

INSTITUTO DE EDUCACION SUPERIOR

“IDEMA”



MONOGRAFIA:

“DROSOPHILA MELANOGASTER, LA MOSCA DE LA FRUTA”

PRESENTADA POR JUAN CARLOS VEGA LEZAMA:

ESTUDIANTE DE AGROPECUARIA V



TRUJILLO, PAIJAN

MARZO DE 2023

Dedicatoria

A Dios, quien me dio la fe, la fortaleza, la salud y la esperanza para terminar este trabajo.

A mi madre MARTHA Lezama, que me brindaron su amor, su cariño, su estímulo, su comprensión, su paciencia y su apoyo constante, quienes me enseñaron desde pequeño a luchar para alcanzar mis metas. Mi triunfo es el de ustedes, ¡los amo!

A mis hermanos: Sara, Adrián, que siempre creyeron en mí y saben que los quiero.

A los que nunca dudaron que lograría mi triunfo de seguir avanzando en mis estudios.

A mis primos: Niké, Norma, Chelito, Dina, Juanito, Nohemí, que me aguantaron todo este tiempo.

A mis amigos: Jorge, que siempre me escucharon y me apoyaron en cada etapa de mi carrera.

A mis maestros: Pablo Paredes, que me apoyo con mi monografía, que siempre me apoyo en mi carrera.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a mi madre por tener su confianza puesta en mi cada día, a la vez por su incentivo en proseguir este trabajo.

Gracias también a todos los integrantes de mi centro de estudios que estuvieron allí durante el proceso y nunca me dejaron rendirme, por el contrario, me alentaron a avanzar.

Y por supuesto, gracias a mi familia por su apoyo incondicional. A mi madre por creer tanto en mí y ayudarme en todo, a mi padre por fomentar mi curiosidad y mi interés en la ciencia y a mi hermana por cuidarme y apoyarme siempre.

CAPITULO 1: INTRODUCCION Y OBJETIVOS:

I. INTRODUCCION:

Las acciones del programa de detección y manejo de moscas de la fruta a nivel nacional tendrán en este material técnico un valioso punto de referencia para la transferencia de tecnología, principalmente hacia los técnicos de este renglón agrícola, quienes a su vez adquieren el compromiso de transferir y evaluar la adopción de tecnología por parte de los productores.

La importancia del sector frutícola para la economía nacional está ampliamente anunciada y su relevancia dentro del proceso de apertura de los mercados internacionales para las frutas peruanas, favorecido por la suscripción de tratados de libre comercio, tienen en el ámbito fitosanitario, y específicamente para frutales con moscas de la fruta, el principal requerimiento por parte de los consumidores. En ese orden de ideas, es de resaltar la importancia que tiene el contar con este material técnico.

En este documento se presenta en detalle, después de una revisión de las generalidades que permiten el conocimiento de esta plaga, el componente de detección y manejo integrado, aplicable a las condiciones de producción en nuestro país.

II. ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO EN DROSOPHILA MELANOGASTER:

Se definen como “comportamientos” todas aquellas respuestas coordinadas internamente, ya sean acciones o inacciones, de cualquier organismo vivo, de manera individual o grupal, a estímulos internos y/o externos, excluyendo aquellas respuestas que sean entendidas más fácilmente como procesos del desarrollo. Esta definición, deriva de las respuestas a una encuesta realizada por Levitis. en la que participaron más de 150 expertos en el estudio del comportamiento animal. Sin embargo, lo más destacable de dicha encuesta no es la definición en sí, sino el escaso consenso y las numerosas contradicciones que demostraron los investigadores entrevistados. Este artículo, titulado “Los biólogos del comportamiento

no alcanzan un consenso sobre qué constituye el comportamiento” evidencia el latente debate entre la sociedad científica acerca de esta cuestión y la complejidad que entraña su estudio. En efecto, el comportamiento es posiblemente uno de los conceptos más complejos de definir, por lo que algunos expertos consideran que, desde el punto de vista experimental, cada comportamiento específico a estudiar debe ser definido en el contexto de su propio paradigma.

En última instancia, el sistema nervioso central es el responsable del comportamiento que muestra cada animal, cuya actividad queda determinada por la compleja interacción entre el ambiente en el que el animal crece y se desarrolla y su fondo genético. La contribución genética al comportamiento es difícil de cuantificar dado que implica una amplia red de genes que se expresan en diferentes tejidos y en diferentes momentos durante la ontogenia de un organismo. Pero, más allá de esa contribución genética, los comportamientos de un organismo también se ven influenciados por las condiciones de su ambiente. Esta influencia del entorno también puede hacer que un comportamiento cambie a lo largo de la vida de un individuo.



En las últimas décadas se han llevado a cabo numerosas investigaciones tratando de descifrar las bases genéticas y neurológicas del comportamiento empleando como sistema modelo a *Drosophila melanogaster*, situándose esta especie como uno de los modelos más utilizados entre los genetistas del comportamiento. Recientemente han sido descritos los mecanismos moleculares responsables de comportamientos como la agresión, el cortejo o el aseo en *D. melanogaster*, pero ¿hasta qué punto pueden impactar estos descubrimientos en *Drosophila* para ampliar los conocimientos en neurociencia humana?

El sistema nervioso de *D. melanogaster* contiene unas cien mil neuronas, un 0,00001% de las que contiene un cerebro humano. Sin embargo, ambos comparten una complejidad similar en determinados tipos de neuronas. Al igual que los mamíferos, las moscas tienen canales de sodio para propagar los potenciales de acción y las mismas familias de canales de potasio y calcio para regular el potencial de membrana. También utilizan los mismos neurotransmisores, comparten aminas biógenas como la dopamina y la serotonina y tienen numerosos péptidos neuromoduladores en común. En ambos sistemas, la información se transmite entre neuronas a través de las sinapsis, y dichas sinapsis presentan una arquitectura proteica común. Además, muchos de los genes presentes en moscas tienen homólogos estructurales o funcionales en los humanos (aproximadamente el 60%) y, aunque el comportamiento de los mamíferos es más complejo, los mecanismos básicos de dicho comportamiento están a menudo conservados. Por tanto, los descubrimientos genéticos en *Drosophila* pueden contribuir a nuestro entendimiento de los procesos fisiológicos o de desarrollo que estén conservados entre ambas especies.

No obstante, existen otros modelos animales que presentan una homología con los humanos superior que *Drosophila* y cuyo sistema nervioso es más similar, entonces ¿por qué utilizar *Drosophila* como modelo para el estudio del comportamiento?

D. melanogaster, también conocida como mosca de la fruta o mosca del vinagre, lleva utilizándose como modelo animal desde hace más de cien años y es actualmente el animal que permite una manipulación genética más sofisticada entre todos los eucariotas superiores. Una de las ventajas que presenta frente a otros organismos modelo es su tamaño reducido, que permiten una observación y manipulación sencillas. Además, produce una abundante descendencia en poco tiempo, por lo que es más fácil disponer de numerosos individuos para experimentación en un periodo breve de tiempo. También le confiere una ventaja desde el punto de vista experimental el hecho de ser robusto contra plagas y patógenos y presentar una serie de comportamientos estereotipados, fáciles de definir y cuantificar, que ocupan aproximadamente el 50% de su tiempo, lo cual permite comparar dichos comportamientos entre individuos de forma sencilla.

Concretamente en el campo de la neurociencia, existe una amplia gama de herramientas genéticas en *Drosophila* para asociar expresión génica a neuronas específicas, manipular y observar su actividad y observar las consecuencias en el comportamiento de los individuos. Por ello, la mosca se ha convertido en un poderoso modelo para analizar la relación entre genes, neuronas y comportamiento, y ha ayudado a comprender muchos fenómenos de interés en humanos como el abuso de sustancias, la agresividad, la conducta del sueño, el aprendizaje y la memoria entre otros.

III. VARIABILIDAD INTERINDIVIDUAL EN EL COMPORTAMIENTO:

Es sabido en ciencia que existe una notable variabilidad individual en el comportamiento y la toma de decisiones, presente en un amplio rango de especies. En el campo de la neurociencia, hay un interés creciente encaminado al estudio de las diferencias individuales en el comportamiento, a las que algunos investigadores se han referido como “temperamento”, “estilo de afrontamiento” o “perfil de comportamiento”. Actualmente, la mayoría de estudios definen como “personalidad” estas diferencias interindividuales en el comportamiento que se mantienen estables a lo largo del tiempo y en diferentes contextos.

El estudio de la personalidad es de gran importancia, entre otras cosas por sus potenciales implicaciones para la investigación y el tratamiento de enfermedades, ya que diferentes personalidades pueden diferir en su susceptibilidad a desórdenes de ansiedad o depresión y a sensibilidad hacia diferentes tratamientos farmacológicos. Sin embargo, aunque la variabilidad en el comportamiento se origina probablemente de diferencias en la actividad cerebral, poco se sabe sobre cómo se reflejan dichas diferencias a nivel neuronal ni sobre cuáles son sus bases biológicas.

Es un hecho probado que la personalidad tiene un componente genético. Aunque las variantes genéticas que influyen en la personalidad solo están empezando a ser identificadas, se han llevado a cabo estudios de asociación del genoma completo (GWAS) y análisis poligénicos que han permitido identificar genes y polimorfismos determinantes para los rasgos de personalidad en humanos. Un ejemplo de la influencia genética en la personalidad es el gen *for*, proveniente de la palabra inglesa “foraging” que se traduce como “búsqueda de comida”. Este gen, descubierto en *Drosophila* pero del cual se han encontrado homólogos en numerosas especies, da lugar a dos fenotipos en las larvas de *Drosophila* con personalidades opuestas en cuanto a la búsqueda de comida: *rovers* (que tienen un comportamiento más activo, se mueven más durante la búsqueda) y *sitters* (que tienden a cubrir áreas más limitadas).

Por otra parte, también hay factores no genéticos que determinan la personalidad. En comportamientos innatos, como la atención selectiva a estímulos, existe variación individual incluso entre individuos genéticamente idénticos. Un ejemplo de la influencia del ambiente en el comportamiento de *Drosophila* se ha visto también en el caso del gen *for*. Se ha comprobado que los patrones de comportamiento de *rovers* y *sitters*, aunque de base genética, son plásticos y pueden ser modificados por el entorno interno y externo de la mosca: individuos con alelos *rover* pueden comportarse como *sitters* tras un breve período de privación de alimentos.

Además, aunque el debate sobre la individualidad en el comportamiento se ha centrado en los factores expuestos anteriormente (contribución genética y contribución del ambiente), existen también evidencias de variabilidad entre

individuos genéticamente iguales y desarrollados en un ambiente esencialmente idéntico. ¿A qué se debe entonces esta variabilidad? Por una parte, se ha demostrado la influencia de la epigenética sobre la variación en el comportamiento de individuos genéticamente idénticos. Por otro lado, se ha observado una relación entre las variaciones estocásticas en las conexiones cerebrales y la individualidad en el comportamiento, de modo que la respuesta también podría estar en el proceso del neuro desarrollo y en los sistemas neuromoduladores.

En *Drosophila*, se han encontrado individualidades en comportamientos como la fototaxis, los sesgos locomotores espontáneos, la preferencia térmica, los micro-comportamientos y la locomoción fijada a objetos, entre otros. Estas diferencias persisten durante la vida de los individuos y en diferentes contextos, por lo que podemos entenderlas como personalidad. Sin embargo, existen pocos estudios en *Drosophila* sobre la individualidad en el comportamiento a nivel del sistema gustativo, es decir, la toma de decisiones relativas a la alimentación. Por ello, este estudio se ha centrado en las diferencias individuales en la conducta alimentaria de *D. melanogaster*.

IV. SISTEMA GUSTATIVO DE DROSOPHILA MELANOGASTER:

Actualmente, la obesidad y el síndrome metabólico son unos de los grandes problemas de salud a nivel mundial. Por ello, el estudio de la conducta alimentaria está cobrando una gran importancia, pues un mejor entendimiento sobre la toma de decisiones a nivel del sistema gustativo podría ser crucial para solventar estos problemas. Muchos de los estudios en este campo han utilizado *D. melanogaster* como modelo, dado que los mecanismos que subyacen en su conducta alimentaria están más profundamente caracterizados que en ratones y su sistema gustativo tiene una serie de características que hacen que sea un modelo idóneo para estudiar la toma de decisiones sobre la alimentación.

Las moscas regulan la ingesta de comida para mantener la homeostasis metabólica y conservar un peso equilibrado, y al igual que los humanos, sienten atracción inherente por los azúcares y repulsión por los compuestos amargos.

Otra semejanza con los humanos es que detectan solo unos sabores determinados y utilizan estas categorías para tomar sus decisiones de conducta alimentaria, de modo que las estrategias para la identificación del sabor podrían estar conservadas entre ambas especies. Además, las neuronas motoras que impulsan la conducta alimentaria se localizan en la misma región cerebral que las proyecciones sensoriales gustativas, lo cual sugiere una conexión entre la detección y el comportamiento en los circuitos locales del cerebro de la mosca

Cuando una mosca encuentra una potencial fuente de alimento, su sistema gustativo evalúa su calidad para poder decidir si debe ingerirla o no. De ello se encargan en primer lugar las neuronas receptoras gustativas (GRNS) distribuidas principalmente en la probóscide (órgano similar a la boca en mamíferos), las patas y las alas del insecto. Si estas detectan una sustancia atractiva se desencadena la extensión de la probóscide, la apertura del labellum (similar a los labios en mamíferos) y la ingestión, mientras que si detectan una sustancia no atractiva se procede a la retracción de la probóscide.

Aunque las neuronas motoras que impulsan la extensión de la probóscide y la ingestión han sido ampliamente caracterizadas, los circuitos que subyacen a la aceptación o rechazo de determinados compuestos no están aún dilucidados. Sabiendo esto, y conociendo la idoneidad de la mosca de la fruta como modelo animal en neurociencia, el laboratorio del Dr. Sánchez Alcañiz tiene como uno de sus objetivos centrales el estudio de las bases genéticas y neuronales de la individualidad en el comportamiento a nivel del sistema gustativo de *D. melanogaster*.

V. DESARROLLO DE DROSOPHILA MELANOGASTER:

Britton & Edgar en 1998, confirman que los aminoácidos esenciales son importantes en la dieta de *Drosophila*, de modo que su ausencia puede producir alteraciones fisiológicas en futuras generaciones (Díaz et al, 2008). De este mismo modo, la síntesis de proteínas y la degradación continua aseguran una población de forma adecuada, así como el correcto funcionamiento de proteínas críticas, involucradas en el mantenimiento de la homeostasis celular (Stadtman, 2004). Es importante saber que la *Drosophila melanogaster* presenta simbiosis con bacterias que pueden ejercer mecanismos nutricionales que posibilitan suplementar una dieta pobre con algún componente o la digestión de recursos alimenticios como la celulosa (Gündüz & Douglas, 2009). Otro aspecto importante es que *Drosophila melanogaster* tiene la capacidad de alimentarse de sustancias en fermentación sin padecer el efecto de patógenos externos. Los nutrientes ingeridos tienen que aportar la suficiente energía para apoyar el crecimiento y desarrollo durante las etapas postembrionarias donde se exige al organismo participar activamente en la ingesta de éstos (Zinke et al., 1999). La *Drosophila* se ve obligada a que reconozca cuándo hay escasez o exceso de nutrientes en el organismo y así traduce esta información en alteraciones específicas en la alimentación y otras respuestas de comportamiento (Zinke et al., 1999). También debe hacer frente a las demandas cambiantes de crecimiento durante las diferentes fases del ciclo de vida y las respuestas regulatorias especializadas que deben existir para maximizar la supervivencia en condiciones ambientales diferentes (Zinke et al., 1999).

CONCLUSIONES:

La vía de la insulina coordina el estado nutricional y de desarrollo del organismo con el crecimiento. En ella convergen distintos estímulos (nutrición y estado del desarrollo), y a través de ella se integra la información para dar una respuesta coordinada en todo el organismo y regular el crecimiento.

El estudio de la vía de la insulina en *D. melanogaster* se ha convertido en un sofisticado modelo para el estudio del control del metabolismo, y para estudiar sus desviaciones, como la Diabetes mellitus. Existen muchos ejemplos en la literatura sobre el uso de la mosca, ya sea utilizando dietas especiales^{2,73}, uso de mutantes hipomorfos de la vía⁷⁴⁻⁷⁵, o ablación de las células productoras de insulina⁷⁶, que recapitulan los efectos de la Diabetes mellitus en la mosca. a. Esto es muy importante hoy en día, por la cercanía y conservación evolutiva de la vía, y el incremento de la enfermedad en la población mundial especialmente en el Perú.

Son una plaga habitual en restaurantes, bares, cocinas industriales y hogares donde se alimentan, principalmente, de material orgánico en descomposición, como frutas y verduras que han iniciado su proceso natural de pudrición.

Generalmente los cultivos comerciales más afectados por moscas de la fruta son: Cítricos, bananeras, melones, vid, pomelos, aguacates, papayas y guayabas, entre otros.

Otra semejanza con los humanos es que detectan solo unos sabores determinados y utilizan estas categorías para tomar sus decisiones de conducta alimentaria, de modo que las estrategias para la identificación del sabor podrían estar conservadas entre ambas especies. Además, las neuronas motoras que impulsan la conducta alimentaria se localizan en la misma región cerebral que las proyecciones sensoriales gustativas, lo cual sugiere una conexión entre la detección y el comportamiento en los circuitos locales del cerebro de la mosca

Cuando una mosca encuentra una potencial fuente de alimento, su sistema gustativo evalúa su calidad para poder decidir si debe ingerirla o no. De ello se encargan en primer lugar las neuronas receptoras gustativas (GRNS) distribuidas principalmente en la probóscide (órgano similar a la boca en mamíferos), las patas y las alas del insecto. Si estas detectan una sustancia atractiva se desencadena la extensión de la probóscide, la apertura del labellum (similar a los labios en mamíferos) y la ingestión, mientras que si detectan una sustancia no atractiva se procede a la retracción de la

probóscide.

Aunque las neuronas motoras que impulsan la extensión de la probóscide y la ingestión han sido ampliamente caracterizadas, los circuitos que subyacen a la aceptación o rechazo de determinados compuestos no están aún dilucidados. Sabiendo esto, y conociendo la idoneidad de la mosca de la fruta como modelo animal en neurociencia, el laboratorio del Dr. Sánchez Alcañiz tiene como uno de sus objetivos centrales el estudio de las bases genéticas y neuronales de la individualidad en el comportamiento a nivel del sistema gustativo de *D. melanogaster*.

BIBLIOGRAFIA:

1. Levitis D, Lidicker W, Freund G. Behavioural biologists do not agree on what constitutes behaviour. *Anim Behav.* 2009;78(1):103-110. [doi:10.1016/j.anbehav.2009.03.018](https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2009.03.018)
2. Gkoutos G, Hoehndorf R, Tsaprouni L, Schofield P. Best behaviour? Ontologies and the formal description of animal behaviour. *Mammalian Genome.* 2015;26(9-10):540-547. [doi:10.1007/s00335-015-9590-y](https://doi.org/10.1007/s00335-015-9590-y)
3. Sokolowski M. *Drosophila*: Genetics meets behaviour. *Nature Reviews Genetics.* 2001;2(11):879-890. [doi:10.1038/35098592](https://doi.org/10.1038/35098592)
4. Sanchez-Roige S, Gray J, MacKillop J, Chen C, Palmer A. The genetics of human personality. *Genes, Brain and Behavior.* 2017;17(3):e12439. [doi:10.1111/gbb.12439](https://doi.org/10.1111/gbb.12439)
5. Réale D, Reader S, Sol D, McDougall P, Dingemans N. Integrating animal temperament within ecology and evolution. *Biological Reviews.* 2007;82(2):291-318. [doi:10.1111/j.1469-185x.2007.00010.x](https://doi.org/10.1111/j.1469-185x.2007.00010.x)
6. Stamps J, Groothuis T. Developmental perspectives on personality: implications for ecological and evolutionary studies of individual differences. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences.* 2010;365(1560):4029-4041. [doi:10.1098/rstb.2010.0218](https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0218)
7. Anreiter I, Sokolowski M. The foraging Gene and Its Behavioral Effects: Pleiotropy and Plasticity. *Annu Rev Genet.* 2019;53(1):373-392. [doi:10.1146/annurev-genet-112618-043536](https://doi.org/10.1146/annurev-genet-112618-043536)
8. Kravitz E, Fernandez M. Aggression in *Drosophila*. *Behav Neurosci.* 2015;129(5):549-563. [doi:10.1037/bne0000089](https://doi.org/10.1037/bne0000089)
9. Griffith L, Ejima A. Courtship learning in *Drosophila melanogaster*: Diverse plasticity of a reproductive behavior. *Learning & Memory.* 2009;16(12):743-750. [doi:10.1101/lm.956309](https://doi.org/10.1101/lm.956309)
10. Mueller J, Ravbar P, Simpson J, Carlson J. *Drosophila melanogaster* grooming possesses syntax with distinct rules at different temporal scales. *PLoS Comput Biol.* 2019;15(6):e1007105. [doi:10.1371/journal.pcbi.1007105](https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1007105)
11. Scheffer L, Xu C, Januszewski M et al. A connectome and analysis of the adult *Drosophila* central brain. *Elife.* 2020;9. [doi:10.7554/elife.57443](https://doi.org/10.7554/elife.57443)
12. Venken K, Simpson J, Bellen H. Genetic Manipulation of Genes and Cells in the

Nervous System of the Fruit Fly. *Neuron*. 2011;72(2):202-230. doi:
[10.1016/j.neuron.2011.09.021](https://doi.org/10.1016/j.neuron.2011.09.021)

13. Bellen H, Tong C, Tsuda H. 100 years of *Drosophila* research and its impact on vertebrate neuroscience: a history lesson for the future. *Nature Reviews Neuroscience*. 2010;11(7):514-522. doi:[10.1038/nrn2839](https://doi.org/10.1038/nrn2839)
14. Adams M. The Genome Sequence of *Drosophila melanogaster*. *Science* (1979). 2000;287(5461):2185-2195. doi:[10.1126/science.287.5461.2185](https://doi.org/10.1126/science.287.5461.2185)
15. Mirzoyan Z, Sollazzo M, Allocca M, Valenza A, Grifoni D, Bellosta P. *Drosophila melanogaster*: A Model Organism to Study Cancer. *Front Genet*. 2019;10. doi:[10.3389/fgene.2019.00051](https://doi.org/10.3389/fgene.2019.00051)
16. Mouse Genome Sequencing Consortium., Genome Sequencing Center., Chinwalla, A. et al. Initial sequencing and comparative analysis of the mouse genome. *Nature*. 2002;4

