



Drosophila melanogaster



Alberto Charccahuana Sequera.

Arequipa – Setiembre 2023

IDEMA

Agropecuaria

019-Entomología general.

Tabla de Contenidos (Índice)

ii

1. Introducción.....	1
2. Drosophila melanogaster (Mosca de la fruta).....	3
2.1. Características generales.....	3
2.2. Taxonomía.....	8
2.3. Ciclo biológico.....	8
2.4. Fases de desarrollo.....	10
2.5. Diferencias entre macho y hembra.....	14
2.6. Importancia de Drosophila melanogaster.....	17
3. Conclusiones.....	20
4. Lista de referencias o Bibliografía.....	21

Lista de figuras

iii

Ilustración 1 Drosophila melanogaster o mosca de la fruta.....	2
Ilustración 2. Fotografía de la cabeza de D. melanogaster.	4
Ilustración 3 Quetas organos sensitivos.....	4
Ilustración 4. Halterios, par de alas posteriores transformadas en órganos del equilibrio.....	5
Ilustración 5. Macho de D. melanogaster	5
Ilustración 6. Mutaciones de D. melanogaster.....	7
Ilustración 7. Quetas mutantes.....	7
Ilustración 8. Ciclo vida de Drosophila Melanogaster.....	9
Ilustración 9. Drosophila - Ciclo de vida depende de diversos factores ambientales.....	10
Ilustración 10. Postura de D. melanogaster.	11
Ilustración 11. Larva D. melanogaster.....	12
Ilustración 12. Pupa de D. melanogaster	13
Ilustración 13. Etapa adulto..	14
Ilustración 14. Abdomen de D. melanogaster Hembra.....	15
Ilustración 15. Macho D. melanogaster.	16
Ilustración 16. Diferencias de sexos en D. melanogaster.	16

1. Introducción.

La mosca *Drosophila melanogaster*, tienen las características biológicas, genéticas y citogenéticas que la hacen ideal para la investigación genética. Es una mosca de tamaño muy pequeño y ampliamente extendido por todo el mundo, generalmente están asociadas a las frutas en descomposición, conocidas como la mosca de la fruta o del vinagre.

El sistema nervioso de *Drosophila melanogaster* contiene unas cien mil neuronas un 0.0001% de las que contiene un cerebro humano. Sin embargo, ambos comparten una complejidad similar en determinados sitios de neuronas.

Drosophila melanogaster es un insecto cosmopolita, con un ciclo de vida de alrededor de 10 días a 25 °C que incluye cuatro fases: huevo, larva, pupa y adulto. El promedio de supervivencia de una mosca adulta es de 70 días a 25 °C. Presenta ventajas sobre otros animales de laboratorio, como su corto ciclo de vida, la facilidad para criarla y manipularla en el laboratorio y el conocimiento de su genoma.

El genoma, el transcriptoma y el proteoma de *Drosophila melanogaster* en diferentes etapas de su ciclo de vida han sido estudiados y caracterizados. Dada la gran conservación de genes en relación con el mamífero, se convirtió en modelo para el estudio de enfermedades como diabetes, cáncer, Alzheimer, Parkinson, obesidad, enfermedades cardiovasculares y diferentes tipos de adicciones del humano en la mosca.

La mosca de la fruta se transforma en un modelo biológico de gran relevancia para la genética y la comprensión de eventos genéticos que se pueden considerar van desde lo sencillo hasta lo complejo. La comprensión de esta también se irá desarrollando con el tiempo hasta la fecha donde ya se cuenta con las secuencias completas del ADN de la *Drosophila melanogaster*, que son el resultado de reconstrucción y comparación de varios métodos de secuenciación, con la cual se confirma la posición de los

genes mutados y se conoce el tamaño del genoma de la mosca de la fruta que es de aproximadamente 165 Mb y posee un total de 14,601 genes. Es de resaltar que, aunque este modelo biológico cuenta con un número limitado de cromosomas presenta una homología del 60% de su genoma con los humanos y se estima que el 75% de los genes que producen enfermedades de origen genético tienen su homólogo en esta mosca. Es así como se vuelve importante en la biología de las enfermedades. Dado que los órganos de la *Drosophila* son funcionalmente análogos a los de los mamíferos, por ejemplo, el corazón de esta mosca presenta al igual que los humanos dos momentos, uno de diástole y otro de sístole. Como se mencionó anteriormente al tener genes homólogos y tejidos análogos permite estudiar los fenotipos en vivo de patologías de origen genético, gracias a las nuevas tecnologías que permiten inducir estos cambios en estos pequeños organismos. En consecuencia, se considera que las diferentes especies de *Drosophila* y más específicamente la *Drosophila melanogaster*, son un modelo biológico con un gran potencial para investigación en diversos campos de estudios y en especial en estudios donde esta mosca sirva como modelo de estudio de enfermedades en humanos.



Ilustración 1 Drosophila melanogaster o mosca de la fruta.

2. *Drosophila melanogaster* (Mosca de la fruta).

2.1. Características generales.

Cabeza

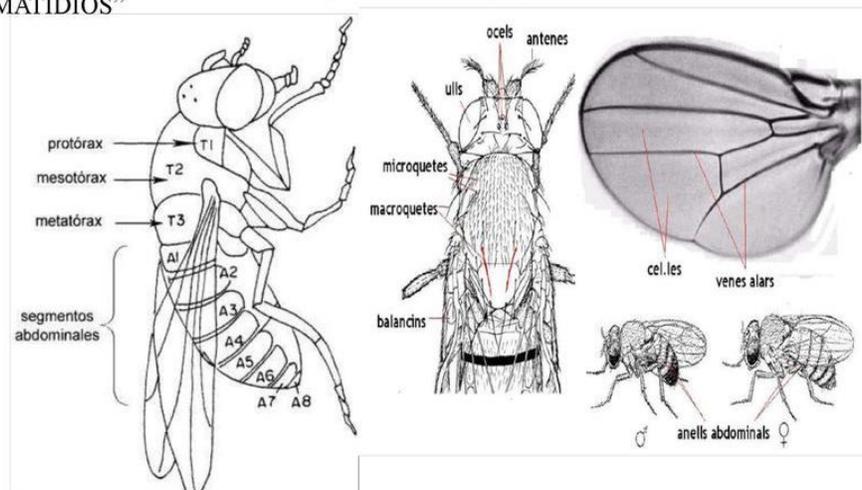
1. Antenas "PLUMOSAS"
2. Piezas bucales "chupador"
3. Ojos simples "OCELOS"
4. Ojos compuestos "OMATIDIOS"

Torax

1. Protorax
 2. Mesotorax
 3. Metatorax:
- Alas, los **halterios** y par de patas en cada segmento.

Abdomen

Bandas alternadas claras y oscuras. En el extremo encontramos el **aparato reproductor**.



- **Cabeza.** Tienen ojos compuestos de color rojo, antenas, pelos sensoriales. presenta antenas; dos grandes ojos compuestos y de forma redondeada, formados por cientos de omatidios de color rojo mate, situados en posición lateral; tres ojos simples (ocelos) en posición dorsal; Carina, palpo y probóscide y una serie de quetas o cerdas que sirven como órganos de los sentidos.



Ilustración 2. Fotografía de la cabeza de D. melanogaster.

- **Tórax.** Poseen una serie de filas de microquetas alineados antero y posteriormente, poseyendo también macroquetas (o quetas simplemente) en posición dorsal y lateral. Poseen 3 pares de patas compuestas: coxa, trocante, fémur, tibia, tarsos y uña. Los machos poseen en el tarso del primer par de patas un “un peine sexual” compuestos de pelos gruesos y cortos. Existen también dos alterios o balancines, y un par de alas transparente formadas por pequeñísimas celdillas, que tienen cinco venaciones longitudinales y dos transversales.

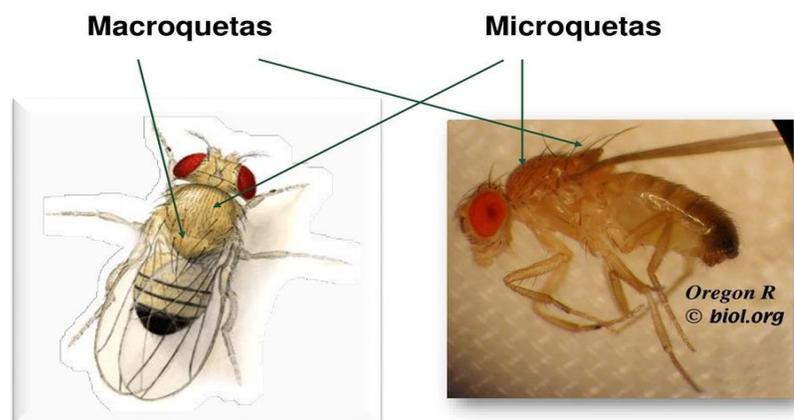


Ilustración 3 Quetas organos sensitivos.



Ilustración 4. Halterios, par de alas posteriores transformadas en órganos del equilibrio.

- **Abdomen.** Abdomen rayado, se encuentran los genitales. En los machos, el abdomen es de forma redondeada con la parte dorsal completamente oscura (negra) y la ventral portando el pene y el arco genital. En las hembras termina en forma más puntiaguda, menos amplia la franja oscura dorsal y la parte ventral con la placa vaginal. En general el tamaño de la hembra es mayor que el de los machos.

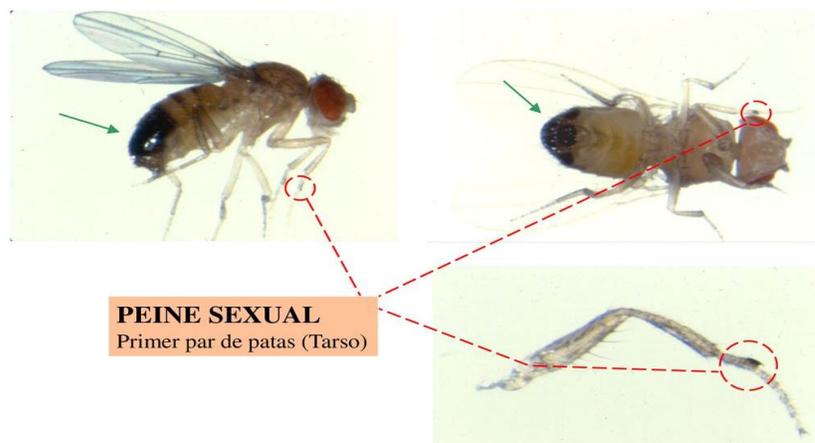
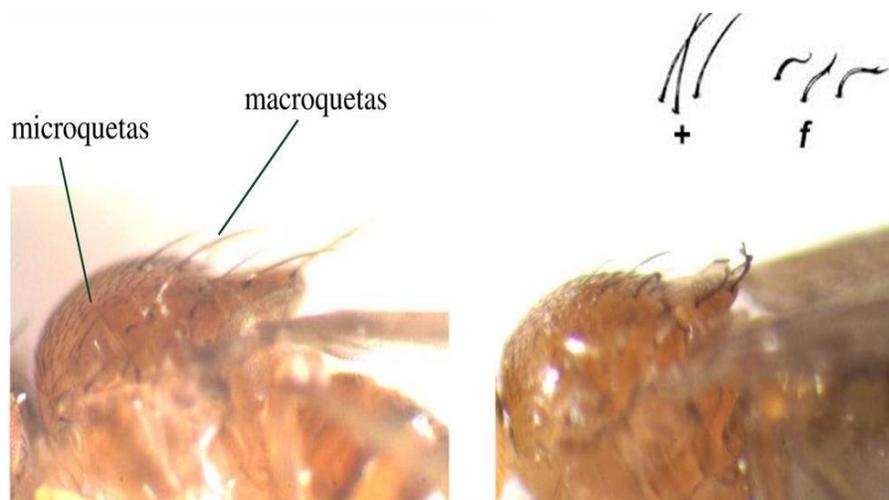


Ilustración 5. Macho de D. melanogaster

- Muchos mutantes conocidos. Nombre algunas mutaciones en *Drosophila melanogaster*.
 - Sepia (Se).** Mutación autosómica recesiva. La pigmentación de los ojos se oscurece desde marrón a sepia o negro.
 - Ebony (e).** Mutación autosómica recesiva. El cuerpo de los individuos se vuelve negro con la edad.
 - White (w).** Mutación recesiva ligada al sexo. Ojos sin pigmentación.
 - Yellow (y).** Mutación recesiva ligada al sexo. Pigmentación del cuerpo amarillo.
 - Forked (Fr).** Mutación recesiva ligada al sexo. Quetas rotas por la parte superior (similar a pelos quemados).
 - Cut (Ct).** Mutación recesiva ligada al sexo. Alas cortadas por el extremo superior.
 - Curly (y).** Mutación autosómica dominante. Presenta las alas curvas hacia arriba, no vuelan dan pequeños saltos.
 - Plum (P).** Mutación autosómica dominante. Color de los ojos más apagado que las wt.
 - Stubble (St).** Mutación autosómica dominante. Quetas rotas pero lisas.
 - Ultrabithorax (Ubx).** Mutación autosómica dominante. Halterios más gruesos y oscuros. Este carácter es difícil de determinar por qué tiene penetración incompleta.



Ilustración 6. Mutaciones de D. melanogaster



Quetas normales
(*wild type*)

Quetas *forked*
(*mutantes*)

Ilustración 7. Quetas mutantes

- Abunda en frutales.
- Se alimenta de frutales en descomposición.
- Fácil cultivo en el laboratorio.
- Abundante y fácil de capturar.
- Manejo sencillo.

- Gran cantidad de descendientes.
- Su ciclo biológico es corto de 10 a 11 días.
- Cuatro pares de cromosomas la hembra xx y el macho xy.
- 75% de los genes de enfermedades humanos tiene su homólogo en *Drosophila*.
- 15.016 genes que codifican proteína (20% de genoma).
- 139.5 millones de pares de bases.

2.2. Taxonomía.

Drosophila melanogaster, conocida como la mosca de la fruta, su alimento fruta en descomposición.

Phylum Artrópodo.

Clase Hexápodo.

Orden Díptero.

Familia *Drosophilidae*.

Género *Drosophila*.

Especie *Melanogaster*.

2.3. Ciclo biológico.

Drosophila melanogaster tiene una metamorfosis complicada. Su ciclo biológico, desde la fecundación hasta el adulto, pasa por cuatro estados de desarrollo: huevo, larva, pupa y adulto.

Ovoposición



4 ESTADIOS

1. Huevo
2. Larva (3)
3. Pupa (2)
4. Adulto (o “Imago”)

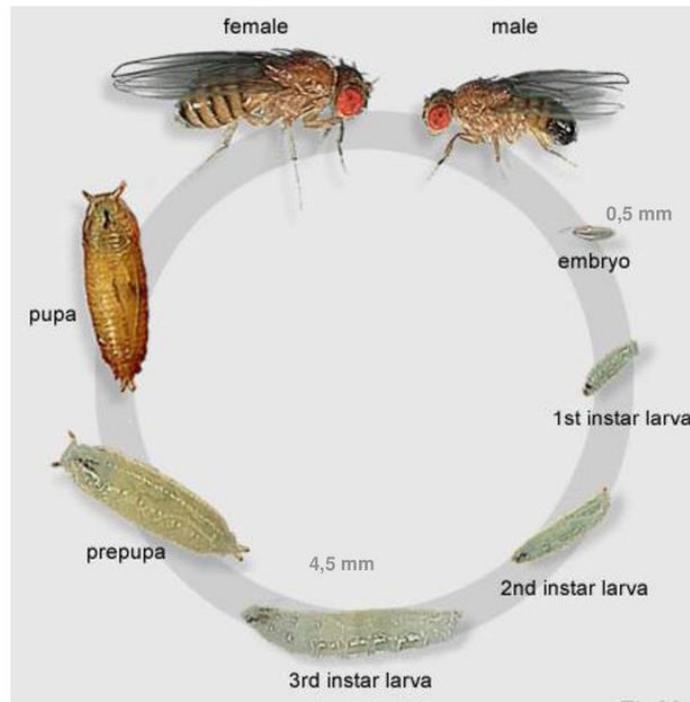
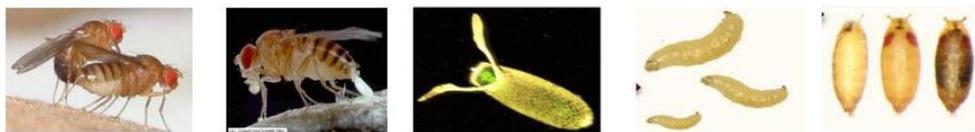


Ilustración 8. Ciclo vida de Drosophila Melanogaster.

La hembra después del apareamiento acumula el esperma en un receptáculo espermático y los huevos son fecundados posteriormente conforme pasan a través del oviducto hacia el orificio de salida (placa vaginal). La hembra puede poner huevos incluso sin estar fecundada. La ovoposición comienza en la hembra adulta al segundo día después de su emergencia, pudiendo llegar a poner hasta 50-75 huevos por día, llegando hasta 400-500 en diez días. Lógicamente solo aquellos huevos que han sido fecundados se desarrollarán.

2.4. Fases de desarrollo.

El ciclo de vida depende de diversos factores ambientales, como la **temperatura** i la **humedad**.



Temperatura (°C)	Días Huevo/Larva	Días de Pupa	Ciclo Completo (días)
11	57	13	70
15	18	8	26
20	9	6	15
25	5	4	9-10
30	4	3	7-8

Ilustración 9. Drosophila - Ciclo de vida depende de diversos factores ambientales.

La primera etapa - Embrionaria. El primer día de la fecundación, es la formación del huevo el cual eclosiona aproximadamente 20 a 22 horas a 25°C. son ovoides de 0,19 x 0,5 mm, blancos y recubiertos de una fuerte envoltura con dos apéndices delgados en el extremo anterior. En condiciones ambientales óptimas el huevo es puesto en el momento en que los dos pronúcleos se unen mediante un proceso denominado cariogamia. El desarrollo embrionario comienza inmediatamente después de la fertilización y, como en la mayoría de los insectos, se distinguen dos períodos: el período embrionario, que transcurre dentro del huevo y comprende desde la fertilización hasta que emerge la larva, y el período post embrionario, que se inicia con la eclosión del huevo y comprende las etapas de larva, pupa e imago (o insecto adulto). El núcleo diploide formado tras la cariogamia se divide mitóticamente al cabo de 20 minutos, y los núcleos originados se dividen periódica y sincronizadamente cada 10

minutos. Doscientos minutos después de la fertilización empieza la formación de la gástrula. Son visibles dos invaginaciones, una ventro - lateral en el límite posterior del primer tercio del cuerpo (surco cefálico) y otra a lo largo de la región ventral de los dos tercios posteriores (surco ventral). A partir de ellas se originan los procesos órgano-genéticos que conducirán a la formación y emergencia de la larva al cabo de 22 horas a temperatura mayor a 25°C, (el huevo eclosiona a las 12 – 15 horas a 25 °C).



Ilustración 10. Postura de D. melanogaster.

La segunda etapa - Larva. Esta etapa toma tres días aproximadamente y tiene tres instancias, aproximadamente un día por instancia a una temperatura de 25°C. Durante los tres instares la larva se observa de una coloración blanquecina, con todo el cuerpo segmentado (12 segmentos) y carece de ojos, en la cabeza se podrán ver los ganchos bucales de color negro junto con los espiráculos respiratorios, el aumento del tamaño de la larva es de aproximadamente una 200 veces.

1° instar. Esta larva es la cual ha eclosionado el huevo y ha pasado por las 16 etapas embrionarias, inmediatamente da inicio su alimentación por lo que suele observarse en la superficie del medio en constante movimiento. Este instar dura aproximadamente 24 horas y la larva tiene un tamaño promedio de 1 - 1,5 mm.

2° Instar. Está larva es ligeramente de mayor tamaño alcanzando los 2,1 a 2,6 mm y es capaz de introducirse en el medio para seguir con su alimentación, pues aparecen los espiráculos que aún no estaban formados en el primer instar.

3° Instar. Esta larva se desplaza del medio y se posa sobre las paredes del vial, en busca de un lugar relativamente seco para prepararse para la siguiente etapa. Aquí la larva ya tiene todos los discos imaginales que darán origen al adulto, tienen una coloración levemente más oscura con respecto a los instares anteriores y presenta un tamaño entre 3 a 3,8 mm.



Ilustración 11. Larva D. melanogaster.

Tercera etapa - Pupa. El proceso de pupación, se da luego que la larva del tercer instar de 3,5 mm se posa en un lugar seco, detiene su alimentación e invierte sus espiráculos, esta inicia una serie de movimientos musculares para generar un acortamiento de la larva, que a su vez permite el endurecimiento y la esclerotización de la cutícula que formará la. Durante el proceso de pupa que dura entre 4 a 5 días el organismo da inicio a la diferenciación celular que dará origen a la formación de los órganos de la mosca. Por lo anterior se dice que el organismo sufre un proceso de metamorfosis, pues se genera un cambio en la morfología del organismo por el paso de larva a adulto.

El paso de larva a adulto se da gracias a que en el proceso de pupación y en la formación del disco imaginales, estos discos están controlados por los genes HOM, los cuales se encargarán de dirigir los destinos celulares de cada uno de los discos para que forme la debida estructura en el adulto.



Ilustración 12. Pupa de D. melanogaster

Cuarta etapa - adulto. Aparece, una vez roto el puparium, con el cuerpo muy pálido y sin desplegar las alas. Éstas se despliegan al cabo de una hora, y tras otras pocas horas alcanzan la pigmentación corporal normal, un color amarillo

pajizo. Los adultos pueden llegar a vivir un mes o poco más. El adulto de la *Drosophila melanogaster* diferirá según el sexo de la mosca, por lo que se dice que este organismo se caracteriza por presentar un dimorfismo sexual en la adultez.

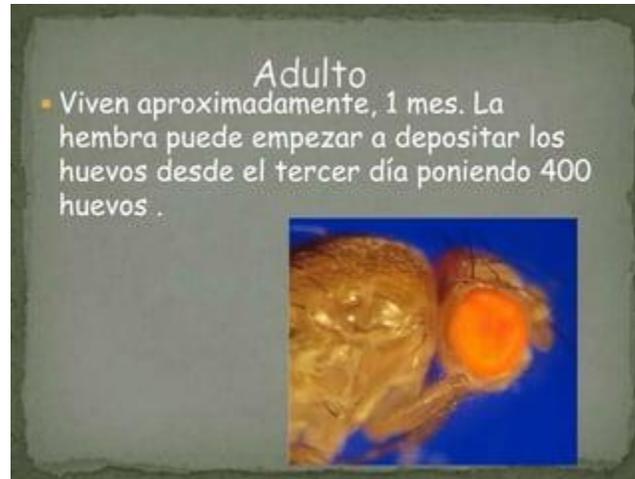


Ilustración 13. Etapa adulto..

2.5. Diferencias entre macho y hembra.

Hembras. Las hembras se caracterizan por tener un tamaño entre los 2-3 mm, como se puede observar en la foto dorsal la cola termina en punta y un tamaño redondeado en la parte superior, esta suele presentar siete quetas o divisiones observables. Estas divisiones presentan una franja de coloración más oscura con respecto al resto del cuerpo, según sea la mutante.



Ilustración 14. Abdomen de D. melanogaster Hembra

Machos. Los machos se caracterizan por tener un tamaño menor que el de las hembras, el macho en su color presenta un total de cinco vetas de las cuales tres de ellas poseen una coloración más profunda que el resto del cuerpo, adicionalmente su cola es tubular y termina en un plato anal, lo cual visiblemente se ve como una cola recorta o plana. Algo propio de los machos es presentar en el primer par de patas una modificación en el segundo segmento que se conoce como peine sexual, el cual le sirve para agarrar a la hembra durante la cópula y posicionarse correctamente.



Ilustración 15. Macho D. melanogaster.

Diferenciación de sexos en *D. melanogaster*

Hembras ♀	Machos ♂
Mayor tamaño	Menor tamaño
Abdomen puntiagudo	Abdomen redondeado
Pigmentación abdomen clara	Pigmentación abdomen oscura
7 segmentos abdominales	5 segmentos abdominales
Sin pinta sexual	Con pinta sexual



Ilustración 16. Diferencias de sexos en D. melanogaster.

2.6. Importancia de *Drosophila melanogaster*.

La *Drosophila melanogaster*, o mosca de la fruta, es usada en experimentación genética, el 61 % de los genes de la enfermedad humana que se conoce tiene una contrapartida identificable en el código genético de la mosca de la fruta y 50% secuencias proteínicas de la mosca están relacionados con los mamíferos esta es la razón por la cual las moscas son utilizadas en los laboratorios genéticos, básicamente se parecen mucho a nosotros. Se utiliza de forma generalizada en la investigación científica y médica. Este insecto de 3 mm de largo normalmente se acumula alrededor de la fruta estropeada. Se ha utilizado en la genética y la biología de desarrollo durante casi un siglo y en la actualidad varios miles de científicos Trabajan en muchos aspectos diferentes de su biología. La importancia de la *Drosophila* como modelo animal fue descubierta por Thomas Hunt Morgan, que consiguió el Premio Nobel de Fisiología y Medicina en 1933 después de haber demostrado que los cromosomas portan la información genética, utilizando la *Drosophila*. Desde entonces, este pequeño insecto, que se cría rápidamente y se mantiene con facilidad en un laboratorio, ha desempeñado un papel fundamental en la investigación genética.

Su importancia para la salud humana ha sido reconocida más recientemente con el Premio Nobel de Medicina en 1995, por su trabajo sobre el control genético del desarrollo embrionario temprano. Hay moscas mutantes con defectos en cualquiera de los varios miles de genes disponibles y recientemente se ha Secuenciado todo el genoma.

La *Drosophila* ha contribuido al desarrollo de fármacos para combatir a los patógenos responsables de diversas enfermedades, desde infecciones de la piel hasta la neumonía y meningitis. La investigación reciente con moscas de la fruta se ha centrado en la patología de la enfermedad de

Alzheimer, porque a pesar de que las moscas tienen un cerebro muy simple disponen de nervios y músculos altamente desarrollados.

Es un insecto con gran interés científico, que por más de cien años ha sido empleado por miles de investigadores en todo el mundo para hacer experimentos, es decir, es uno de los organismos modelo al que se recurre con mayor frecuencia para comprobar en el laboratorio hipótesis diversas del campo de la biología y medicina. Primero fue utilizado en genética, pero luego lo adoptaron la biología del desarrollo, la neurobiología y, más recientemente, la investigación de enfermedades humanas.

En la década de 1990, Jules Hoffmann utiliza *Drosophila* para investigación en inmunidad innata, la primera línea de defensa contra patógenos, como bacterias. Descubrió los receptores toll y demostró su importancia para la detección y defensa contra los patógenos. Aquí hay hemocitos embrionarios, la célula que pueden reconocer y responder a los patógenos en el embrión de *Drosophila*. Hoffman ganó el premio Nobel en 2011 por su trabajo sobre sistema inmune innato de *Drosophila* y compartió el premio con Bruce Beutler y Ralph Steinman por sus trabajos sobre inmunidad innata en los mamíferos.

Trabajo en *Drosophila* tiene muchas aplicaciones importantes, que van desde la genética a la enfermedad humana. Por ejemplo, la genética del desarrollo a menudo es homóloga, por lo que la identificación y caracterización de genes que regulan el desarrollo de moscas ha sido importante para entender el desarrollo humano.

El gen de *Drosophila* "eyeless" es esencial para el desarrollo de la mosca. Los mamíferos homólogos de eyeless tienen muchas similitudes funcionales, entendiendo así el desarrollo del ojo de *Drosophila* podría tener implicaciones en el desarrollo del ojo humano de comprensión y la enfermedad.

Investigación de *Drosophila* también puede tener implicaciones en la comprensión de las enfermedades neurológicas humanas. Por ejemplo, expresión de un gen humano implicado en la enfermedad de Parkinson en la mosca, conduce a una pérdida de neuronas en el tiempo y una acumulación de agregados proteicos que culminó en la disminución de la capacidad locomotora.

Investigación en la marcha ha llevado a importantes conocimientos del desarrollo del corazón humano y la función. Muchos genes asociados con la función cardíaca se conservan entre moscas y seres humanos, y, similar a los seres humanos, entrenamiento puede mejorar considerablemente el performance con tareas físicas.

Aunque puedan parecer muy diferentes de los seres humanos, investigación de *Drosophila* ha sido una fuente importante de entender la enfermedad y el desarrollo humano. El tiempo dirá lo que depara el futuro de la investigación de *Drosophila*.

3. Conclusiones.

La mosca de la fruta *Drosophila melanogaster* ha servido para construir mapas genéticos, y además los experimentos con radiación ionizante demostraron que pueden crear mutaciones en el genoma. También ha contribuido significativamente al avance de la neurociencia como, por ejemplo, en la investigación de la enfermedad del Alzheimer. Gracias a esta mosca, se obtendrá un avance significativo en la investigación de este tipo de enfermedades.

Hay diversas mutaciones clásicas de *Drosophila melanogaster* que en la genética sea utilizado para aprender como funcionan los modelos de herencia.

La especie *Drosophila melanogaster* es un individuo modelo, debido a su fácil manejo, tamaño pequeño y ciclo de vida corto, lo cual permite estudiar la herencia de caracteres que se van transmitiendo de generación en generación. Adicionalmente, por medio de los cruces se confirmó que los genes usados son ligados al sexo (Cromosoma X), pero segregan de manera independiente.

4. Lista de referencias o Bibliografía.

<https://www.animalresearch.info/es/el-diseno-de-la-investigacion/animales-de-investigacion/drosophila-melanogaster/>

<https://www.hhmi.org/news/la-secuenciacion-del-genoma-de-drosophila-se-ha-terminado>

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10550377/pdf/25789430-2023-micropub.biology.000883.pdf/?tool=EBI>