

***Drosophila melanogaster*: un punto de encuentro de la Historia, la Filosofía, la Sociología y la didáctica de la Biología**

Julio Alejandro Castro Moreno¹
Irma Catherine Bernal Castro¹

¹Universidad Pedagógica Nacional (UPN), Bogotá – Colombia

RESUMEN – *Drosophila melanogaster*: un punto de encuentro de la Historia, la Filosofía, la Sociología y la didáctica de la Biología. *Drosophila melanogaster* ha suscitado diversos estudios en la historia, la filosofía, la sociología y la didáctica de la biología, evidenciando el papel relevante que ha desempeñado como organismo modelo de prácticas experimentales de la genética y otras áreas. Sin embargo, dichos trabajos no suelen entrelazarse estrechamente. Por ende, este artículo pretende aportar en la constitución de vínculos entre esos ámbitos, entendiendo a esta mosca como un punto de convergencia. Desde esta perspectiva, se propone ampliar la mirada sobre la naturaleza de la ciencia, la cual es un referente importante para que los profesores puedan complejizar las prácticas de enseñanza de la biología.

Palabras-clave: **Naturaleza de la Ciencia. Enseñanza de la Biología. Organismo Modelo.**

ABSTRACT – *Drosophila melanogaster*: a meeting point for History, Philosophy, Sociology, and Biology teaching. *Drosophila melanogaster* has been the subject of several studies in history, philosophy, sociology, and teaching of biology, evidencing the relevant role it has played as a model organism for experimental practices in genetics and other areas. However, these works are not usually closely intertwined. Therefore, this article intends to contribute to the establishment of links between these areas, understanding the fly as a point of convergence. From this perspective, it proposes to broaden the view on the nature of science, which is an important reference for teachers to make biology teaching more complex.

Keywords: **Nature of Science. Biology Education. Model Organism.**

Introducción

La mosca *Drosophila melanogaster*¹, también conocida como “mosca de la fruta” o “del vinagre”, es quizá el organismo modelo más importante de la biología, especialmente en las investigaciones sobre genética y embriología, pero, más recientemente, por el papel desempeñado en estudios en biología molecular y biomedicina. Sin duda, también ha sido un organismo sumamente relevante en la enseñanza de la biología en diferentes niveles educativos. Además, la drosófila ha sido objeto de reflexión y análisis en la historia, la filosofía y la sociología de la biología. No obstante, es común que esos distintos abordajes no se relacionen estrechamente.

En este sentido, nuestro objetivo central es, justamente, establecer algunos vínculos entre la historia, la filosofía, la sociología y la didáctica de la biología, a propósito de lo que hemos aprendido – y de lo que podemos enseñar – con esta minúscula, pero significativa, mosca. En otras palabras, la drosófila puede constituir un *punto de encuentro* entre los ámbitos aludidos, y las construcciones teóricas que emergen de esa convergencia podrían configurar un marco de referencia importante para los profesores de biología, comprendiendo, desde otra perspectiva, la naturaleza de la ciencia que pretenden enseñar. Así las cosas, en este artículo, reportamos nuestra propuesta de cómo aportar a la integración de los ámbitos en mención, a partir de la pesquisa realizada en la literatura especializada sobre el tema.

Hay una pregunta que puede ser común a esos ámbitos: ¿cómo funciona una mosca? El biólogo molecular François Jacob (1998) la formula al comentar una anécdota de cuando era estudiante de primaria. Un compañerito suyo llevaba moscas al colegio² y, para saber cómo funcionaban estos animales, cogía ejemplares y los empezaba a “desmontar”, es decir, a quitarles las partes: alas, patas, etc., hasta que morían. “Hecho esto le hubiera gustado «recomponer el sistema» y colocar de nuevo cada pieza en su sitio. Pero no había posibilidad alguna de conseguirlo” (Jacob, 1998, p. 47).

Los niños, y los estudiantes en general, pueden entender muchas cosas sobre los organismos sin que sea necesario “desmontarlos”. Aprender sobre la naturaleza de la ciencia también conlleva cuestiones éticas: no podemos, y no debemos, tratar a los otros seres vivos como se nos antoje. Pero, asimismo, es importante encauzar de la mejor manera la curiosidad por comprender cómo son, se comportan, se construyen y funcionan dichos organismos. Esto requiere criar animales como la drosófila, observar su ciclo de vida, identificar sus comportamientos y librarlos de agentes patógenos o que compitan con ellos por el alimento y el espacio. Los pioneros en implementar y desarrollar esos procedimientos fueron científicos como Thomas Hunt Morgan y su equipo, tal y como lo relata Kohler (1993; 1994; 1999).

Kohler también da cuenta de una situación crucial para el tema que nos ocupa: en Estados Unidos la drosófila hacía parte de prácticas escolares antes de llegar a habitar los laboratorios científicos propiamente dichos. A esto podemos añadir que la mosca luego ocupó un lu-

gar destacado en otro tipo de laboratorios, como los que son empleados en la formación de biólogos (Matta, 2010) y profesores de biología (Castro, 2013). O sea que de lo que se trata es de una serie de itinerarios que la drosófila ha recorrido, desde su hábitat natural a los entornos humanos, dentro de los que sobresalen los escenarios científicos y educativos. La confluencia de dichas trayectorias da cuenta del punto de encuentro al que hemos aludido.

Es importante insistir en que nuestra propuesta es de carácter teórico y pretende ser un referente para que los profesores de biología complejicen la naturaleza de la ciencia, la cual es fundamental para enriquecer las prácticas de enseñanza. Así, hemos estructurado el artículo en cuatro secciones principales, tomando como sustento los elementos (ejes) constitutivos de la naturaleza de la ciencia planteados por Adúriz-Bravo (2005)³.

Un *eje histórico*, en donde mostraremos cómo la drosófila entró a hacer parte de la “vida en el laboratorio”; un *eje filosófico*, en donde daremos cuenta del estatus epistemológico, ontológico y ético de *D. melanogaster*, entendida como “organismo modelo”; un *eje sociológico*, en donde abordaremos las relaciones sociales y los intercambios académicos entre diferentes investigadores de la mosca; y un *eje didáctico*, en donde enfatizaremos el valor educativo de este insecto en la enseñanza de la biología. En el último apartado presentaremos nuestras consideraciones finales, resaltando cómo la drosófila se sitúa en un cruce de caminos fecundo que permite ampliar la mirada sobre la naturaleza de la ciencia.

Los Itinerarios de *Drosophila melanogaster*: de la historia natural a la ecología del laboratorio

Si bien este artículo enfatiza en la drosófila como un organismo modelo – tema central del tercer apartado –, coincidimos con Morimoto y Pietras (2020) cuando sostienen que el hecho de considerar la mosca de esa manera, circunscrita al contexto del trabajo experimental, ha dejado de lado otro aspecto de este animal: su vida en hábitats naturales, en donde desempeña importantes roles ecológicos. Es decir que se ha pasado por alto su *historia natural*. En este sentido, cabe señalar que para comprender este organismo en toda su magnitud y evidenciar cómo ha llegado a ser un habitante de los laboratorios científicos, universitarios y escolares, es preciso dar cuenta de su existencia previa, antes de que entrelazara su vida a las culturas humanas.

De acuerdo con Keller (2007), *D. melanogaster* es originaria del África ecuatorial, de donde emigró dispersándose por casi todo el planeta, igual que *Homo sapiens*. De hecho, Keller asevera que la drosófila ha devenido un comensal de nuestra especie y ha viajado con nosotros a diversos rincones el mundo. Es más, podríamos afirmar que esta mosca se ha adaptado perfectamente a la vida humana, convirtiéndose en un integrante de nuestras sociedades y culturas: es una especie cosmopolita dependiente de las fuentes antropogénicas de alimento.

En la esfera científica, *D. melanogaster* fue inicialmente descrita y nominada por el alemán Johann Wilhem Meigen en 1830⁴, mientras que en Estados Unidos fue bautizada como *Drosophila ampelophila* por Joseph Albert Lintner en 1875, año en que probablemente arribó a ese país (Keller, 2007). Poco tiempo después, aproximadamente en 1901, hizo su incursión a los laboratorios científicos y tempranamente, hacia 1910, dio muestras significativas de sus capacidades como organismo experimental en genética (Kohler, 1993).

Los planteamientos de Kohler (1993; 1994; 1999) son fundamentales para desarrollar nuestra argumentación, por lo que en esa sección y las subsiguientes nos basaremos principalmente en ellos. En primera instancia, es bastante significativo el relato que hace el autor respecto a cómo la drosófila pasó de ser un animal silvestre a ser un habitante de las sociedades humanas, adquiriendo una naturaleza “semi-doméstica”, para finalmente convertirse en un organismo estándar de laboratorio. En este sentido, Kohler muestra cómo la mosca, dada su versatilidad, ha logrado adaptarse a diversos ambientes; unos de carácter natural y otros de índole cultural. Dentro de estos últimos, nos interesa destacar los entornos científicos y educativos.

Los científicos⁵ son principalmente los laboratorios de investigación en genética, embriología y otras áreas de la biología. Kohler asevera que en el espacio artificial del laboratorio fue donde la drosófila logró colonizar una nueva ecología, en la cual existen otras reglas de selección y supervivencia, estableciendo así una relación simbiótica con los “drosofilistas” [*drosophilists*]⁶ o “el grupo de la mosca”, liderado por Morgan. Desde este punto de vista, Kohler afirma que, así como la mosca fue transformada por las prácticas de los investigadores, estos cambiaron sus prácticas debido a las cualidades de la drosófila.

A pesar del imaginario de que la drosófila inicialmente hizo parte de estudios sobre genética, lo cierto es que antes se empleó en investigaciones acerca de la fisiología, la etología y la evolución. Asimismo, Morgan no fue el primero en trabajar experimentalmente con esta mosca; el pionero fue William E. Castle, en la Universidad de Harvard, de quien seguramente otros investigadores siguieron el ejemplo (Kohler, 1993). Uno de ellos fue precisamente Morgan, quien transformó a la mosca en un excelente “instrumento” para comprender la transmisión hereditaria de ciertos rasgos. Fueron Morgan y sus colegas quienes “estandarizaron” la drosófila y lograron establecer los primeros mapas cromosómicos, cimentando así la genética mendeliana. Todo lo anterior fue posible debido a los rasgos de la mosca: tiene un ciclo de vida corto, produce una progenie numerosa, se puede mantener en un espacio pequeño y con escaso alimento, en condiciones ambientales variables, pero no extremas, y tiende a producir mutantes en poco tiempo. En fin, posee cualidades idóneas para el trabajo de laboratorio.

No obstante, como apunta Kohler (1993), el ingreso de la drosófila a la ecología del laboratorio estuvo marcada por inconvenientes: era considerada un animal indeseable, especialmente porque se le asocia con lugares sucios y, además, tuvo que competir con organismos expe-

rimentales ampliamente utilizados, como los ratones. Por esta razón, la mosca entró al laboratorio por la puerta de atrás. Igualmente, como ya se dijo, este animal no incursionó en el trabajo experimental sobre genética, sino que previamente había hecho parte de estudios acerca de la evolución. En particular, Morgan quería poner a prueba su idea de mutación – entendida como cambio abrupto – con poblaciones de drosófila, y demostrar así que las modificaciones en el ambiente conllevan transformaciones en los organismos, propiciando de este modo cambios evolutivos. Fue con base en este tipo de trabajos que Morgan avizoró que la mosca podría arrojar luz sobre el esquivo problema de la transmisión hereditaria.

Un descubrimiento relevante, pero no el primero, fue la identificación por parte de Morgan de un macho con ojos blancos en 1910, cuando la norma es el color rojo⁷. Luego se identificaría un sinnúmero de nuevos mutantes, razón por la cual Kohler (1993; 1994; 1999) denomina a la drosófila como un “reactor-reproductor” [*breeder reactor*]: un sistema capaz de producir mutaciones, que a su vez llevan a realizar más experimentos en los que se ponen de manifiesto nuevas mutaciones, y así sucesivamente.

En síntesis, entre la mosca y los “drosofilistas” se establecieron y robustecieron nuevas interacciones ecológico-culturales. Kohler (1993, p. 308-309)⁸ lo expresa en estos términos:

Esta relación simbiótica transformó físicamente a *Drosophila* en una nueva criatura domesticada, una que no existía en la naturaleza y que sólo podría haber sido creada en la peculiar ecología de un laboratorio de genética. Y así, también, transformó a la gente de la mosca en una nueva variedad de biólogos experimentales, con repertorios de trabajo distintivos y una cultura de producción distintiva⁹.

Dicha relación condujo, entre otros aspectos, a que la drosófila deviniera en un organismo modelo¹⁰, asunto que desarrollaremos enseguida.

***Drosophila melanogaster* como Organismo Modelo: el estatus otológico, epistemológico y ético de los animales experimentales**

Daston y Galison (2007) sostienen que todas las ciencias deben seleccionar y constituir *objetos activos* [*working objects*], los cuales contrastan con los abundantes y variados *objetos naturales* [*natural objects*]. Para estos autores, el punto central es que ninguna ciencia puede llevar a cabo su trabajo sin tales objetos activos y estandarizados. Pero ¿cómo estos objetos pasan de estar en un “estado natural” a devenir en objetos científicos propiamente dichos? Esta cuestión se puede responder con base en las categorías propuestas por Daston (2000): prominencia, emergencia, productividad y arraigo.

Prominencia es una palabra para dar cuenta de las múltiples maneras en que algunos fenómenos o entidades llaman la atención científica y, por lo tanto, se transforman en objetos científicos. La *emergencia* permite postular una forma radical de novedad: se trata de la irrupción de objetos científicos sin prehistoria cotidiana, por ejemplo, algunos objetos matemáticos; es decir, que la emergencia es un genuino “traer a la existencia”. La *productividad* se refiere a que los objetos científicos nunca son inertes; ellos obtienen su estatus ontológico por la producción de resultados, implicaciones, sorpresas, conexiones, manipulaciones, explicaciones y aplicaciones. En cuanto al *arraigo*, es importante hacer notar que los objetos tienen carácter científico en la medida en que son blanco de una actividad epistémica. Esto queda manifiesto, por ejemplo, cuando los sistemas experimentales incrustan los objetos científicos dentro del amplio campo de una cultura científica, material y práctica.

Hasta ahora nos hemos referido a los objetos científicos de manera general, pero ¿en qué sentido los animales, como la drosófila, se pueden equiparar a objetos científicos? Sobre todo desde finales del siglo XIX, algunos animales llegaron a hacer parte de experimentos biológicos, los cuales tomaron lugar en un espacio específico: el laboratorio. Distintos organismos quedaron confinados al laboratorio y desarrollaron una serie de rasgos anatómicos, fisiológicos y comportamentales, entre otros, que han permitido a los humanos manipular esas propiedades y aprovecharlas para extrapolarlas a otro tipo de estudios. En pocas palabras, esos animales dieron origen a “organismos modelo” (Weber, 2008).

Según Ankeny y Leonelli (2011, p. 313), los organismos modelo¹¹ son:

[...] especies no-humanas que se estudian extensamente para comprender una serie de fenómenos biológicos, con la esperanza de que los datos y las teorías generados a través del uso del modelo sean aplicables a otros organismos. Ellos también tienen una variedad de ventajas experimentales; en particular, son fáciles de criar y mantener en grandes cantidades bajo condiciones de laboratorio¹².

Las autoras también explicitan dos atributos de estos organismos que hacen de ellos, justamente, “modelos”. En primer lugar, tenemos su “alcance representacional” [*representational scope*]: es posible extrapolar los resultados obtenidos con un organismo experimental específico hacia un amplio espectro de organismos, que suele incluir al ser humano. En segunda instancia, nos encontramos con su “objetivo representacional” [*representational target*]: cuáles son los fenómenos susceptibles de ser indagados por medio de estos organismos. Así

[...] mientras el objetivo representacional describe las razones conceptuales por las que los investigadores están estudiando un organismo dado, el alcance representacional define hasta qué punto los investigadores consideran que sus hallazgos son aplicables a todos los organismos¹³ (Ankeny; Leonelli, 2011, p. 315).

Una cuestión clave es que los organismos modelo se configuran como tal gracias a procesos de estandarización que se llevan a cabo en la ecología del laboratorio. Este asunto se puede ilustrar perfectamente con la drosófila, insecto que cumple a cabalidad con lo que se requiere para el trabajo experimental:

[...] los organismos modelo tienen características experimentales particulares que están estrechamente relacionadas con su poder como herramientas genéticas: por lo general tienen tamaños físicos y genómicos pequeños, tiempos de generación cortos, ciclos de vida cortos, altas tasas de fertilidad y, a menudo, altas tasas de mutación o alta susceptibilidad a técnicas simples para la modificación genética¹⁴ (Ankeny; Leonelli, 2011, p. 316).

Como expusimos en la sección previa, fueron Morgan y sus colegas quienes constituyeron a la *D. melanogaster* en el organismo estándar ideal para la genética. Sin embargo, ¿qué implica que entendamos a un organismo como un “estándar”? Ello puede significar que ha sido “fabricado” por prácticas humanas – en este caso, de laboratorio –, con el ánimo de que cumpla ciertas funciones que permitan dilucidar determinados problemas, como el de la transmisión hereditaria de caracteres. Asimismo, la idea de estándar conlleva un contexto más amplio que un laboratorio particular, como el de la Universidad de Columbia, en el que Morgan y su equipo trabajaron con la drosófila. Retomaremos este tema en el siguiente apartado.

Para Kohler (1994, p. 14), un estándar significa “*las cosas que todo el mundo usa*”¹⁵. Aquí “todo el mundo” denota las personas que hacen parte de proyectos de investigación similares, y que implementan prácticas semejantes para resolver los problemas que les son significativos. El término estándar alude no solo a la mosca en sí, sino también a unas herramientas que se elaboraron gracias ella y que llegaron a ser usadas por “todo el mundo”: los mapas genéticos. Como es bien sabido, la drosófila inicialmente permitió establecer las relaciones entre el comportamiento de los cromosomas y la transmisión hereditaria de ciertos rasgos. Además, gracias a ese animal, fue posible comprender el ligamiento entre genes y el proceso de entrecruzamiento¹⁶.

Es un lugar común de los estudios históricos y filosóficos de la biología hacer referencia a los organismos modelo en general, y a la drosófila en particular, como instrumentos: las moscas son análogas a los instrumentos de muchas maneras, “por ejemplo, ecológicamente hablando, éstas no viven sino en un ambiente artificial: el laboratorio”¹⁷ (Kohler, 1999, p. 244).

Es desde este punto de vista que Castro (2019) ha llamado la atención respecto a que el estatus ontológico y epistemológico de un organismo modelo, como la drosófila, da cuenta de este animal simplemente como un instrumento, un artefacto o una herramienta que se emplea para realizar experimentos. En tal sentido, una mosca sería equivalente a, por ejemplo, un termómetro. O, en palabras de Ankeny y Leonelli (2011, p. 317), “[...] el organismo modelo es entendido como un tubo

de ensayo para lograr una comprensión completa de todos los procesos biológicos”¹⁸. De manera más amplia, dichos organismos también se conciben como tecnología: “Las criaturas experimentales son una clase especial de tecnología en el sentido que ellas son alteradas ambiental o físicamente para hacer cosas que los humanos valoran, pero que no podrían haber hecho en la naturaleza”¹⁹ (Kohler, 1994, p. 6). Weber (2005), por su parte, propone no tomarse este tipo de aserciones literalmente, pues los biólogos no construyen a los organismos modelo, sino que los modifican. Además, dice el autor, esos organismos, a diferencia de los instrumentos, ayudan a identificar fenómenos que ocurren en sí mismos, no fuera de ellos.

Pero, al margen del lenguaje que se use, consideramos que los organismos modelo no deberían ser entendidos del modo señalado, pues el estatus ontológico – qué tipo de entidades son – y epistemológico – qué podemos conocer *de* ellos y *con* ellos – ha de ser complementado con su *estatus ético*: un animal experimental, como la drosófila, no tiene por qué tratarse como un instrumento o una herramienta, ya que es un ser viviente y sintiente, cuya existencia merece respeto. A pesar de vivir en el laboratorio, esa vida debe ser digna (Castro, 2019).

En cualquier caso, es importante tener presente que el trabajo experimental con la drosófila fue la base para la construcción de los mapas genéticos que, junto con cepas de moscas, llegaron a ser una “moneda de cambio” entre grupos de investigadores. Ello nos conduce a explorar otras cuestiones de orden sociocultural suscitadas por las prácticas científicas en las que se ha implicado a *D. melanogaster*. De este modo, en el siguiente apartado abordaremos un tema que da cuenta del eje sociológico de nuestra propuesta: cómo las costumbres de intercambio intelectual entre diferentes grupos de investigación fueron claves para la constitución de la mosca como organismo modelo, principalmente de la genética. Esto nos permite acercarnos a la dinámica social de las comunidades científicas, y entender el andamiaje del conocimiento como resultado de un proceso de interacción entre sujetos, lo que despliega una serie de prácticas que se atrincheran en tradiciones experimentales de largo alcance.

La *Drosophila melanogaster*, los ‘Drosofilistas’ y la Economía Moral: las relaciones sociales *dentro* del laboratorio de Morgan y *entre* los laboratorios de investigación científica sobre la mosca

Las cepas de mutantes de drosófila, así como los mapas genéticos, devinieron organismos e instrumentos estandarizados, lo que permitió remitirlos a diversos laboratorios del mundo, en donde se usaron de manera semejante a como lo hicieron los “drosofilistas”. Esto conllevó su universalización: diferentes investigadores, separados por el espacio, pero unidos por trabajar en problemas afines, comparten un cúmulo de saber teórico-práctico, como el que está implicado en la experimentación con la mosca. Por supuesto que dicha actividad experimental se

originó en un contexto restringido, en el laboratorio de Morgan, en la Universidad de Columbia, pero, poco a poco abarcó un radio de acción mucho más amplio, en buena medida debido a las estrategias de intercambio con diversos grupos de investigación situados a lo largo y ancho del planeta.

El historiador marxista E.P. Thompson propuso la idea de “economía moral”, la cual ha sido resignificada por Kohler (1994; 1999) para dar cuenta de cómo se establecieron y estrecharon las relaciones sociales *dentro* del equipo liderado por Morgan y *entre* este colectivo y otros semejantes. Siguiendo los planteamientos de Kohler, la economía moral para el “grupo de la mosca” se caracterizó por: 1) el acceso a las herramientas de intercambio; 2) la equidad en la asignación de crédito, que es el reconocimiento público; y 3) la autoridad en la configuración de agendas de investigación y en decidir qué vale la pena ser indagado. Kohler resalta, asimismo, que en ese grupo se instauró un conjunto de relaciones como, por citar algunas, de división del trabajo y de reciprocidad. No todos los integrantes hacían lo mismo, pero lo realizaban siguiendo objetivos comunes.

En cuanto a las relaciones con otros grupos, Kohler (1999) sostiene que estas consisten en las “redes de intercambio”, las cuales se ejemplifican con la producción de escritos, libros y artículos, en particular, que ayudaron a divulgar los resultados de sus trabajos; pero también se intercambiaban cepas de mutantes de drosófila y se socializaban técnicas y protocolos experimentales. Es desde esta perspectiva que Kohler (1999, p. 245) afirma que

Las moscas y los mapas estandarizados, la economía moral y las redes de intercambio surgieron conjuntamente –cada uno produciendo a los otros, podríamos decir: los aspectos materiales, sociales y morales [y literarios] de una extraordinaria máquina para producir conocimiento genético²⁰.

Kohler (1999, p. 246) igualmente asevera que la vida experimental, a propósito de la drosófila, no debe verse como una cuestión solamente biológica o exclusivamente cultural, sino que hay que entenderla como una mixtura inextricable entre naturaleza y cultura “[...] y la naturaleza y la cultura también deben combinarse a la perfección en las historias y sociologías de la vida experimental”²¹.

Y, como hemos dicho, esa forma de vida experimental, instaurada y desarrollada por los “drosofilistas”, enfatizaba la colaboración, lo cual implicaba que el grupo recibiera visitantes para trabajar en su seno, para que de ese modo aprendieran en la práctica las formas de abordar los problemas que la drosófila ayudaba a elucidar. Algunos de esos invitados eran estudiantes de posgrado e incluso profesores universitarios y de colegio. Desde esta perspectiva, Kohler (1999, p. 250) manifiesta que el grupo de la mosca no veía a sus visitantes como discípulos que deberían seguir sus indicaciones al pie de la letra. No obstante, ese grupo sí “[...] tenía muchos alumnos devotos, pero no era una ‘escuela’”²².

A nuestro modo de ver, ese colectivo sí podría considerarse como “una escuela” en al menos dos acepciones del término: como una corriente de pensamiento, y acción, y como una comunidad en la que se enseña y se aprende. Nos interesa resaltar que, con Morgan y sus colegas, se formaban profesores que al retornar a sus instituciones ponían en práctica lo aprendido con los “drosofilistas”: “[Morgan] recurrió a los profesores de biología en universidades pequeñas, invitándolos a realizar una parte del trabajo de la *Drosophila*, recibiendo a cambio un grado de doctorado”²³ (Kohler, 1999, p. 254). Asimismo, consideramos que la costumbre de intercambiar conocimientos y elementos materiales puede ser una base para que la drosófila igualmente se haya convertido en un recurso y una estrategia de enseñanza.

Esto queda patente con el hecho de que, en el contexto de la formación de profesores de biología y de biólogos, es común aprender cuestiones de genética, y de otras áreas, mediante el trabajo experimental con la mosca. En otras palabras, es factible que los mutantes de drosófila hayan arribado a diversos laboratorios universitarios gracias a los procesos de intercambio descritos, en donde se adaptaron a una vida y a un hábitat diferentes: la vida experimental en el entorno de los laboratorios educativos. Según Sofer y Tompkin (1994), la comunidad de investigación con drosófila es amplia, lo cual se evidencia porque varios colegios y universidades poseen lugares en los que se cultivan y mantienen moscas, permitiendo que los estudiantes neófitos se familiaricen con estos insectos, aprendiendo cómo cuidarlos. Así las cosas, podemos afirmar que *D. melanogaster* también es un organismo modelo para la didáctica de la biología (Pasini; Bertolottoa; Fasano, 2010; Harbottle; Strangward; Alnuamaani; Lawes; Patel; Prokop; 2016).

La *Drosophila melanogaster* como Organismo Modelo de la Enseñanza de la Biología

La utilización de organismos en la enseñanza de la biología obedece en parte, según Mayer (1980), al objeto y trayectoria de esta ciencia. Inicialmente, el estudio de la biología se ubicó en los campos de la sistemática y la morfología centrados en la exploración de especímenes preservados, disecados o preparados, de modo que el empleo de los organismos en el aula no enfatizaba la experimentación, sino la observación de carácter confirmatorio, convirtiendo el laboratorio en un escenario donde los estudiantes trabajaban con organismos no vivos principalmente para prácticas de disección, con la finalidad de observar, etiquetar y memorizar. No obstante, se reconoce que es poco lo que se gana con este tipo de prácticas, en comparación con los diagramas disponibles en los libros de texto.

En tiempos recientes ha cambiado el rol de los organismos en la educación, lo que ha incidido en el contenido y la carga conceptual de los cursos de biología en la escuela, dando mayor importancia a la estructura e identificación de diversos organismos, incluyendo en los planes de estudios temas como biología molecular, genética, ecología,

y comportamiento, entre otros, reduciendo significativamente la práctica y el comercio de animales para disecciones, y aumentando el desarrollo de laboratorios con animales preservados o vivos (Mayer, 1980), dentro de los cuales el más estimado es la drosófila.

En el ámbito educativo, las razones para seleccionar a drosófila como organismo modelo se correlacionan con los principales argumentos de su utilización en las investigaciones científicas; se destaca en la escuela la facilidad para cultivar el insecto, su ciclo de vida corto, su mantenimiento y cultivo requiere poco espacio, es un animal de bajo costo, presenta gran variedad de cepas mutantes, etc. Sumado a ello, actualmente los libros de texto de genética brindan información suficiente relacionada con la utilización de esta mosca como organismo modelo (Snustad; Simmons, 2012).

Más allá del enorme interés que ha despertado drosófila en el trabajo científico, la universidad y la escuela como escenarios educativos han reconocido el potencial de este organismo para la enseñanza de la biología, particularmente de la genética. A pesar del impacto que esta área tiene en la vida diaria, los estudiantes manifiestan que su contenido representa gran dificultad (Bahar; Johnstone; Hansell, 1999; Fauzi; Ramadani, 2017). Por ejemplo, se han identificado problemas en la comprensión del concepto “dominancia” (Abraham; Perez; Price, 2014), así como en la relación entre variación genética y variación fenotípica y sus implicaciones en la comprensión de procesos evolutivos y biomédicos (Page; Crook, 2022).

En todo caso, el trabajo con drosófila en la escuela requiere del uso de organismos vivos y el manejo de metodologías estandarizadas. Generalmente, las prácticas escolares inician con la presentación de protocolos que incluyen la elaboración de medios de cultivo para mantener los individuos, además se indica el tipo de observación y registro que debe realizarse²⁴.

En este sentido, y de acuerdo con Pasini, Bertolotto y Fasano (2010), la drosófila es el organismo eucariótico más usado en las clases de biología, debido a las propiedades que ya hemos señalado, las cuales posibilitan realizar pequeños proyectos escolares. Los autores igualmente aseveran que esta mosca ha sido un organismo modelo de la biología por cerca de un siglo y ha permitido investigar cuestiones genéticas y de otra índole. Pero ¿de qué modo podemos entender a la drosófila como organismo modelo tanto de la biología como de su enseñanza? Pareciera que, según lo expuesto en este artículo, *D. melanogaster* primero hizo parte del trabajo experimental en los laboratorios de genética para posteriormente “colonizar” ambientes de carácter educativo. Esto no es del todo cierto.

Kohler (1999) afirma que existe una historia arraigada, pero errónea, acerca de que fue Morgan quien, para trabajar sobre cuestiones de genética, atrapó ejemplares silvestres de drosófila y los cultivó en su laboratorio, debido a que esta mosca encajaba perfectamente en la perspectiva mendeliana y ayudaría a arrojar luz sobre el problema de la transmisión hereditaria. Según Kohler (1999, p. 245), esa historia ha pa-

sado generación tras generación de estudiantes de biología convirtiéndose en un mito: “Es una historia ordenada, racional, pedagógicamente útil para socializar a los estudiantes, pero no es un relato fiel del desorden de la investigación real. Las ventajas de la mosca eran bastante reales, pero no fueron la razón por la que Morgan inicialmente la tomó [como organismo experimental]”²⁵.

En efecto, la drosófila ya era un habitante de otros laboratorios, diferentes a los de la Universidad de Columbia, antes de que Morgan se fijara en ella, aunque no podemos olvidar que fueron los “drosofilistas” quienes hicieron de la mosca un organismo modelo. Previamente, *D. melanogaster* era un residente de algunos laboratorios escolares. Antes de convertirse en la “vedette de la genética” (Jacob, 1998), nuestra diminuta mosca era empleada por profesores de biología para realizar demostraciones sobre tropismos, dimorfismo sexual y metamorfosis y, en ese sentido, su principal ventaja fue ser un excelente organismo para desarrollar actividades escolares:

De hecho, existe evidencia de que *Drosophila* se llevó por primera vez a los laboratorios principalmente porque era ideal para los proyectos de los estudiantes: era abundante en el otoño en jardines y huertos, y estaba activa durante el invierno, cuando se necesitaba material vivo, y era barata y fácil de reemplazar cuando los estudiantes sin experiencia echaban a perder los cultivos. *Drosophila* era útil para el trabajo de los estudiantes, pero, por esa misma razón, su estatus como instrumento de investigación era decididamente bajo. Es decir, hasta que fue empleada por casualidad en experimentos genéticos (Kohler, 1999, p. 245-246)²⁶.

Drosophila, en resumen, se adaptó muy bien al entorno colegial y al ciclo de temporadas académicas (Kohler, 1993, p. 296)²⁷.

O sea que la drosófila tuvo un éxito temprano en el escenario educativo, pero, a su vez, esta situación hizo que los investigadores de alto nivel no la vieran con buenos ojos. Entonces, no es arriesgado afirmar que, aunque la mosca entró a los laboratorios científicos por la puerta de atrás, proveniente de las instituciones escolares, quedó ligada a la nueva forma de vida experimental, transformándose así en un organismo modelo. Y, de este modo, retornó modificada y empoderada a los escenarios escolares propiamente dichos. Por ende, no es descabellado asegurar que la drosófila también es un organismo modelo para la didáctica de la biología, a pesar de que ello no se limita a la enseñanza de la genética:

Drosophila ofrece un modo para que los maestros ayuden a los estudiantes a establecer conexiones entre las poblaciones, el organismo, la célula, el cromosoma, el gen y el ADN [...] Creemos que el mayor valor de hacer prácticas de laboratorio con moscas no radica en la genética *per se*, sino en la oportunidad de exponer a los estudiantes a un animal vivo, el cual crían y manipulan para generar datos

reales. A menudo, un estudiante inicialmente encontrará repugnante un frasco repleto de larvas, pero luego él se encontrará fascinado, mirando ese vial a través del estereoscopio/microscopio (Pasini; Bertolotto; Fasano, 2010, p. 1166)²⁸.

En suma, la enseñanza de la biología apoyada en prácticas con drosófila no se restringe a cuestiones de genética; esta mosca también se ha utilizado como recurso educativo en la enseñanza de otros procesos y fenómenos presentes en los planes de estudio, como, por citar algunos: ciclo de vida (Demczuk; Nunes; Silva, 2007), desarrollo de habilidades científicas (Intra; Pasini, 2016), crecimiento poblacional (Beals; Krall, 2010), patrones de comportamiento – geotaxia, quimiotaxia o fototaxia – (College Board, 2012) y evolución, especialmente los conceptos de selección natural y deriva genética (Plunkett; Yampolsky, 2010).

Pero, al margen de lo anterior, es importante tener presente que una vez que la mosca devino un organismo modelo de la genética, ello tuvo importantes repercusiones en el contexto escolar. En la primera mitad del siglo XX, autores como Demerec y Kaufman (1940) reconocieron los significativos aportes de la “mosca del vinagre” en el desarrollo de la genética – lo cual asumen como uno de los grandes logros científicos de las primeras décadas de ese siglo – y llaman la atención sobre sus contribuciones a la enseñanza de esa ciencia. Por ello, los estudiantes deberían tener acceso a las moscas en sí y aprender los procedimientos científicos que ya se habían vuelto tradición, principalmente en el laboratorio de Morgan. En el decenio de 1950, se promovió el empleo de drosófila para la enseñanza a nivel secundario de algunos principios de genética; se plantea que la enseñanza es más efectiva si se acompañan las discusiones en clase con el trabajo de laboratorio (Paloumpis, 1953).

Citando a Demerec y Kaufman (1940), Sofer y Tompkin (1994) manifiestan que, al transcurrir muchos años, la drosófila se ha consolidado como un organismo muy útil en las escuelas secundarias para la enseñanza de la genética mendeliana, además de otros temas de biología²⁹. Sin embargo, estos autores plantean que la mosca, al no ser un vertebrado, implica que “[...] no está sujeta a las normas y reglamentos que se han establecido para trabajar con tales organismos”³⁰ (Sofer; Tompkin, 1994, p. 418), lo cual podría dar a entender que la drosófila no tiene un estatus ético y que su existencia no merece respeto por parte nuestra.

Infortunadamente, esta situación no parece ser un caso aislado, pues en diversas propuestas didácticas se promueve un trato cruel hacia la drosófila. Por ejemplo, en el proyecto *droso4schools*³¹ descrito por Harbottle et al. (2016, p. 19), a pesar de que se afirma que en él se llevan a cabo actividades de enseñanza inspiradoras y memorables por medio de la experimentación con organismos vivos y atendiendo varios temas del currículo escolar, al mismo tiempo se socializan protocolos de trabajo que implican diseccionar y teñir larvas de drosófila y se indica cómo “[...] agitar moscas epilépticas para que tengan convulsiones o paralizarlas calentándolas a la temperatura corporal”³². También afirman que

Estas lecciones emocionantes y didácticamente valiosas son posibles utilizando *Drosophila* como herramienta de enseñanza, ya que es uno de los pocos organismos de laboratorio establecidos que es fácil de criar y usar en las escuelas, barato y éticamente sin problemas (Harbottle et al., 2016, p. 19)³³.

Ciertamente, estas prácticas no deberían realizarse en la escuela, pues los estudiantes podrían volverse hábiles en procedimientos experimentales, pero tornarse insensibles frente a las otras formas de vida (Grilli, 2018; Ortiz, 2018). La vida en el laboratorio no tiene por qué ser indigna.

Para hacer frente a esos tratos reprobables, fundamentados en posturas éticamente injustificadas, es necesario que desde la escuela se apueste por respetar la existencia de los otros seres vivos. Una forma de acometer esta empresa es trabajar con organismos vivos sin que ello implique hacerles daño, sino que, por el contrario, les permita a los estudiantes comprender cómo son y se comportan los animales usados en las prácticas de laboratorio. Como lo expresamos en la introducción, podemos aprender cómo funciona una mosca sin que ello conlleve “desmontarla”. Desde esta perspectiva, en la literatura se han reportado estrategias de enseñanza de la biología que toman a la drosófila como recurso didáctico, a la vez que fomentan el respeto hacia este insecto.

Uno de esos trabajos es el realizado por Demczuk, Nunes y Silva (2007), quienes indagaron sobre las concepciones espontáneas de estudiantes de enseñanza fundamental acerca del ciclo de vida y la metamorfosis, utilizando para ello cultivos de drosófila, los cuales debían ser observados y descritos por los alumnos, registrando diariamente sus observaciones y descripciones en un cuaderno. Esta suerte de prácticas ayudaría a promover un trato respetuoso hacia los demás organismos.

Parece haber una tendencia a enseñar cuestiones sobre los ciclos de vida usando la drosófila, y el artículo de Kurvink (2004) no es la excepción. En efecto, esta autora afirma que los estudiantes gustan de trabajar con organismos vivos, como *D. melanogaster*. La observación directa de este animal les permite a los alumnos apreciar la apariencia de los diferentes estadios de la metamorfosis, así como identificar los organismos que les son patógenos, como algunos hongos.

Nissani (1996), desde otro enfoque, relata la experiencia realizada con cuatro grupos de estudiantes, a cada uno de los cuales se les suministraron dos viales conteniendo entre diez y veinte drosófilas. Los recipientes debían disponerse de manera horizontal, y sin perturbar, en el escritorio y luego anotar cómo era el comportamiento de las moscas. En concreto, el autor estaba interesado en que los estudiantes lograran identificar algunas “moscas danzantes” y observar otros comportamientos que les parecieran llamativos. Para el tema que nos ocupa, el artículo de Nissani (1996) tiene un valor agregado, pues es el único que hemos hallado en donde se alude explícitamente a la *naturaleza de la ciencia*, haciendo énfasis en que los estudiantes comprendan, a través del trabajo con drosófila, cómo se realiza la indagación científica.

Sin embargo, García-Carmona, Vázquez y Manassero (2011), afirman que la naturaleza de la ciencia no debe confundirse con los procedimientos científicos, ya que practicarlos y aprender naturaleza de la ciencia no son la misma cosa. Sin duda, esta distinción es importante, pero no tiene que llevarnos a cuestionar la relevancia del saber práctico, tanto en el aprendizaje de la ciencia como en las reflexiones sobre la naturaleza de la ciencia. Muchas veces aprendemos técnicas de laboratorio, a manipular instrumentos científicos o a criar organismos modelo, pero casi nunca nos cuestionamos acerca de cómo ese saber ha llegado a ser lo que es y por qué es conocimiento científico en sí mismo. La naturaleza de la ciencia no tiene un carácter eminentemente teórico y conceptual; la ciencia no se restringe a sus teorías. En última instancia, el conocimiento científico también ha de asumirse desde una perspectiva práctica y valorativa.

Por otro lado, cabe señalar que los trabajos consultados sobre el valor educativo de la drosófila no aluden explícitamente a la naturaleza de la ciencia, en relación con los aspectos históricos, filosóficos y sociológicos, tema que, por su parte, es al que Adúriz-Bravo (2005) dirige su atención, sosteniendo que la historia, la filosofía y la sociología de las ciencias son “metaciencias”, es decir, disciplinas que toman por objeto de estudio a la ciencia como tal: “En la didáctica de las ciencias hablamos de ‘naturaleza de la ciencia’ para referirnos a un *conjunto de ideas metacientíficas con valor para la enseñanza de las ciencias naturales*” (Adúriz-Bravo, 2005, p. 12, cursivas en el original).

En esta misma vía de argumentación, Matthews (2017) plantea una distinción importante: una cosa es enseñar aspectos *de* la ciencia – por ejemplo, qué es un cromosoma o un gen – y otra es enseñar cuestiones *sobre* la ciencia – qué es la ciencia, cómo se elabora y cómo se transforma en el tiempo³⁴. Justamente, este último escenario es el de la naturaleza de la ciencia, la que contribuye a ampliar las perspectivas desde las cuales abordar temas científicos en el aula:

Como todos los maestros, los de ciencia deben pensar ‘en forma seria y profunda’ sobre la materia que enseñan; es otra forma de decir que todos los maestros deben pensar sobre [la sociología,] la historia y la filosofía de su materia. Los maestros requieren una brújula educativa, pero existen muchas y todas apuntan en direcciones distintas. La filosofía es necesaria para fabricar una brújula educativa que apunte hacia el norte educativo [...] (Matthews, 2017, p. 523).

Nuestro “norte educativo” es reconocer la drosófila como un organismo que potencia la enseñanza de la naturaleza de la ciencia. No obstante, es necesario subrayar que este metaconocimiento debe ser atendido en los programas de formación de profesores³⁵, estableciendo reflexiones interdisciplinarias alrededor del funcionamiento interno y externo de la ciencia, la construcción y desarrollo del conocimiento científico, los métodos empleados para validar y difundir el conocimiento, los valores y emociones implicados en las actividades científi-

cas, etc. Como bien lo presentan García-Carmona, Vázquez y Manasseiro (2011, p. 408) una escasa comprensión de la naturaleza de la ciencia en la educación “sólo puede remediarse con una formación adecuada sobre estas cuestiones, tanto en la formación inicial como en la formación permanente [del profesorado]”.

En consecuencia, los ejes previamente aludidos, sociológico, filosófico e histórico, no deberían abordarse de manera disgregada, sino integralmente. Es desde este enfoque que en el presente artículo hemos propuesto que la *D. melanogaster* puede ser un punto de encuentro entre aquellos ejes, convirtiéndose en una excelente “brújula educativa” para que los profesores tengan más claridad acerca de qué trayectos didácticos trazar y emprender.

Consideraciones finales: la *Drosophila melanogaster* en el cruce de caminos entre la historia, la filosofía, la sociología y la didáctica de la biología

En pocas palabras, nuestra propuesta es que los estudios históricos, filosóficos y sociológicos de la biología, a propósito de la drosófila, han de asumirse como un marco de referencia idóneo para que los profesores puedan sustentar la naturaleza de la ciencia que pretenden enseñar. Hemos visto que la literatura educativa consultada sobre la mosca no toca esos asuntos “metacientíficos” e, incluso, puede ir en contravía de ellos, lo que queda patente con las cuestiones éticas discutidas, tanto en el ámbito del trabajo científico en el laboratorio, como en las prácticas escolares alrededor de la drosófila. También aludimos a la naturaleza de la ciencia como un campo de indagación y reflexión de la didáctica de las ciencias. Es desde esta perspectiva que proponemos comprender a *D. melanogaster* como un punto de encuentro entre los ámbitos mencionados. Asimismo, consideramos, siguiendo a Matthews (2017), que la naturaleza de la ciencia puede entenderse como una brújula educativa que nos ayuda a ubicarnos y dirigirnos hacia el lugar de destino.

Como se mencionó, la drosófila es empleada en la enseñanza de la biología de manera recurrente en procesos prácticos y teóricos. Sin embargo, en este artículo defendemos que este organismo, teniendo en cuenta su trayectoria histórica, filosófica y sociológica, presenta un alto potencial para superar un abordaje acrítico e instrumental de la enseñanza y, además, puede propiciar un alejamiento de una concepción utilitarista de la biología. Es así como proponemos un acercamiento a la naturaleza de la ciencia desde la mosca, dado que su trasegar como organismo modelo permite evidenciar la complejidad de la actividad científica y lo que demanda para los sujetos que se dedican a su investigación.

Igualmente, el punto de encuentro que representa la drosófila, contribuye a:

- a) comprender la diversidad de contextos en los cuales se desarrollan los avances y los sistemas de valores (éticos y epistémicos,

entre otros) bajo los cuales se evalúan las diferentes acciones y prácticas;

b) reconocer los recursos materiales y artefactuales que se tenían o que resultaban del trabajo con la mosca;

c) entender las motivaciones y las demandas que el contexto social generaba para su investigación, y los itinerarios profesionales que desarrollaron en los diferentes ámbitos en lo que circulaba ese organismo;

d) tener un mejor conocimiento de los métodos y conceptos científicos y de la manera en que están asociados con fines y valores;

e) y propiciar la discusión ética alrededor de las prácticas experimentales más allá del campo de la genética, dada la cantidad de mutantes naturales e inducidos de esta especie, sino en otras áreas en las que *D. melanogaster* juega un papel preponderante, como las neurociencias, la biología del desarrollo y la investigación de enfermedades humanas, promoviendo protocolos y normatividades sobre su uso en la experimentación, y suscitando valores de índole ética, los cuales conminan a no tratar a los seres vivos de manera cruel o indigna.

Así las cosas, dado que este artículo versa sobre aspectos específicos de la enseñanza de la biología, sería oportuno referirnos particularmente a la *naturaleza de la biología*, siguiendo a Fischer, Wandersee y Moody (2002). Estos autores entienden el conocimiento biológico y la naturaleza de la biología como un amplio territorio que, para ser explorado, requiere que dispongamos del mapa adecuado:

Al aprender y atravesar un territorio tan complejo como la biología, la metáfora de un mapa es útil. El mapeo de la biología puede ayudarnos a ver dónde hemos estado nosotros (y otros antes que nosotros) y trazar una ruta hacia nuestro nuevo destino a través de indicaciones, señales y puntos de referencia establecidos. La alternativa es la acumulación accidental de conocimiento desorganizado mediante un recorrido aleatorio. Sin embargo, si quieres llegar a donde quieres ir, ¿usa un mapa!³⁶ (Fischer; Wandersee; Moody, 2002, p. 32).

Desde luego que la drosófila no solo nos ha permitido construir mapas genéticos, también nos ha ayudado a mapear y transitar el territorio de la biología y su enseñanza y, de este modo, coadyuvó a integrar los aspectos científicos con los “metacientíficos” y los didácticos; se halla en el cruce de esos senderos.

Como hemos afirmado, la drosófila ha sido un organismo modelo de la biología y de su enseñanza, pero, quizá lo más relevante para los propósitos de este artículo: esta mosca también puede ser un modelo para ampliar la mirada sobre lo que entendemos por naturaleza de la biología, con claras implicaciones didácticas.

Al fin y al cabo, la drosófila ha hecho parte de varias dimensiones de nuestra vida y ello data de muchísimo tiempo atrás. *Homo sapiens* y

Drosophila melanogaster somos originarios de África y nos hemos dispersado por buena parte del planeta. Tal vez no zarpamos en el mismo barco, pero nos encontramos por el camino, recorriendo las mismas rutas: hemos sido compañeros de viaje y hemos devenido juntos en una relación interespecie (Castro; Bernal, 2021). Parafraseando a Kohler (1993), así como los “drosofilistas” transformaron a la mosca cuando llegó a habitar la ecología del laboratorio, este insecto modificó a Morgan y su equipo en un nuevo tipo de investigadores; en última instancia, se trata de una interacción simbiótica, gracias a la cual hemos aprendido mucho sobre genética y otras áreas de la biología. Aunque la principal lección que deberíamos haber aprendido está centrada en la dimensión ética de la biología y su didáctica: ser respetuosos con las otras formas de vida y maravillarnos con su existencia. A nuestro juicio, el derrotero fundamental de la enseñanza de la biología es lograr ese cometido, en donde *Drosophila melanogaster* tiene aún mucho que ofrecernos.

Recibido en 29 de Abril de 2022
Aprobado en 21 de Diciembre de 2022

Notas

- 1 En ocasiones aludiremos a ella como drosófila o, simplemente, como mosca.
- 2 En efecto, no se trataba de *D. melanogaster* sino de la mosca doméstica (*Musca domestica*), aunque Jacob usa ese ejemplo para hablar de la drosófila como el primer animal fundamental en el desarrollo de la genética.
- 3 Aunque hay que precisar que nuestro abordaje no coincide del todo con lo expresado por el autor.
- 4 Aunque el nombre genérico “*Drosophila* (amante del rocío) fue acuñado por el entomólogo sueco Carl Frederick Fallen en 1823 [...]” (Roberts, 2006, p. 93). Cita original en inglés: “The name *Drosophila* (lover of dew) was coined by the Swedish entomologist Carl Frederick Fallen in (1823) [...]”.
- 5 Abordaremos el tema de los entornos educativos en secciones posteriores, especialmente en la cuarta.
- 6 “[...] – como la gente de la mosca [Morgan y sus colegas] – se denominaron a sí mismos” (Kohler, 1999, p. 244). Cita original en inglés: “[...] drosophilists – as the fly people [Morgan and his colleagues] called themselves –”.
- 7 Este rasgo es llamativo principalmente porque está ligado al sexo, en el sistema cromosómico XY.
- 8 Todas las citas provenientes del inglés han sido traducidas por los autores.
- 9 Cita original en inglés “This symbiotic relationship transformed *Drosophila* physically into a new domesticated creature, one that did not exist in nature and that could only have been created in the peculiar ecology of a genetics laboratory. And so, too, did it transform the fly people into a new variety of experimental biologist, with distinctive repertoires of work and a distinctive culture of production”.
- 10 De acuerdo con Roberts (2006), se puede considerar a *Drosophila melanogaster* como un organismo modelo desde hace más de 100 años.

- 11 Para estas autoras, el término *organismo modelo* se ha usado ampliamente en los discursos biológicos desde la era del proyecto del genoma humano, y llegó a hacer parte de la jerga de los estudios sobre la ciencia posterior a los años 1980.
- 12 Cita original en inglés “[...] non-human species that are extensively studied in order to understand a range of biological phenomena, with the hope that data and theories generated through use of the model will be applicable to other organisms, particularly those that are in some way more complex than the original model. They also have a variety of experimental advantages; notably they are easy to breed and maintain in large numbers under laboratory conditions”
- 13 Cita original en inglés “[...]: while the representational target describes the conceptual reasons why researchers are studying a given organism, the representational scope defines the extent to which researchers see their findings as applicable across organisms”.
- 14 Cita original en inglés “[...] model organisms have particular experimental characteristics that are closely related to their power as genetic tools: they typically have small physical and genomic sizes, short generation times, short life cycles, high fertility rates, and often high mutation rates or high susceptibility to simple techniques for genetic modification”.
- 15 Cita original en inglés “[...] the things that everyone uses”.
- 16 Después de los trabajos de Morgan y su equipo, otros investigadores retomaron la drosófila como organismo experimental y, gracias a ello, comprendieron aspectos hereditarios desde perspectivas moleculares y del desarrollo, entre otras. Sobre este tema véase Weber (2005; 2008).
- 17 Cita original en inglés “Ecologically, for example, they survive only in the artificial environment of a laboratory”.
- 18 Cita original en inglés “[...] the model organism is understood as a test tube for achieving a full understanding of all biological processes”.
- 19 Cita original en inglés “Experimental creatures are a special kind of technology in that they are altered environmentally or physically to do things that humans value but that they might not have done in nature”.
- 20 Cita original en inglés “Standard fly and map, moral economy, and exchange network arose together – produced each other, one could say: the material, social, and moral [and literary] aspects of a remarkable machine for producing genetic knowledge”.
- 21 Cita original en inglés “[...] and nature and culture must also blend seamlessly in histories and sociologies of experimental life”.
- 22 Cita original en inglés “[...] had many devoted alumni, but it was not a «school”.
- 23 Cita original en inglés “[Morgan] turned to teachers of biology in small colleges, inviting them to perform some part of the *Drosophila* work in return for a Ph.D. degree”.
- 24 La revista *The American Biology Teacher* tiene una sección titulada *How-to-do-it*, en la que se pueden rastrear varios artículos de prácticas que describen protocolos de laboratorio que emplean la drosófila para la enseñanza de fenómenos y conceptos en ciencias; por ejemplo, Mertens (1983), Heckman (1992) y Kurvink (2004), por mencionar algunos.

- 25 Cita original en inglés “It is a tidy, rational story, pedagogically useful for socializing students; but it is not a true account of the mess of real research. The fly’s advantages were real enough, but they were not why Morgan initially took up the fly [as an experimental organism]”.
- 26 Cita original en inglés “In fact, there is evidence that *Drosophila* was first brought into laboratories primarily because it was ideally suited to student projects: it was abundant in the fall in gardens and orchards and active through the winter, when live material was needed, and cheap and easily replaced when inexperienced students killed off cultures. Plants and rodents, in contrast, were seasonal or expensive to maintain, subject to blights and epidemics, and not forgiving of student mistakes. *Drosophila* was useful for student work, but for that very reason its status as an instrument of research was decidedly low. That is, until it was serendipitously taken up in genetic experiments”.
- 27 Cita original en inglés “*Drosophila*, in short, was nicely adapted to the collegiate environment and the cycle of academic seasons”.
- 28 Cita original en inglés “*Drosophila* offers a way for teachers to help students make connections between populations, the organism, the cell, the chromosome, the gene, and the DNA [...]. We feel that the major value of doing the fly lab lies not in the genetics, per se, but rather in the opportunity to expose the student to a living animal which they rear and manipulate to generate real data. Often, a student will initially find a vial seething with larvae to be disgusting, but later that student will be found to be staring, fascinated, through the stereoscope/microscope at just such a vial”. De esta cita, se puede inferir que los procesos de enseñanza de la biología deberían promover el cuidado de la vida, para lo cual es fundamental tener un contacto cercano con organismos vivos, evitando tratarlos como simples instrumentos que se pueden manipular a nuestro antojo. Desarrollaremos esta idea luego.
- 29 La investigación de estos autores estuvo enfocada en que los estudiantes de secundaria lograran comprender los comportamientos sexuales de la drosófila, debido principalmente al interés que suscita este tema en adolescentes y, además, porque este tipo de actividad no requiere equipamiento sofisticado, pues dichos comportamientos se pueden observar a simple vista.
- 30 Cita original en inglés “[...] is not subject to the rules and regulations that have been set up for working with such organisms”.
- 31 Si bien el proyecto plantea estrategias y recursos (disponibles en línea) que son interesantes (por ejemplo, hay videos que explican por qué se ha usado la mosca como material de investigación experimental y se proponen actividades que incentivan a los estudiantes a que elaboren gráficos y análisis estadísticos), algunas de esas actividades promueven un uso no humanitario de las moscas, lo cual es éticamente reprochable (ver el texto y las siguientes notas).
- 32 Cita original en inglés “[...] shaking epileptic flies into seizure or paralysing flies by warming them to body temperature”.
- 33 Cita original en inglés “These exciting and didactically valuable lessons are possible using *Drosophila* as a teaching tool as it is one of a few established laboratory organisms that is easy to breed and use in schools, cheap and ethically unproblematic”.
- 34 Esos aspectos no son opuestos, sino complementarios. Nosotros enfatizamos las cuestiones *sobre* la ciencia.

- 35 Izquierdo et al. (2016) invitan, desde la naturaleza de la ciencia, a explorar la dimensión docente que ha tenido la actividad científica en todas las épocas. En particular, Morgan y su grupo plantean un referente de práctica educativa relevante de estudiar.
- 36 Cita original en inglés “In learning about and traversing such a complex territory as biology, the metaphor of a map is useful. Mapping biology can help us see where we (and others before us) have been, and plot a route to our new destination via established referents, landmarks, and benchmarks. The alternative is accidental accretion of disorganized knowledge by random walk. However, if you want to get where you want to go, use a map!”

Referencias

- ABRAHAM, Joel; PEREZ, Kathryn; PRICE, Rebecca. The Dominance Concept Inventory: a tool for assessing undergraduate student alternative conceptions about dominance in Mendelian and population genetics. *CBE – Life Sciences Education*, v. 13, n. 2, p. 349-358, 2014.
- ADÚRIZ-BRAVO, Agustín. **Una Introducción a la Naturaleza de la Ciencia**: la epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica, 2005.
- ANKENY, Rachel; LEONELLI, Sabina. What’s so Special about Model Organisms? *Studies in History and Philosophy of Science*, n. 42, p. 313-323, 2011.
- BAHAR, Mehmet; JOHNSTONE, Alex; HANSELL, Michael. Revisiting Learning Difficulties in Biology. *Journal of Biological Education*, v. 33, n. 2, p. 84-86, 1999.
- BEALS, Ashlie; KRALL, Rebecca. Tried and True: inquiry-based environmental science investigations with the fantastic fruit fly. *Science Scope*, v. 33, n. 5, p. 66-69, 2010.
- CASTRO, Julio. Conocimiento Práctico, Historia, Filosofía y Enseñanza de la Biología: el caso de la herencia biológica. TED – **Tecné, Episteme y Didaxis**, Bogotá, UPN, n. 34, p. 103-125, 2013.
- CASTRO, Julio. El Estatus Ontológico, Epistemológico y Ético de los Animales de Laboratorio: del especismo a la biofilia y la bioética. *Tabula Rasa*, Bogotá, n. 32, p. 39-56, 2019.
- CASTRO, Julio; BERNAL, Irma. Devenir Dingo: los límites difusos entre salvaje, feral y doméstico. Un abordaje teórico desde la etnografía interespecie. *Tabula Rasa*, Bogotá, n. 40, p. 199-223, 2021.
- COLLEGE BOARD. **AP Biology Investigative Labs**: an inquiry-based approach. Canada: College Board, 2012.
- DASTON, Lorraine (Org.). **Biographies of Scientific Objects**. Chicago: The University of Chicago Press, 2000.
- DASTON, Lorraine; GALISON, Peter. **Objectivity**. New York: Zone Books, 2007.
- DEMCZUK, Oxana; NUNES, Lenira; SILVA, Elgion. Investigação das Concepções Espontâneas Referentes a Ciclo de Vida e suas Implicações para o Ensino nas Series Iniciais. *Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 6, n. 1, p. 117-128, 2007.
- DEMEREK, Milislav; KAUFMAN, Berwind. An Opportunity for Students of Heredity. *The American Biology Teacher*, v. 2, n. 8, p. 216-217, 1940.
- FAUZI, Ahmad; RAMADANI, Shefa. Learning the Genetics Concepts through Project Activities using *Drosophila melanogaster*: a qualitative descriptive

- study. **JPBI – Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia**, Malang, UMM, v. 3, n. 3, p. 238-247, 2017.
- FISCHER, Kathleen; WANDERSEE, Jim; MOODY, David. **Mapping Biology Knowledge**. New York: Kluwer Academic Publishers. 2002.
- GARCÍA-CARMONA, Antonio; VÁZQUEZ, Ángel; MANASSERO, María. Estado Actual y Perspectivas de la Enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia: una revisión de las creencias y obstáculos del profesorado. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 29, n. 3, p. 403-412, 2011.
- GRILLI, Javier. El Material Natural en la Biología Escolar: consideraciones éticas y didáctica sobre las actividades prácticas de laboratorio. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, Cádiz, Universidad de Cádiz, v. 15, n. 1, p. 1104(01)-1104(19), 2018.
- HARBOTTLE, Jennifer; STRANGWARD, Patrick; ALNUAMAANI, Catherine; LAWES, Surita; PATEL, Sanjai; PROKOP, Andreas. Making Research fly in Schools: *Drosophila* as a powerful modern tool for teaching Biology. **School Science Review**, v. 97, n. 361, p. 18-22, 2016.
- HECKMAN, Robert. Teaching a Mendelian codominant *Drosophila melanogaster* Trait with Alcohol Dehydrogenase Allozyme Polymorphisms. **The American Biology Teacher**, v. 54, n. 8, p. 482-485, 1992.
- INTRA, Jari; PASINI, Maria. The Fruit fly *Drosophila* as a Powerful Tool in Teaching life Sciences in Middle and High School Classrooms. **International Journal of Innovation and Research in Educational Sciences**, Bhopal, v. 3, n. 5, p. 288-295, 2016.
- IZQUIERDO, Mercè; GARCÍA, Álvaro; QUINTANILLA, Mario; ADURIZ-BRAVO, Agustín. **Historia, Filosofía y Didáctica de las Ciencias**: aportes para la formación del profesorado de ciencias. Bogotá: Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”, 2016.
- JACOB, François. **El Ratón, la Mosca y el Hombre**. Barcelona: Crítica, 1998.
- KELLER, Andreas. *Drosophila melanogaster*'s History as a Human Commensal. **Current Biology**, v. 17, n. 3, p. R77-R81, 2007.
- KOHLER, Robert. *Drosophila*: a life in the laboratory. **Journal of the History of Biology**, v. 26, n. 2, p. 281-310, 1993.
- KOHLER, Robert. **Lords of the Fly: Drosophila** genetics and the experimental life. Chicago: The University of Chicago Press, 1994.
- KOHLER, Robert. Moral Economy, Material Culture and *Drosophila* Genetics. In: BIAGIOLI, Mario (Org.). **The Science Studies Reader**. London: Routledge, 1999. P. 243-257.
- KURVINK, Karen. *Drosophila* & Beer. An Experimental Laboratory Exercise. **The American Biology Teacher**, v. 66, n. 1, p. 40-42, 2004.
- MATTA, Nubia (Org.). **La Mosca de la Fruta: Drosophila melanogaster** como organismo modelo en genética. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2010.
- MATTHEWS, Michael. **La Enseñanza de la Ciencia**: un enfoque desde la historia y la filosofía de la ciencia. México: Fondo de Cultura Económica, 2017.
- MAYER, William. Objectives of Animal Use in Biology Courses. In: McGIFFIN, Heather; BROWNLEY, Nancie (Org.), **Animals in Education**: use of animals in high school biology classes and science fairs. Washington: The Institute for the Study of Animal Problems, 1980. P. 11-16.

- MERTENS, Thomas. Open-ended Laboratory Investigations with *Drosophila*. **The American Biology Teacher**, v. 45, n. 5, p. 264-266, 1983.
- MORIMOTO, Juliano; PIETRAS, Zuzanna. Natural History of Model Organisms: the secret (group) life of *Drosophila melanogaster* larvae and why it matters to developmental ecology. **Ecology and Evolution**, n. 10, p. 13593-13601, 2020.
- NISSANI, Moti. Dancing Flies. A Guided Discovery Illustration of the Nature of Science. **The American Biology Teacher**, v. 58, n. 3, p. 166-171, 1996.
- ORTIZ, Gustavo. Víctimas de la Educación: la ética y el uso de animales en la educación superior. In: RIVERO, Paulina (Org.). **Zooética: una mirada filosófica a los animales**. México: Fondo de Cultura Económica, 2018. P. 214-241.
- PAGE, Robert; CROOK, Matt. Investigating Causal Genetic Variation in the Yellow Gene of *Drosophila melanogaster* as a Means of Teaching Foundational Molecular Genetic Concepts & Techniques. **The American Biology Teacher**, v. 84, n. 1, p. 28-32, 2022.
- PALOUMPIS, Andreas. The Use of *Drosophila melanogaster* in High School Genetics. **The American Biology Teacher**, v. 15, n. 8, p. 213-216, 1953.
- PASINI, Maria; BERTOLOTTA, Francesca; FASANO, Paola. The Role of Models in Science: an experience with *Drosophila*. **Procedia Social and Behavioral Sciences**, n. 2, p. 1164-1168, 2010.
- PLUNKETT, Andrea; YAMPOLSKY, Lev. When a Fly has to Fly to Reproduce: selection against conditional recessive lethals in *Drosophila*. **The American Biology Teacher**, v. 72, n. 1, p. 12-15, 2010.
- ROBERTS, David. *Drosophila melanogaster*: the model organism. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Wageningen, n. 121, p. 93-103, 2006.
- SNUSTAD, Peter; SIMMONS, Michael. J. **Genetics**. New Jersey: Wile, 2012.
- SOFER, William; TOMPKIN, Laurie. *Drosophila* Genetics in the Classroom. **Genetics**, n. 136, p. 417-422, 1994.
- WEBER, Marcel. **Philosophy of Experimental Biology**. New York: Cambridge University Press, 2005.
- WEBER, Marcel. Experimentation. In: SARKAR, Sahotra; PLUTYNSKI, Anya (Org.). **A Companion to the Philosophy of Biology**. Oxford: Blackwell Publishing, 2008. P. 472-488.

Julio Alejandro Castro Moreno es profesor e investigador de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia, adscrito al Departamento de Biología y al Doctorado Interinstitucional en Educación. Es Licenciado en Biología por la Universidad Distrital “Francisco José de Caldas” (Bogotá) y Doctor en Filosofía de la Ciencia por la Universidad Nacional Autónoma de México. Sus áreas de interés son las relaciones entre historia, filosofía y didáctica de la biología, en la formación docente.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5864-0954>

E-mail: jcastro@pedagogica.edu.co

Irma Catherine Bernal Castro es profesora e investigadora de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia, adscrita al Departamento de Biología. Es Licenciada en Biología por la Universidad Pedagógica Nacional, Maestra y Doctora en Filosofía de la Ciencia por la Universidad Nacional Autónoma de México. Sus áreas de interés son las relaciones entre historia,

filosofía y estudios sociales de la biología, enseñanza y didáctica de la biología, evolución de la sociabilidad.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1912-0312>

E-mail: icbernalc@pedagogica.edu.co

Editor a cargo: Luís Henrique Sacchi dos Santos; Leandro Belinaso Guimarães; Daniela Ripoll

