿Ambos autosómicos, ambos ligados al sexo o uno autosómico y otro ligado al sexo?
- c) ¿Están ligadas las mutaciones que controlan estos caracteres, es decir, se heredan conjuntamente?

*Diseño:* Un resumen de un diseño para este tipo de estudio se presenta en los esquemas números 2 y 3. El presentado en el esquema número 2 puede utilizarse para el estudio de caracteres independientes; en el ejemplo, uno autosómico y otro ligado al sexo. El presentado en el esquema número 3 puede utilizarse para el estudio de mutaciones ligadas; en el ejemplo de caracteres ligados al cromosoma X.

	♂	♀
P:	X <sup>y</sup> Y + + (y, +)	X <sup>+</sup> X <sup>+</sup> se se (+, se)
F <sub>1</sub> :	X <sup>+</sup> Y + se (+, +)	X <sup>+</sup> X <sup>y</sup> + se (+, +)

(+): cuerpo u ojos normales  
(y): cuerpo amarillo  
(se): ojos sepia

		0,25	0,25	0,25	0,25		
gametos F <sub>2</sub> :	♀	♂	X +	X se	Y +	Y se	
	0,25	X <sup>+</sup> +	(+, +)	(+, +)	(+, +)	(+, +)	~ 1/16 = = 0,25 × 0,25 = = 0,0625
	0,25	X <sup>+</sup> se	(+, +)	(+, se)	(+, +)	(+, se)	
	0,25	x <sup>y</sup> +	(+, +)	(+, +)	(y, +)	(y, +)	
	0,25	x <sup>y</sup> se	(+, +)	(+, se)	(y, +)	(y, se)	
			♀	♂			

Esquema 2. Estudio control genético de 2 caracteres independientes.

El esquema número 3 es el siguiente.

	$\sigma$	$\text{♀}$	
P:	$X^{w+} Y$ (w, +)	$X^{+y} X^{+y}$ (+, y)	(+): cuerpo u ojos normales (w): ojos blancos (y): cuerpo amarillo
F <sub>1</sub> :	$X^{+y} Y$ (+, y)	$X^{+y} X^{w+}$ (+, +)	

		0,5	0,5	
gametos F <sub>1</sub> :	$\sigma$	$X^{+y}$	Y	
$\text{♀}$	$X^{+y}$	$X^{+y} X^{+y}$ (+, y)	$X^{+y} Y$ (+, y)	~ 0,5 × 0,5 = 0,25
0,5	$X^{w+}$	$X^{+y} X^{w+}$ (+, +)	$X^{w+} Y$ (w, +)	
0,5		$\text{♀}$	$\sigma$	

Esquema 3. Estudio control genético de dos caracteres ligados.

Se recuerda que es recomendable efectuar también los cruzamientos recíprocos.

*Discusión:* Dependiendo del nivel del curso, en estos diseños quizá el profesor debe colaborar más con los alumnos, sobre todo en el cálculo de las frecuencias fenotípicas esperadas. Comparando los resultados obtenidos con los esperados, el alumno debe buscar respuestas a sus hipótesis propuestas. Analizando de forma conjunta los resultados de todos los grupos podrán reforzarse las conclusiones a las que puedan llegar individualmente. También con los resultados obtenidos por todos los grupos se puede efectuar un catálogo de las mutaciones utilizadas.

Por otra parte, puede ser de interés para futuros diseños experimentales aislar y mantener los dobles mutantes que hayan podido obtenerse en los frascos.

### A<sub>3</sub>) Cruzamientos de prueba

En algunas ocasiones y para completar los diseños pueden realizarse cruzamientos de prueba. Consisten en la obtención de una generación a partir del cruzamiento de hembras F<sub>1</sub> (que deben ser vírgenes) y machos P. El alumno debe comprender, para poder utilizarlo, que su finalidad es la de manifestar la información genética de la generación F<sub>1</sub>.

Queremos resaltar, en relación con este apartado del Control genético de los caracteres externos, que muy probablemente las frecuencias observadas difieran significativamente de las esperadas según las hipótesis más acertadas. Este fenómeno puede ser utilizado para introducir un nuevo concepto, el de selección. La eficacia biológica (manifestada por el número de individuos aparecidos) no es la misma para todos los fenotipos. El normal descenso de las frecuencias obtenidas para los fenotipos mutantes en relación con las obtenidas para el fenotipo salvaje debe interpretarse como una acción diferencial de la selección. Es decir, el medio ambiente (medio nutritivo, temperatura, humedad, densidad de población, etc.) selecciona en contra más fuertemente a los fenotipos menos adaptados a ese medio.

## **B) Selección**

Para que los alumnos comprendan más claramente la acción de la selección proponemos un nuevo experimento.

Supongamos que estudiamos una población del litoral en la que hay moscas normales y moscas con alas rudimentarias, que se aparean al azar y que cerca del lugar donde habitan hay una isla. Supongamos que desaparece el alimento en el litoral. ¿Podrán las moscas ápteras colonizar la isla? ¿Necesitarán muchas generaciones?

Para responder estas preguntas realizamos el siguiente diseño:

En el centro de un recipiente de plástico cerrado colocamos una placa Petri llena de agua y dentro de ella un frasco con comida. Abrimos una abertura en la caja que tapamos con algodón, para que no haya aireación. Introducimos en la caja de 10 a 20 moscas de la cepa salvaje y de 10 a 20 moscas con alas vestigiales, mitad machos y mitad hembras, siendo estas últimas vírgenes.

Transcurridos un par de días retiramos las moscas e incubamos el frasco con comida, después de taparlo con un algodón, para obtener moscas adultas.

Después de analizar el fenotipo de las moscas aparecidas, los alumnos podrán comprobar perfectamente cómo el agua ha ejercido una drástica selección en contra de los individuos sin alas.

Los alumnos que tengan interés pueden comprobar si las moscas ápteras colonizarían la isla pasando las moscas aparecidas directamente a otro frasco con comida y examinando la siguiente generación.

## **Bibliografía**

- Biología Nuffield. Texto V. La perpetuidad de la vida.* Ed. Omega. Barcelona, 1972.  
GARDNER, E. J., and MERTENS, T. R.: *Genetics. Laboratory investigations.* Ed. Burgess Publishing Company, Minneapolis, 5.<sup>a</sup> ed., 1970.  
GORDON HASKELL, PH. D.: *Practical Heredity with Drosophila.* Ed. Oliver and Boy, London, 1960.  
JESSOP: *Biosfera.* Ed. Omega, Barcelona, 1975.  
PETER SPANDL, Oscar: *Didáctica de la Biología.* Ed. Kapelusz, Buenos Aires, 1978.  
*Prácticas de Biología.* Ed. Fontalba, Barcelona, 1978.  
STRICKBERBER, M. W.: *Experiments in Genetics with Drosophila.* Ed. John Wiley and Sons, Nueva York, 6.<sup>a</sup> ed., 1967.