

58
24.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**VARIACION FENOTIPICA EN *Drosophila melanogaster*
VARIEDAD WHITE AL SER SOMETIDA A LUZ
ULTRAVIOLETA DURANTE LA FASE DE GESTACION**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
QUIMICA FARMACEUTICA BIOLOGA
P R E S E N T A :
MARIA SANDRA RIVAS BOCANEGRA

ASESOR: Q.F.B. MA. ESTHER REVUELTA MIRANDA

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO.

1990
7

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

U. N. A. M.
UNIDAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN



DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:
Variación fenotípica en Drosophila melanogaster variedades white
al ser sometida a luz ultravioleta durante la fase de gestación.

que presenta la pasante: María Sandra Rivas Bocanegra
con número de cuenta: 8512374-4 para obtener el TITULO de:
Química Farmacéutica Biológica

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cuautitlan Izcalli, Edo. de Mex., a 22 de Agosto de 1996

PRESIDENTE	O.F.B. Ma. Eugenia K. Posada Galarza	<i>[Firma]</i>
VOCAL	O.F.B. Ma. Esther Revuelta Miranda	<i>[Firma]</i>
SECRETARIO	M. en C. Sandra Díaz Barriga Arceo	<i>[Firma]</i>
PRIMER SUPLENTE	O.F.B. Virginia Oliva Arellano	<i>[Firma]</i>
SEGUNDO SUPLENTE	O.F.B. Rosalba Bonilla Sánchez	<i>[Firma]</i>

A mis padres Joel y Beatriz

No hay palabras para que puedan expresar lo mucho que tengo que agradecerles.

Porque me enseñaron a tener fuerza y valor en los momentos de crisis y honor en los grandes momentos. Han respetado mi individualidad y con su ejemplo y gran amor me han impulsado a seguir siempre adelante.

Pero más que todo me han enseñado a ser una mujer responsable, honesta, digna y humana.

Agradecimientos Especiales:

A Norma por comprender mis deseos y brindarme su ayuda incondicional.

A Eva y Adoración por su paciencia y apoyo durante todo este tiempo.

A Noé por su disposición y valiosa ayuda.

A la Profa. María Esther Revuelta M. gracias por ser mi amiga y guía, reconociendo el apoyo brindado para la realización de este trabajo.

Gratias agere Deo, scientes bonum et malum.

Este trabajo está dedicado:

A Marcos y Mitzí

A mis Abuelos, Tíos, Primos, Sobrinos y Cuñados por haber confiado en mí.

A Víctor, Lupita, Yolanda, Lolita, José, Rosario, Hilda, Griselda y todos los amigos que han estado conmigo.

A los profesores por instruirme y aprender siempre a su lado haciendome comprensible este universo.

Índice General

	Página
Resumen	1
Capítulo 1	
1. Introducción	2
Capítulo 2	
2. Generalidades	
2.1. <i>Drosophila melanogaster</i>	5
2.1.1. Definición	5
2.1.2. Usos y aplicaciones	5
2.1.3. Mutantes	7
2.2. <i>Drosophila melanogaster</i> variedad white	15
2.3. Ciclo de vida de <i>Drosophila melanogaster</i>	
2.3.1. Reproducción y etapas de desarrollo	21
2.3.2. Sinopsis de los tiempos de desarrollo de <i>D. melanogaster</i> desde el huevo hasta la mosca adulta	28
2.4. Gestación en <i>Drosophila melanogaster</i>	29
2.4.1. Desarrollo embrionario	36
2.4.2. Luz ultravioleta y efectos biológicos	42
2.4.3. Efectos mutágenicos de luz ultravioleta	45
2.4.4. Mecanismo de reparación del ADN	49
Capítulo 3	
3. Objetivo	51
3.1. Objetivos particulares	52
Capítulo 4	
4. Hipótesis	53
Capítulo 5	
5. Metodología	
5.1. Material biológico	54
5.2. Medio de cultivo	54
5.2.1. Preparación por litro de medio de cultivo	54
5.2.2. Esterilización	55
5.3. Anestesia de <i>Drosophila melanogaster</i> variedad white	55
5.4. Sexado de <i>Drosophila melanogaster</i> variedad white	56
5.5. Distribución de lotes de <i>Drosophila melanogaster</i> variedad white e inducción	57

	Página
5.6. Apareamientos	
5.6.1. Machos normales con hembras normales	58
5.6.2. Machos normales con hembras irradiadas	58
5.6.3. Machos irradiados con hembras normales	59
5.6.4. Machos irradiados con hembras irradiadas	59
5.6.5. Determinación de caracteres fenotípicos en la F1 nacidas de los cuatro cruzamientos dirigidos	60
Capítulo 6	
6. Resultados y análisis	61
Capítulo 7	
7. Discusión	74
Capítulo 8	
8. Conclusiones	78
Capítulo 9	
9. Bibliografía	80

Índice de Figuras

Figura		Página
1a	Cruza de <i>Drosophila melanogaster</i> variedad white (Fo :)	16
1b	Fenotipo y genotipo de la descendencia de Fo de <i>D. melanogaster</i> variedad white	18
2	Imagos de <i>Drosophila melanogaster</i> variedad white	19
3	Ciclo biológico de <i>Drosophila melanogaster</i> variedad white	22
4	Oocito de <i>Drosophila melanogaster</i> variedad white	23
5	Sinopsis del desarrollo de <i>Drosophila</i> desde el huevo hasta la mosca adulta	28
6	Cigoto de <i>Drosophila melanogaster</i>	31
7	Cascada regulatoria de los genes responsables de la formación y control de los patrones de desarrollo de <i>D. melanogaster</i>	32
8	Genes responsables de la formación y control de los patrones de desarrollo en <i>Drosophila melanogaster</i>	33
9	Cascada regulatoria de los genes responsables de la formación y control de los patrones de desarrollo en <i>D. melanogaster</i> con sinopsis de tiempo	34
10	Discos imaginales de la larva de <i>Drosophila</i>	35
11	Desarrollo del huevo de <i>Drosophila</i>	37
12	Desarrollo del huevo de <i>Drosophila melanogaster</i> (fase embrionaria)	38
13	Desarrollo de <i>Drosophila</i> a través de la formación de compartimentos que forman parasegmentos y segmentos	40
14	Espectro de luz visible, mostrando el rango de longitud de onda de varios colores	43
15	Diferentes relaciones entre proporción de mutación y dosis de luz ultravioleta	46
16	Dos importantes dímeros de pirimidina, fotoproductos producidos por el efecto de luz ultravioleta	47
17	Algunas etapas de reparación del ADN con dímeros de Timina	50
18	Distribución de lotes de <i>Drosophila melanogaster</i> variedad white	57
19	Machos normales con hembras normales	58
20	Machos normales con hembras irradiadas	58
21	Machos irradiados con hembras normales	59
22	Machos irradiados con hembras irradiadas	59

Índice de Tablas

Tabla		Página
1	Características para el reconocimiento del sexo en moscas adultas	6
2a	Lista de mutantes y aberraciones de <i>Drosophila melanogaster</i>	13
2b	Lista de mutantes y aberraciones de <i>Drosophila melanogaster</i>	15
3	Genotipo de los progenitores de la descendencia F ₁	17
4	Caracteres sexuales que se manifiestan en <i>D. melanogaster</i>	56
5	Viabilidad de F ₁ datos promedio por lote	62
6	Número de segmentos abdominales	63
7	Longitud del cuerpo (mm)	64
8	Longitud de las alas (mm)	65
9	Forma de las alas	66
10	Forma de ojos (ovales o normales)	67
11	Color de ojos (blancos)	68
12	Presencia de bello (cerdas corporales)	69
13	Número de patas	70
14	Presencia de peine sexual	71
15	Forma del abdomen (posibles ginandromorfos)	72
16	Simetría corporal	73

INDICE DE HISTOGRAMAS

Histograma		página
1	Muestra los datos de la viabilidad de F1	62
2	Muestra el número de segmentos abdominales de F1	63
3	Muestra la longitud del cuerpo de F1	64
4	Muestra la longitud de las alas de F1	65
5	Muestra la forma de las alas de los machos F1	66
6	Muestra la forma de las alas de las hembras F1	66
7	Muestra la forma de los ojos de F1	67
8	Muestra el color de los ojos (Blancos) de F1	68
9	Muestra la presencia de vello (cerdas corporales) de F1	69
10	Muestra el número de patas de F1	70
11	Muestra la presencia de peine sexual de F1	71
12	Muestra la forma del abdomen (Posibles ginandromorfos) de F1	72
13	Muestra la simetría corporal de F1	73

Abreviaturas

aprox.
ADN
ARNm
D. melanogaster
IR
1X10 E-05
1X10 E-06
g
nm

Aproximadamente
Ácido desoxirribonucleico
Ácido ribonucleico mensajero
Drosophila melanogaster
Infrarrojos
Diez exponente a la menos cinco
Diez exponente a la menos seis
gramos
nanómetros

Resumen

La *Drosophila melanogaster* es un díptero llamado "mosca de la fruta", ha sido ampliamente estudiado y utilizado en el laboratorio de genética para evaluar los efectos mutagénicos.

En este trabajo se irradiaron moscas de la variedad white con luz ultravioleta a una longitud de onda de 254 nm machos y hembras gestantes. Se formaron cuatro lotes de trabajo y se dirigieron las siguientes cruces: lote 1 testigo (con moscas normales), lote 2 (macho normal con hembra irradiada), lote 3 (macho irradiado y hembra normal) y lote 4 (macho irradiado y hembra irradiada). Se dejó cubrir el ciclo de vida de los huevos depositados en el medio de cultivo y se evaluó a la progenie nacida desde el punto de vista fenotípico considerándose: color y forma de ojos, tamaño y simetría corporal, número de segmentos abdominales, número de patas, peine sexual, cerdas corporales, longitud y color de las alas.

Encontrándose en F₁: 1) Que existe una disminución de la viabilidad de la progenie; 2) Que la progenie del lote 4 presenta mutación en las alas, tomando en cuenta que estas de planas aparecieron rizadas en el extremo. Mutación conocida como curly. Con un tiempo de vida corto menor a doce horas, considerándose como una mutación letal.

Al irradiar con luz ultravioleta de longitud de onda de 254 cultivos de *Drosophila melanogaster* variedad white, se observó que la progenie presentó rasgos fenotípicos diferentes a los de sus progenitores, apreciándose una disminución en la viabilidad de las moscas de los lotes irradiados. Se registran variaciones en la longitud de las alas, donde el rasgo más importante observado fue la mutación curly o alas rizadas, inducidas por este mutágeno físico.

1.- INTRODUCCIÓN.

La historia de la genética como ciencia que estudia la herencia de los caracteres anatómicos, citológicos y funcionales entre los padres y los hijos, profundizó su campo de investigación rápidamente cuando con certeza enfocó su atención en un solo organismo, siendo este la mosca de la fruta "*Drosophila melanogaster*", el cual es un insecto muy especial que ofrece una gama de oportunidades para el análisis genético (24).

A lo largo de este siglo, se han hecho trabajos intensivos con *Drosophila melanogaster* en los diversos laboratorios de todo el mundo, por tal motivo un insecto muy ilustrativo en el área de genética. Por mencionar algunos de estos trabajos experimentales tenemos a los estudios realizados en genética y heredabilidad, como también estudios de heterosis, aberraciones cromosómicas, selección natural y deriva genética etc. (25,36,38,52,63).

La mosca de la fruta *Drosophila* en 1909, le pareció a Thomas Morgan el organismo perfecto para comenzar lo que es el inicio de toda una época en la investigación genética. Morgan se encuentra entre los numerosos biólogos a los que nos les satisfacía la teoría Darwiniana y que además se oponía al Mendelismo que en aquella época ganaba terreno al apoyarse en ciertos factores del todo hipotéticos que se trasmitían de los padres a los hijos en las células germinales, si bien aceptaba la posibilidad de que les correspondiera a los cromosomas algún papel en la herencia, sin embargo en 1910 se sostiene que no podían ser estos los portadores de rasgos hereditarios característicos. (25)

Morgan por aquellas fechas, a lo largo de unos dos años efectuó cruzamientos con la pequeña mosca del vinagre, conocida también como " amante del rocío o *Drosophila*", es un insecto que le atrae la fruta putrefacta y de esta la levadura fermentada. La razón por la cual se empezó a trabajar con esta mosca es porque tiene un ciclo de vida (desde el huevecillo hasta el adulto) de 14 días y con capacidad de producir más de mil huevecillos durante toda su vida, por su facilidad con la cual se reproduce. Tiene una longitud que supera en poco los tres milímetros y cada dos semanas produce una nueva generación. Morgan vio que tenía varias ventajas el trabajar con ella porque se cria perfectamente una colonia de *Drosophila* en cualquier frasco de vidrio provisto de alimento, el uso de botellas de un cuarto de litro y descubrió que esta especie posee solo cuatro pares de cromosomas, uno de los cuales es muy pequeño.

Del trabajo de Morgan y colaboradores Bridges, Muller y Sturtevant con *Drosophila* que consistió en la búsqueda de mutaciones a gran escala, macromutaciones y de esto se desprendió que súbitamente en algún momento debía aparecer un individuo totalmente distinto de sus progenitores. (25,62,63).

En la naturaleza la mayoría de las *Drosophyllas* tienen los ojos rojos y los genetistas las llaman silvestres. (25,63). En 1909 apareció una variación en una de las poblaciones de *Drosophylla* un macho de ojos blancos, del cual se dice que quien en realidad descubrió este espécimen sobre la mesa de trabajo fue la esposa de Morgan, sorprendida al ver tal acontecimiento, reaccionó tratándolo de capturar y comenzó la persecución de la mosca por todo el laboratorio. Los gritos y saltos no tardaron en llamar la atención del propio Morgan y el resto de los investigadores, quienes enterados del motivo de la hasta entonces extraña conducta de la mujer, se incorporaron de inmediato a la caserna del insecto. Había tal excitación, puesto que la mosca de ojos blancos no podía proceder del exterior, dado lo cuidadosamente cerrada del laboratorio y por lo tanto su presencia denunciaba la realización natural de un cambio que se hacía visible, esto se logró después de un millón de reproducciones de un cromosoma realizadas a lo largo de un año. (24,25,63).

Posteriormente, Morgan siguió el protocolo propuesto por Mendel con sus guisantes, donde encontró que toda la generación F1 era de ojos de color rojo normal, sugiriendo que el factor para los ojos blancos era recesivo con respecto a este, en la F2 hubo moscas de ojos rojos y blancos en proporción mendeliana 3:1. Aunque lo inusual fue que todas las moscas de ojos blancos eran machos y todas las hembras los tenían rojos. De aquí se desprende una conclusión inevitable el factor responsable de los ojos blancos debía hallarse en el cromosoma X y además tenía carácter de recesivo. (24,25,63).

Después de realizar estudios con mayor enfoque hacia *Drosophylla*, Morgan descubrió otras características de la mosca del vinagre ligadas al sexo es decir ligadas al cromosoma X. Adoptó entonces el término gen, introducido en 1909 por el botánico danés Wilhelm Johansen y concluyó que los cromosomas portaban un conjunto de genes como cuentas ensartadas de un collar y que cada una determinaba una cierta característica hereditaria. (21,25,52,63).

En 1913 A. H. Sturtevant discípulo de Morgan, en una serie de brillantes experimentos, obtuvo mapas de los cromosomas de *Drosophylla*. (21,23,25,47).

A mediados de la década de 1950 en la universidad de Wisconsin, Yuichiro Hirazumi trabajó con *Drosophylla* analizando los genes que afectan el color de los ojos de las moscas, encontró a los genes responsables o genes mutantes que son capaces de alterar de alguna manera a su homólogo normal durante la meiosis, de tal forma que los gametos que contuviera el gameto normal no fueran funcionales y como consecuencia el número de descendientes de esas moscas estaba reducido. (25,35).

Actualmente se tienen establecidos numerosos sistemas de prueba para el bioensayo de agentes potencialmente mutagénicos en toda la escala de variedades de *Drosophylla melanogaster*.

Las hembras de *Drosophila* poseen dos cromosomas X y los machos un X,Y. La detección de mutaciones letales en el cromosoma X, es un método muy efectivo para medir el efecto mutagénico de la irradiación por rayos X, por que hay cientos de genes en el cromosoma X que dan origen a mutantes letales al ser irradiados, la frecuencia con la que estos aparecen es mucho mayor que la frecuencia con que se detectan mutaciones visibles. (1,17,21,52).

Trabajamos con *Drosophila melanogaster* puesto que puede ser utilizada para monitoreo de la contaminación atmosférica; la cual ha llegado a rebasar los límites permisibles para la vida, estas moscas se emplean para detectar efectos nocivos letales en seres pluricelulares (eucarióticos).

En la estratosfera se encuentra la vital capa de ozono. Gracias a la radiación ultravioleta del sol, los átomos de oxígeno se reagrupan aquí para formar la molécula triatómica de ozono. La capa de ozono absorbe el porcentaje mayor de los peligrosos rayos ultravioletas. Sin embargo la contaminación generada por el hombre ha provocado que este filtro natural de la tierra se encuentre dañado, de manera que los rayos de luz ultravioleta que anteriormente eran absorbidos por esta capa hoy en día penetran directamente llegando a la superficie terrestre. Como se trata de radiaciones no ionizantes, de longitud de onda corta favorece que sean fácilmente absorbidos por algunos compuestos, representando un peligro inminente para todos los seres vivos del planeta por que pueden generarles daños genéticos. (42,60).

2.- GENERALIDADES

2.1.- *Drosophila melanogaster* variedad *white*

2.1.1.- Definición.

Drosophila melanogaster.: Pertenece al género de los insectos dípteros de la familia de los moscidos. *Drosophila*, llamada pequeña mosca del vinagre lo que significa literalmente amante del rocío. En realidad lo que atrae a la mosca *Drosophila* es el aroma de la fruta putrefacta y de esta la parte fermentada por levaduras, los adultos o imagos son fuertemente atraídos por las sustancias de fermentación de tal forma que las hembras depositan sus huevos sobre su cascara pero sobre todo donde se encuentra la discontinuidad de la cascara de la fruta, es aquí donde por haber un alto contenido de levaduras los huevecillos depositados se alimentan y desarrollan hasta adoptar el estado larvario, de tal suerte que las levaduras son un factor fundamental en su dieta. (1,13,14,15,36,60).

2.1.2.- Usos y aplicaciones.

La *Drosophila melanogaster*. Ha sido seleccionada como sujeto de estudio de numerosos laboratorios de genética puesto que presenta características fenotípicas variables y detectables (variación). La *Drosophila* se reproduce sexualmente por lo que se da en ella recombinación genética, se pueden efectuar cruzamientos apareados controlados, con lo cual se pueden ir escogiendo las líneas parenterales, con sus respectivos registros de la prole a través de varias generaciones según sea el caso. (24).

Tiene un ciclo de vida corto de 10 a 15 días a 25° C. (temperatura óptima) por generación, y cada hembra tiene capacidad de producir mas de mil huevecillos.

En cuanto al manejo de *Drosophila* si lo vemos desde el punto de vista operativo y económico, la *Drosophila melanogaster*. es fácilmente reproducible en el laboratorio, por ser pequeña, su requerimientos nutritivos y de especie son menores y su resistencia a enfermedades es alta (13,50).

Desde el punto de vista genetico tenemos que *Drosophila* posee:

- Cuatro pares de cromosomas.
- Los cromosomas son de gran tamaño en algunas de sus células, lo que ha permitido la localización de ciertos genes.
- Las mutaciones son muy frecuentes, lo que permite obtener cepas mutantes con relativa facilidad.
- No es portadora ni transmisora de virus y/o bacterias patógenas al hombre.

La *Draxophila melanogaster* como ya se ha mencionado posee características fenotípicas variables y detectables, los adultos o imágos pueden sexarse con facilidad ya que su morfología presenta características propias para hembras y machos. Las Características para el reconocimiento del sexo en moscas adultas se muestran a continuación en la siguiente tabla 1 (1,13,50).

Es importante hacer notar que las moscas recién nacidas o con menos de doce horas no están aún pigmentadas, son de color gris claro, lo que nos permite su detección a simple vista en un frasco de cultivo.

Draxophila melanogaster es un insecto de elección primaria debido a que aporta muchas ventajas en cuanto a tamaño, manejo y tiempo lo que no se encuentra comúnmente en otros animales de laboratorio. (41).

Características	Hembra	Macho
Terminación del abdomen	En punta	Redondeado
Número de segmentos abdominales	Siete	Cinco
Peine sexual en patas delanteras	No posee	Si posee
Tamaño corporal	Mayor	Menor
Placa anal	Si posee	Si posee
Placa vaginal	Si posee	No posee

Tabla 1 Muestra las características para el reconocimiento del sexo en moscas adultas.

2.1.3.- Mutantes.

Los organismos pluricelulares proceden de una célula inicial, de excepcionales cualidades proliferativas capaz de engendrar multitudes celulares considerables que se asocian, coordinan o especializan en sus actividades hasta formar unos tejidos, que son funcionales y morfológicamente diversos. Aquellos transmiten ciertas potencialidades a sus descendientes que, a partir también de una célula inicial van a repetir el mismo proceso. El estudio de estas posibilidades biológicas y su realización son el objeto de la herencia y la genética. (23,41,35).

Considerando que la herencia es la propiedad que tienen los seres vivos de parecerse aquéllos que los engendraron y por otro lado, la genética que tiene como objeto de estudio la transmisión de los caracteres biológicos de padres a hijos que implica ciertos fenómenos y normas. (23,31,60).

La herencia es posible gracias a los gametos (células reproductoras), verdaderos portadores de los caracteres transmisibles. Estos últimos pueden ser específicos, es decir propios de una especie biológica o conjunto de individuos procedentes de un origen común capaces de reproducirse entre sí de modo indefinido. Los caracteres raciales son accidentales y transmisibles por herencia cuando se produce el cruce entre individuos (vegetales o animales) de distintas razas o especies se llega a la hibridación. Existen así mismo las llamadas mutaciones que llevan consigo la variación de un gen, la modificación de la estructura del cromosoma, desplazando los genes en el mismo, y el aumento de la dotación cromosómica. (23).

Una mutación es la demostración de los estudios sobre el origen de la variación presente en las poblaciones surgiendo como la evidencia reveladora de un eslabón vital en la teoría de la evolución. De esta manera pueden originarse nuevas formas de caracteres genéticos, entonces la selección natural podría actuar sobre estas mutantes surgiendo así lentamente nuevas especies. (21,24).

La mayor parte de los genes son relativamente estables y la mutación se presenta con rareza; tiene una frecuencia de mutación de 1×10^{-5} a 1×10^{-6} de cien mil a un gameto de un millón contendría una mutación en un locus determinado. (65).

La mutación genética puede considerarse como la materia prima necesaria para la mutabilidad circunstancial de las especies. (23,24,44,46).

El gen es la unidad de material hereditario y precisamente a el se debe la semejanza entre organismos descendientes de progenitores comunes. Los genes tienen una estructura perfectamente caracterizada que consiste en una molecula de ácido nucleico en cadena cuyos eslabonares son cuatro nucleotidos distintos y están incluidos en los cromosomas.

Se llama genotipo al conjunto de genes de un individuo o a la suma de factores hereditarios del mismo y fenotipo a la manifestación externa de los caracteres correspondientes.(15,60).

Si bien la evolución en la tierra se sucedió a un ritmo extraordinariamente lento durante millones de años, en el momento que aparecieron los primeros organismos unicelulares se aceleró notablemente tras la intervención del sexo y la recombinación que dio la pauta a la aparición de nuevos tipos de variaciones durante el entrecruzamiento. Por lo tanto podemos decir que existen dos formas mediante las cuales los seres vivos han podido cambiar a lo largo de la evolución, la mutación del ADN y la mezcla sexual del ADN (15,24,46,63).

El botánico Hugo de Vries en 1886 sin tener conocimiento de los cambios sobre las variaciones repentinas que se presentaban cuando se formaban nuevas especies por medio de simples modificaciones individuales y por variaciones mas profundas que experimentaban algunos individuos y por lo general todas ellas de una gran tendencia a heredarse; esto lo llevo a formular e introducir el concepto de mutación y la teoria de las mutaciones sobre la descendencia (21,46,60).

Hoy en día sabemos que una mutación es una alteración en la secuencia de los nucleótidos que constituyen los eslabones del ADN, debido a un cambio generado por remoción o inserción de una o mas bases; este cambio se produce de manera totalmente fortuita y significa un cambio en el mensaje, de modo de que el ARNm copiado de este ADN también presentara el cambio y la proteína que será sintetizada estara alterada en un eslabon de su cadena y como consecuencia un aminoácido será diferente y cambiara total o parcialmente la función de la proteína.(23,31,36,44,45,63).

Es importante hacer notar que las mutaciones tienen una característica peculiar son copiadas cuando se replica el ADN antes de la división celular de manera que la mutación se perpetuara propagándose a las siguientes generaciones.

Se sabe que los genes son estables mas sin embargo estos pueden sufrir cambios que surgen como consecuencia de errores inducidos durante las funciones propias del ADN (la replicación o reparación), generalmente a consecuencia de condiciones ambientales, todo ello trae consigo un apareamiento anormal de las bases lo que a su vez origina un error en la lectura del código genético como consecuencia el nuevo ADN no será idéntico al original, siendo que debiera ser una copia fiel. (el daño puede producirse en un solo gen o en varios de ellos).(23,34,45,63).

Si la mutación se produce en una célula somática la probabilidad de ser detectada es menor y posiblemente esta célula se vuelva cancerosa, es solo una célula distinta entre miles de millones de ellas. Cuando la mutación se produce en una célula gonadal la cual esta produciendo células germinales (espermatozoides u óvulos) la situación es totalmente distinta, ya que si la célula germinal producida lleva la mutación dicha mutación pasara sin duda al huevo fecundado y el nuevo individuo la tendrá en todas sus células. (31,63).

Cabe señalar de importancia, que si la alteración es considerable el organismo muere, pero si la alteración no es importante el organismo sobrevivirá aunque quizá varias de sus funciones estén alteradas. Estos cambios por el periodo en que ocurren y por la célula en que se manifiestan son transmitidos a su descendencia (28,46,63).

Finalmente podemos decir que una mutación es un cambio que sufre el material genético. Este cambio puede aparecer repentinamente en una población manifestandose con amplitud suficiente para ser apreciable. La mayoría de las veces es de carácter cualitativo y transmisible a la descendencia. Trae como consecuencia la formación de un fenotipo alterado "mutante". (45,50).

Las mutaciones pueden ser clasificadas en base a diferentes criterios. A continuación se dará un resumen de una clasificación de las mutaciones:

I. Tamaño

- A. Mutación puntual -un cambio en el segmento muy pequeño de ADN, se considera que en general involucra a un solo nucleótido o a un par de nucleótidos.
- B. Mutaciones gruesas -cambios que afectan mas de un par de nucleotidos pueden involucrar el gen entero, el cromosoma entero o el juego de cromosomas.

II. Cualidad.

- A. Mutaciones estructurales - cambios en el contenido nucleotido del gen.
 1. Mutaciones por sustitución - sustitución de un nucleotido por otro.
 - (a) Mutaciones de transición que sustituyen una purina por otra o una pirimidina por otra.
 - (b) Mutaciones por transversión que sustituyen una purina por una pirimidina o viceversa.
 2. Mutantes de pérdida - pérdida de alguna porción de un gen.
 3. Mutantes de inserción - adición de uno o mas nucleotidos extra a un gen.

- B. **Mutaciones por arreglo** - el cambio de ubicación de un gen dentro del genoma a menudo conduce a "efectos de posición".
1. Dentro de un gen - dos mutaciones dentro del mismo gen funcional pueden producir efectos diferentes, dependiendo de si ocurrieron en la posición cis o trans.
 2. Número de genes por cromosoma - se pueden producir diferentes efectos fenotípicos si los números de replicas de un gen no son equivalentes a los cromosomas homólogos.
 3. Cambiando el locus del gen se pueden producir nuevos fenotipos, especialmente cuando el gen está relocalizado cerca de la heterocromatina.
 - (a) Translocaciones - movimiento a un cromosoma no homólogo.
 - (b) Inversiones - movimiento dentro del mismo cromosoma.
- III. **Origen.**
- A. **Mutación espontánea** - origen desconocido, a menudo llamada "mutación antecedente".
- B. **Control genético** - se sabe que la mutabilidad de algunos genes está influenciada por otros "genes mutadores".
1. Mutadores específicos - efectos limitados a un locus.
 2. Mutadores no específicos - afectan simultáneamente a muchos loci.
- C. **Mutaciones inducidas** - por medio de exposición de ambientes anormales como
1. Radiaciones ionizantes - cambios en la valencia química por expulsión de electrones y son producidas por protones, neutrones o por rayos alfa, beta, gama y rayos X.
 2. Radiaciones no ionizantes - elevan los niveles de energía de los átomos (excitación volviéndolos menos estables (por ejemplo, radiación ultravioleta, calor), los UV a menudo producen dímeros de timina, es decir, unión entre timinas en la misma banda.
 3. Mutágenos químicos - son sustancias químicas que aumentan la mutabilidad de los genes.
 - (a) Errores de copia - mutantes que provienen durante la replicación del ADN (es decir, los mutágenos análogos a la base que son químicamente similares a las bases de ácido nucleico pueden ser incorporados por equivocación; la acridina causa adiciones o deleciones de base simples posiblemente por intercalación entre dos bases secuenciales).
 - (b) Cambio directo del gen - producido en el ADN que no se replica (por ejemplo, el ácido nítrico por desaminación convierte directamente la adenina en hipoxantina y la citosina en uracilo).
- IV. **Magnitud del efecto fenotípico.**
- A. Cambio en la proporción de la mutación - algunos alelos solo pueden ser distinguidos por la frecuencia con la cual mutan.
- B. Isoalelos - producen fenotipos idénticos en combinaciones homocigóticas o heterocigóticas entre sí, pero son distinguibles en combinaciones con otros alelos.
- C. Mutantes que afectan la viabilidad:
1. Subvital - la viabilidad relativa es mayor que el 10 % pero menor que el 100 % comparada con el tipo común.

- 2. Semiletales - causan más del 90 % pero no menos del 100 % de mortalidad.
- 3. Letales - matan a todos los individuos antes de la edad adulta.

V. Dirección

- A. Mutación hacia adelante - produce un cambio del fenotipo común al tipo anormal.
- B. Mutación hacia atrás o retrorrotación - produce un cambio del fenotipo anormal al de tipo común.
 - 1.- Mutación en un solo sitio - cambia sólo un nucleótido en el gen (Por ejemplo, adenina hacia adelante guanina en reversa adenina.)
 - 2.- Supresor de mutación - un cambio en un gen que ocurre en un sitio diferente de la primera mutación, sin embargo, invierte su efecto.
 - (a) Supresor extragenético - sucede en un gen diferente del mutante.
 - (b) Supresor intragenético - se presenta en un nucleótido diferente dentro del del mismo gen; desvia el molde de lectura hacia el registro.
 - (c) Fotoreactivación - inversión de los dímeros de timina provocados por UV, por enzimas específicas en presencia de ondas de luz visibles.

VI. Tipo de célula

- A. Mutación somática - se presenta en las células no reproductivas del cuerpo, a menudo produciendo un fenotipo mutante en solo una parte del organismo (mosaico o quimera).
- B. Mutación gamética - se presenta en las células sexuales, produciendo un cambio heredable. (18,65).

En la *Drosophila*, la epidermis de la mosca adulta se desarrolla en gran parte a partir de los discos imaginales de la larva. Las células de los diferentes discos imaginales se encuentran en diferentes estados de determinación, específicos para la formación de las estructuras particulares, como las alas y las antenas. Las células pueden permanecer determinadas pero indiferenciadas a lo largo de muchos ciclos de proliferación, aunque es posible que ocasionalmente que grupos de células se transdeterminen. Las mutaciones homeóticas afectan a los genes que controlan las diferencias entre un disco y otro. Estudios hechos sobre las mutaciones homeóticas de la larva sugieren que el cuerpo se construye por segmentos homólogos que representan repeticiones moduladas de un segmento propio básico. Los genes identificadas por medio de las mutaciones homeóticas gobiernan las modulaciones que diferencian a un segmento de otro; otros genes controlan el plan básico del segmento prototipo así como el número total de segmentos. (8,36).

Por otro lado, Morgan también estableció que la temperatura juega un papel importante en la inducción de una mutación, postulación que se hizo después de observar que las moscas que crecían a 27° C tenían de dos a tres veces la tasa de mutaciones por generación que aquellas que crecían a 17 °C. (22,52).

El descubrimiento de Röntgen sobre la utilización de las radiaciones fue de gran valor médico, sin embargo se observaron efectos perjudiciales. La exposición repetida a los rayos X tuvo un efecto dañino y produjo en las manos expuestas crecimientos cancerosos. En 1927, H. J. Muller descubrió que los rayos X inducían también mutaciones en *Drosophila*, encontrando que las dosis elevadas de esa radiación (15000 %), aumentaba grandemente el número de estas. También pronto se encontró que los rayos X aumentaban el número de aberraciones cromosómicas. (21,54).

La luz ultravioleta así como los rayos X es una misma radiación de longitud de onda corta; por ejemplo, en el caso de las bacterias por ser muy pequeñas los rayos U.V. pueden penetrarlas con facilidad y tienen en ellas un efecto mutagénico. (9,15,57).

El efecto mutagénico de los rayos U. V. fue descubierto por primera vez por Altenburg en la irradiación de células de capsula polar (tejido gonadal temprano) en huevos de *Drosophila*. La potencia mutagénica de esos rayos, ha sido confirmada desde entonces en muchos organismos en cuyo tejido germinal puede ser fácilmente expuesto bajo la penetración de luz U.V. Aunque la luz U.V. puede también causar aberración cromosómica, estos efectos son considerablemente pocos en comparación con los rayos X. (54,57).

Los isótopos inestables cuyas partículas subatómicas emiten radiación de alta energía a medida que llegan a la estabilidad son también agentes mutágenos.

En 1956 Charlotte Aberbach reporto un aumento de cincuenta veces en mutaciones ligadas al cromosoma X de la *Drosophila* después de un tratamiento con gas mostaza, el gas venenoso que se uso en la primera guerra mundial. Así como esta sustancia tenemos una gran lista de muchas otras sustancias que inducen mutación (20,22,52,54,63).

La *Drosophila* organismo cuya genética estaba mejor comprendida se tomo como base de estudio ya que se conocia un carácter, el color de los ojos del cual se derivó un gran número de mutaciones conocidas distinguibles entre si. Hoy en día se han obtenido una gran variedad de mutantes de mosca *Drosophila*. (37).

En 1944, Bridges y Brehme publicaron una lista completa de mutantes y aberraciones de *Drosophila melanogaster*. Entonces cada mutante posee un nombre, que indica la principal característica de su diagnóstico, la determinación se hace preferentemente con un adjetivo descriptivo o sustantivo, del cual se anota la abreviación empezando siempre con la abreviación del mutante. Los nombres y símbolos de mutantes recesivos empiezan con letra minúscula y los de alelos dominantes con letra mayúscula. (1,13,50,63).

A continuación se enlista las líneas mutantes de *Drosophila*, más útiles en investigación genética : (Tabla 2a y 2b).

Nombre	Símbolo	Descripción
Bar	B	Ojo reducido a una barra vertical en las hembras y los machos homocigóticos. En las hembras heterocigóticas se manifiestan ojos en forma de riñón.
brown	bw	Color de ojo café al emerger, oscureciéndose después hasta granate.
cinnabar	cn	Ojo de color rojo brillante, opacándose con el tiempo. La combinación con bw produce ojos blancos.
Curly	Cy	Alas curvadas o abarquilladas. La condición homocigótica es letal.
dumpy	dp	Alas truncadas, reducidas a 2/3 de la longitud normal silvestre.
ebony	e	Color de cuerpo negro brillante, recién nacidas son más claras que las adultas.
eyeless	ey	Ojos reducidos a 1/4 ó 1/8 del área normal del tipo silvestre, existiendo diferencias en el tamaño de ambos ojos.
forked	f	Cerdas cortadas, anudadas y dobladas con puntas partidas.
Hairless	H	Faltan las cerdas postvertebrales, abdominales, dorsoventrales anteriores y otras. En condición homocigótica es letal.
	l	Indica mutación letal.

Tabla 2a Lista de mutantes y aberraciones de *Drosophila melanogaster*. (18,50).

Nombre	Símbolo	Descripción
Lobe	L	Ojo reducido con muesca en el borde anterior.
miniature	m	Alas pequeñas un poco más largas que el abdomen.
Plum	Pm	Color de ojo semejante a bw, dominante pero punteado o con manchas oscuras.
Stubble	Sb	Cerdas acortadas a menos de la mitad de su longitud. El homocigoto es letal.
scute	sc	Afecta el número y forma de algunas cerdas.
sepia	se	Color de ojos al emerger café rojizo transparente, oscureciéndose hasta sepia y finalmente se torna negro. Ocelos con el color de tipo silvestre.
spineless	es	Todas las cerdas reducidas, apenas un poco más largas que los pelos.
scarlate	st	Ojos rojos amarillento brillante, más claros que el silvestre (rojo escarlata). En combinación con bw produce ojos blancos.
vermillion	v	Ojos color rojo brillante, más claros que silvestre. Ocelos incoloros. Con bw produce w.
vestigial	vg	Alas reducidas a 1/3 del tamaño de las alas de silvestre
w	White	Ojos blancos. Corresponde a una serie de alelos 00 múltiples ligados al sexo.

Tabla 2b Lista de mutantes y aberraciones de *Drosophila melanogaster*.(18,50).

2.2. *Drosophila melanogaster* variedad white.

En 1910 Morgan, reportó el descubrimiento de unos cuantos machos de *Drosophila* con ojos blancos en los millares de moscas con ojos rojos que habían venido crujando. Estos machos de ojos blancos fueron cruzados con algunas de sus hermanas de ojos rojos. De esta cruce, se obtuvieron algunas moscas con ojos blancos de los dos sexos. Luego, apareando machos de ojos blancos con hembras con ojos del mismo color, se obtuvo una estirpe pura para el carácter de ojos blancos. (18,21,24).

A partir del momento que apareció el mutante de ojos blancos de *Drosophila*, fue cruzado con una hembra de ojos rojos. Todas las moscas de la F₁ presentaron ojos rojos. Los machos y las hembras de F₁ fueron cruzadas entre si y se observó que en la F₂ todas las hembras tenían los ojos rojos mientras que la mitad de los machos tenían ojos blancos y la otra mitad ojos rojos. De este hecho se postuló que el gen para los ojos blancos se hallaba localizado en el cromosoma X y aunque era recesivo podía aparecer en el fenotipo de los machos. Esto trae como consecuencia que el cromosoma Y carecía de este gen y que la expresión del gen para ojos blancos en el macho representaba un caso de pseudodominancia. (35,63).

La característica principal de la herencia ligada a X (cualquier gen localizado en el cromosoma X se dice está ligado al sexo) es la ausencia de la transmisión de macho a macho (de padre a hijo). Es decir el cromosoma X del macho no es transmitido a ninguno de sus hijos pero sí a todas sus hijas. La descendencia de un macho afectado por un carácter recesivo ligado a X los hijos no están afectados por este carácter y las hijas son productoras del mismo. Si las hijas reciben también de su madre el gen recesivo ligado al cromosoma X, serán homocigóticas para este alelo y su fenotipo presentara este carácter. (23,28,52,63).

En 1916 Bridges, informó acerca de una variación importante de la herencia ligada al cromosoma X en la *Drosophila*. Pues bien este investigador cruzó una hembra de ojos blancos con un macho de ojos rojos, la hembra con un carácter recesivo ligado a X donde se esperaba una descendencia en la que todos los machos habían heredado el cromosoma X de la madre y mostrarían el carácter recesivo. Pero del cruce se obtuvieron algunos machos con ojos rojos. Surgiendo la teoría de que los dos cromosomas X de la hembra no se habían separado y como resultado algunos ovulos contenían cromosomas X y otros no tenían ninguno. La no separación de cromosomas homólogos en la meiosis recibió el nombre de no disyunción. (35).

Si la hembra y el macho tienen los ojos blancos, toda la descendencia también los tendrá blancos.

Fo:

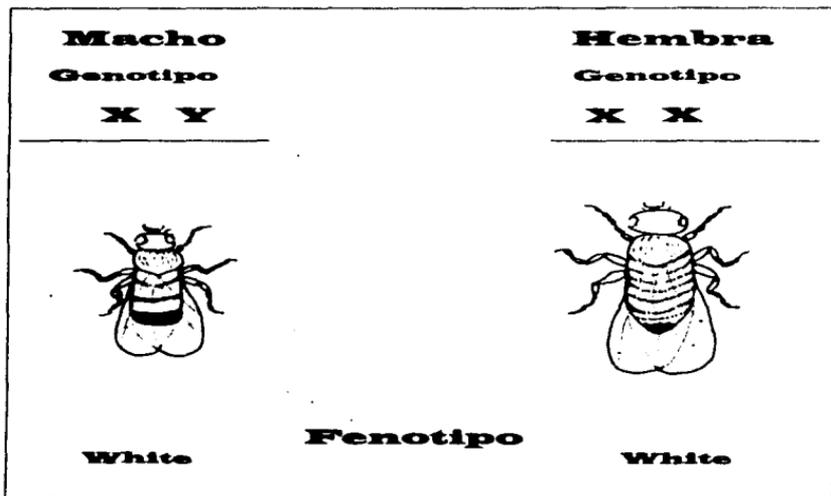


Figura 1a. Se muestra la cruce de *Drosophila melanogaster* variedad white, generación Fo. (18,35,48).

Gametos	Mascullinos	
	$\overset{w}{X}$	Y
$\overset{w}{X}$	$\overset{w}{X} \quad \overset{w}{X}$	$\overset{w}{X} \quad Y$
$\overset{w}{X}$ Femeninos	$\overset{w}{X} \quad \overset{w}{X}$	$\overset{w}{X} \quad Y$

Tabla 3 Muestra el genotipo de los progenitores de la descendencia de F1 teórica.

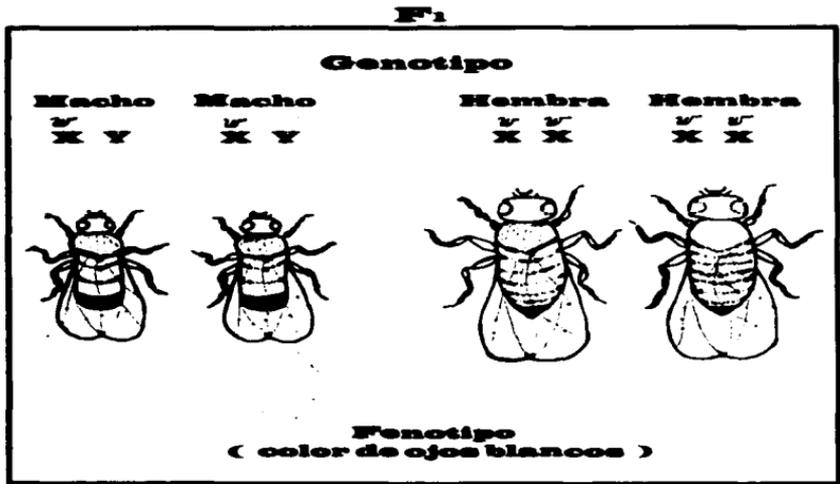


Figura 1b Muestra el fenotipo y genotipo de F₁ descendientes de F₀ de *Drosophila melanogaster* variedad white. (18,35,48).

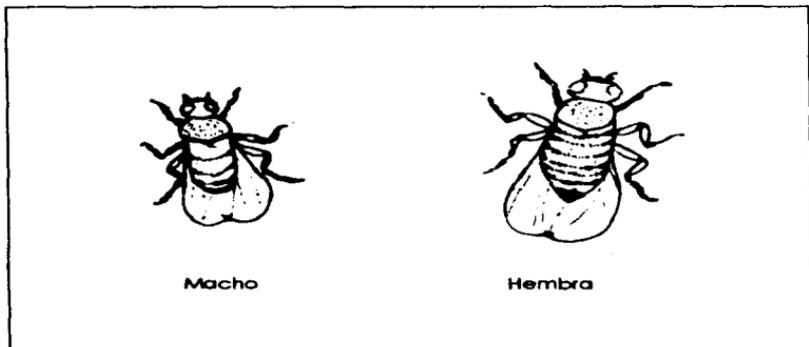


Figura 2 Muestra a los imagos de *Drosophila melanogaster* variedad white. (1,24,63).

En *Drosophila melanogaster*, fue identificado formalmente el locus W (white) en un macho cuyos ojos eran blancos lo que los hacía parecer decolorados o translúcidos. Este gen es ligado al sexo. (25,35,36,63).

El ojo de tipo silvestre de *Drosophila* posee dos pigmentos (uno rojo y otro pardo), los cuales están relacionados en cuanto a su estructura y son sintetizados mediante vías metabólicas distintas. Las mutaciones del locus w, pertenecen a un sólo grupo de complementación. Los productos de ambas vías metabólicas no existen en los ojos de los mutantes w, lo cual sugiere que el alelo w+ (white silvestre) no codifica una enzima involucrada en la producción del pigmento siendo esta la que regula directa o indirectamente la producción o deposición de los pigmentos producidos. (25,36,63).

2.3. Ciclo de vida de *Drosophila melanogaster* variedad white.

2.3.1. Reproducción y etapas de desarrollo.

El ciclo de vida de la *Drosophila melanogaster* da inicio en el ovario de la hembra, donde una célula primitiva germinal desencadena un patrón de división altamente especializado. La célula germinal se divide cuatro veces dando lugar al oocito (ver Fig.4) y a quince células llamadas enfermeras. En la estructura folicular las células enfermeras cuidan y ayudan a crecer al huevo, el ARN y organelos como mitocondrias las que pasan a través de canales que conectan al huevo con las células enfermeras. La contribución de estas células ayuda a construir el huevo y prepararlo para la fertilización. En la fertilización el espermia y el oocito se unen y la célula o huevo resultante contiene cromosomas de ambos padres.(62).

Después que se efectúa la cópula, se forma el huevo o cigoto ovopositado por la hembra en el medio de cultivo, dándose las primeras etapas del desarrollo embrionario. (el desarrollo embrionario tiene lugar dentro de las membranas del huevo), el huevecillo mide aproximadamente 0.5 mm. de longitud, de forma ovalada. El huevecillo después de 22 horas aproximadamente da paso a una larva, el estado larvario consta de tres estadios y dura aproximadamente 8 días a 20 °C, la larva al alimentarse y crecer se transforma en pupa. El ciclo pupal tiene una duración que va de 3 a 6 días a 20 ° C de aquí la pupa se transforma en imago o adulto. El ciclo de vida de la *Drosophila* se completa en un lapso de 15 días (más, menos) a 20 ° C. Sin embargo el tiempo de duración de cada fase del ciclo de vida varía, puesto que tiene un vínculo directo con la temperatura a la cual se mantienen los medios de cultivo.(1,13,53).

En el siguiente esquema (Fig. 3) se muestra el ciclo de vida de *Drosophila melanogaster*:

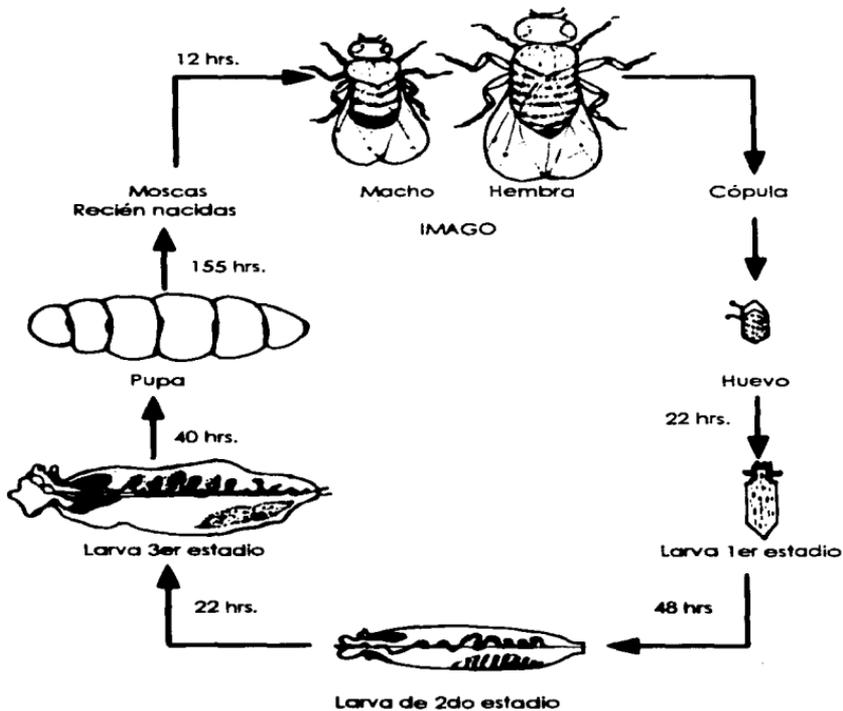


Figura 3 Ciclo biológico de *Drosophila melanogaster* variedad white. (1.50.53).

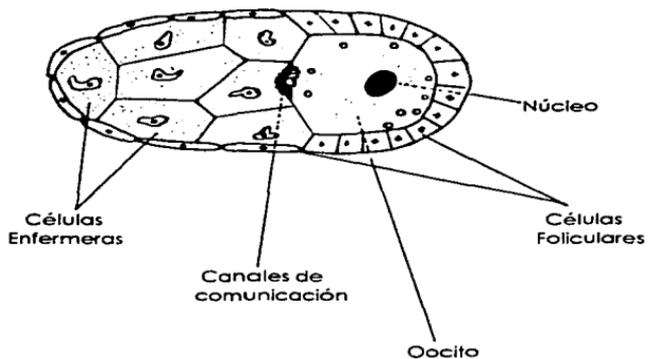


Figura 4 Oocito de *Drosophila melanogaster*. Se muestra su estructura folicular en la que se encuentran las células enfermeras y el oocito, antes de la fecundación. (62).

La *Drosophila melanogaster* posee un ciclo de vida que se divide en cuatro periodos. A continuación se darán las características más relevantes de cada periodo: huevo, larva, pupa y adulta. (1,3).

Huevo:

El huevo de *Drosophila melanogaster* mide aproximadamente 0.5 mm. de longitud, es de forma ovalada, presenta un par de filamentos en la región anterodorsal, los cuales evitan que el huevo se hunda en la superficie blanda del alimento en donde es depositado. La membrana externa llamada corión es opaca y se le observa pequeños hexágonos dibujados en la superficie, la membrana vitelina es transparente y quitinosa. La penetración del espermatozoide se realiza a través de un pequeño orificio que recibe el nombre de micropilo, que se cierra y se encuentra en la saliente cónica del extremo anterior del huevo. Muchos espermatozoides pueden entrar en él, aunque habitualmente solo uno interviene en la fecundación, iniciando su desarrollo embrionario, etapa que dura aproximadamente 22 a 24 horas. (1,13,20)

Estado larvario:

Una vez que la larva ha salido del huevo sufre dos mudas por lo tanto el periodo larvario consta de tres estadios.

El embrión se convierte a larva en pocas horas (de 22 a 24 horas) y retiene el diseño de segmentos del embrión. La larva después de salir del huevo sufre dos mudas. (1,3,62)

Larva del primer estadio: A las 22 horas después que el huevo es ovopositado emerge una larva pequeña de color blanco (aprox. 0.5 mm de longitud), la cual se alimenta intensamente en el medio nutritivo formando túneles. (3,13,62).

Larva del segundo estadio: La larva del primer estadio muda a las 48 horas y se convierte en larva del segundo estadio, la cual mide aproximadamente de 2 a 3 mm. Sigue alimentándose (1,5,3,62).

Larva del tercer estadio: Posterior a las 70 horas del desarrollo larvario, la larva del segundo estadio muda a la del tercer estadio. Esta larva mide (aprox. 4.5 mm. de longitud). La actividad y voracidad es muy alta. Morfológicamente posee : Glandulas salivales, sistema nervioso, traquea, sistema digestivo, cuerpo graso y gonadas que permiten la diferenciación sexual en estado larvario, la testicular es de mayor tamaño. El periodo larvario dura de 4 a 5 días a 25 ° C. (1,13,50,53,62).

El desarrollo de larva de primer y segundo estadio se describe a continuación. Cuando la larva sale del huevo es un individuo que carece de alas (aptero) y tiene un apetito voraz pues tiene como unico fin consumir alimento; posee glandulas salivales eficientes de vital importancia para el insecto. El crecimiento de las glandulas salivales por alargamiento es muy eficiente para el mejor funcionamiento de las células activas enzimáticamente durante el periodo de obtención de comida (el tamaño inusual de sus cromosomas en las glandulas salivales es debido al tipo de crecimiento). (1,5,13,19,20,52,53).

Al salir del huevo activas, permanecen sobre la superficie del medio, se abren paso comiendo esto se nota cuando en el medio de cultivo donde viven esta por demás lleno de surcos y canales. La larva come de tres a cinco veces su peso en levadura durante el periodo de crecimiento. Durante el transcurso de los periodos larvarios la epidermis solo es responsable de la síntesis y secreción de los componentes que constituyen la cutícula larvaria. Los discos imaginarios constituyen solo una pequeña parte del tejido total de la larva; tal proporción varia poco hasta llegar a larva de tercer estadio.

Las células en esta etapa no se dividen solo aumentan su tamaño, formando largos núcleos politericos. Las células adultas permanecen diploides y proliferan durante la fase larvaria y el inicio del desarrollo pupal (19,59).

El desarrollo de la larva del tercer estadio comienza cuando la larva pasa la mayor parte del tiempo enterrándose en el medio y consumiendo alimento, no se localizan sobre el medio de cultivo, a las 70 horas la larva ha pasado ya el punto crítico y puede continuar así el desarrollo en ausencia de alimentos, sin embargo continúa alimentándose hasta cerca de las 110 horas. (1,13,53).

Este periodo se caracteriza porque los discos imaginarios se distinguen unos de otros. (Los discos imaginarios son bolsas epiteliales, semejando glóbulos desdoblados y aplanados que cuando sucede el proceso de la metamorfosis se invaginan y diferencian formando la epidermis de la mosca adulta y otros tejidos internos). Cada disco contiene pequeñas regiones, cada una de las cuales corresponde a una parte estructural del adulto (1,8,13,62).

La *Drosophila* se desarrolla a partir de un huevo pasando por una fase larvaria. Pero el adulto o imago, no es simplemente una forma mayor a mas madura de la larva, tiene una estructura radicalmente diferente la mosca adulta surge en gran parte de ciertos grupos de células denominadas células imaginales que se dejan de lado, son aparentemente no diferenciadas en el cuerpo de la larva. Casi se podria decir que la larva es un equivalente de las estructuras extraembrionarias de un mamifero que anda y se alimenta, un vehiculo para transportar y alimentar las células imaginales a partir de las cuales se desarrollara la mayor parte del cuerpo adulto. Las células imaginales para cabeza, torax y los genitales estan organizadas en estructuras denominadas discos imaginarios, las células imaginales del abdomen estan dispuestas en grupos denominados nodos de histoblastos abdominales. A partir de un par de discos, se desarrollan los ojos y las antenas; de otro surgen las alas y parte del torax; de otro el primer par de patas etc. (8,46,69).

La importancia genética del tercer estadio larvario radica en el poder extraer células para el estudio de cromosomas en división celular que proceden del ganglio de la larva y de sus glándulas salivales. El tamaño de los cromosomas permite el reconocimiento de diversas alteraciones o rearrreglos cromosómicos, por medio de técnicas citológicas y genéticas específicas. (1,13).

Pupa :

La larva del tercer estadio usualmente sale del alimento emigrando a la superficie del frasco, iniciándose así el periodo de pupación. La pupación es una metamorfosis, es decir, un proceso de transformación a través del cual las estructuras larvarias se convierten en órganos adultos. (1,12,62).

Se inicia con la fase prepupal, en donde las larvas del tercer estadio se ubican en un lugar seco de las paredes del frasco lugar en que permanecen inmóviles, su cubierta es semitránsfere, endureciéndose poco a poco. Esta transformación de larva a pupa ocurre primero en la región cabeza- torax y luego se da en el abdomen. En el periodo pupal el individuo tiene una forma de alpiste y una cubierta dura de color café. La cutícula pupal es producida cuando la epidermis es un mosaico de células larvarias y epidermales, ambas secretan la cutícula pupal. La parte anterior es producida por discos imaginarios, mientras que la parte posterior es producida básicamente por células larvarias con una pequeña contribución de los histoblastos abdominales y el disco genital. (1,13,20,50).

La cutícula se separa de la parte superior del organismo por medio de una contracción del mismo, lo que deja una brecha entre la cutícula y la pupa, proceso conocido como apólis. Subsecuentemente ocurre un oscurecimiento de la piel comenzando en la cabeza y recorriéndose al abdomen. Este proceso se inicia 4 horas después de la formación de la prepupa técnicamente ahora se forma una pupa (41).

La pupa aun tiene la forma de larva hasta 12 horas después de la formación de la pupa, dándose un proceso de cataclismo, contracción muscular, que dura unos segundos y la cabeza es invaginada. La pupa criptocefálica se transforma en paniceofálica. La apólis de pupa a adulto ocurre en un periodo que abarca hasta las 24 horas una vez iniciada la pupación.

Durante la pupación los discos imaginales llevan a cabo la morfogenésis en respuesta a la hormona esteroide (20-hidroxiecdisona) las células se diferencian en las estructuras del adulto; en cada lado del cuerpo un disco da lugar al ojo y la antena, tres dan lugar a las piernas que están unidas a tres segmentos abdominales y un disco da lugar a una ala y a un largo segmento abdominal al que va unida el ala. A la mitad del periodo pupal las células producen los organelos fotosensitivos. (5,44,62).

El desarrollo de un disco prototorácico de la pierna da lugar a una extensión de segmentos tarsos empujando la membrana peripodial hacia fuera; procede la eversión en los cinco segmentos tarsos y la tibia distante se hacen visibles. Aquí ambas piernas se han evertido en forma paralela. La membrana peripodial se rompe, el tarso se abre y se revela el fémur, las estructuras evertidas se elongan gradualmente y comienzan a estar en un solo plano. Después ocurre la apólis donde se ven estructuras características imaginales como son el pelo, la epidermis la cual se diferencia y da origen a la pigmentación. (40).

En el ala las integrinas se expresan en la superficie dorsal y ventral además de estar a través del disco, lo que sugiere que pueden jugar un papel en la eversión manteniendo unidas la superficie ventral y dorsal durante la metamorfosis (40,69).

El desarrollo de la metamorfosis de la *Drosophila melanogaster*, está regulado por una hormona: La ecdisona, conocida como la hormona de la metamorfosis de los insectos que pueden producir burbujas específicas en el ADN para la activación de genes. Se han identificado cuatro genes dependientes de ecdisona involucrados en la formación de la cutícula pupal. (52).

Adulto:

El adulto emerge del caparazon pupal a través de una abertura redondeada en la región anterior de la pupa. La mosca recién salida es muy larga con alas sin extender. En poco tiempo las extiende (60 segundos). El color de su cuerpo al principio es claro y se va oscureciendo paulatinamente. (1,13,50,53)

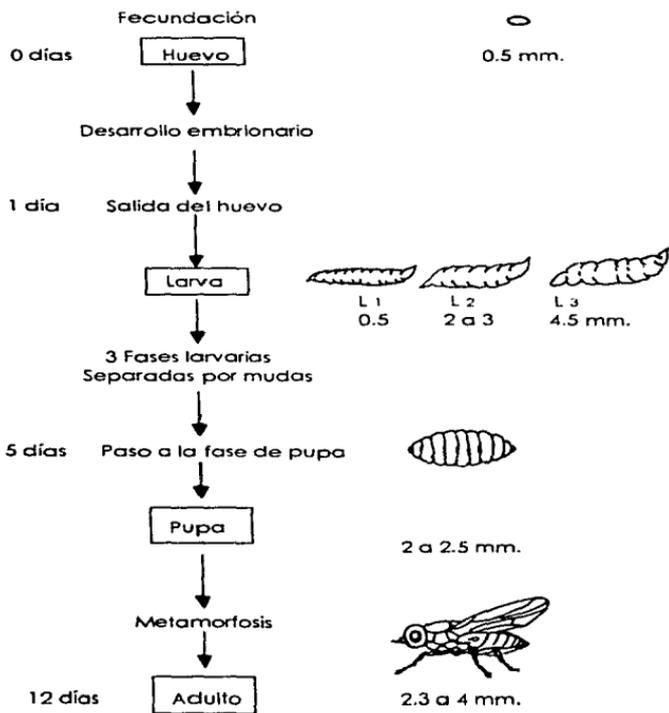
El cuerpo de la *Drosophila* Adulta, es de color ambar y está dividido en cabeza, torax y abdomen. En la cabeza se localizan las antenas, y los que están compuestos de tres ojos simples llamados (ocelos). En el torax se encuentran tres pares de patas con los huesos típicos de los insectos: coxal, trocánter y femur, tibia y cuatro tarsos. En el abdomen existen segmentos y ahí se ubican los genitales externos. Las dos alas están sujetadas a lo largo de la espalda. La expansión de las alas ocurre aproximadamente una hora después de la eclosión y la pigmentación final varias horas después. Ver figura 3. (1,50,53)

Características esenciales para la diferenciación de hembras y machos en *Drosophila melanogaster*:

- a) Por lo general las hembras son en proporción 40% más largas que los machos.
- b) La terminación del abdomen es alargado y en punta en las hembras y redondeado en el macho. En las hembras el abdomen se abulta por los huevecillos maduros.
- c) Las hembras poseen siete segmentos abdominales mientras que los machos solo poseen cinco. En algunas líneas las hembras tienen las bandas de los segmentos más oscuras.
- d) El macho posee un peine sexual, que está conformado por una fila de aproximadamente diez cerdas gruesas en la superficie distal del segmento tarsal basal (superior) de las patas anteriores.
- e) En la hembra se distingue una placa anal y una vaginal mientras que en el macho solo se distingue la anal.

La fertilidad de las hembras fecundadas aumenta en los primeros días de vida, pueden llegar a poner hasta cien huevos por día. El macho puede en su vida tener una progenie de diez mil a catorce mil moscas. La longevidad de las moscas puede llegar hasta los cincuenta días bajo condiciones favorables. (1,50).

2.3.2. Sinopsis del desarrollo de *Drosophila* desde el huevo hasta la mosca adulta. (8,50).



2.4. Gestación de *Drosophila melanogaster*.

Las células que forman a un organismo son diferentes entre sí, tanto a nivel morfológico como funcional. Todas estas células provienen de un solo óvulo fecundado (el cigoto) y como consecuencia, llevan la misma información genética. (12,13)

La generación de diversidad celular y la regulación de la misma es un proceso muy complejo. Sin embargo, Edward B Lewis, Christiane Nüssli V. y Eric Wieschaus descubrieron la estrategia principal; donde el desarrollo está controlado por una cascada de genes regulatorios que actúan en forma coordinada tanto en tiempo como en el espacio. (37).

El análisis de las diferentes etapas del desarrollo conduce al conocimiento de aspectos muy importantes a nivel molecular incluidos los genes maestros que van regulando las etapas sucesivas.

La mosca de la fruta *Drosophila* ha sido un excelente modelo de trabajo, también ha ayudado a comprender muchos procesos biológicos, es sin duda el modelo consentido de los genetistas. Es el organismo sobre el que se sabe más acerca del desarrollo a partir del cigoto y la regulación de las diferentes etapas del mismo. La cascada regulatoria de genes se propuso gracias a una serie de estudios realizados en *Drosophila*. Se observó que a partir de la formación del embrión hace falta el establecimiento de dos patrones básicos de polaridad: uno dorso-ventral y otro antero-posterior, este último con una serie de segmentaciones.

Se establece entonces que los genes responsables de la formación y control de los patrones de desarrollo se dividen en cinco grupos:

- 1.- Genes con efecto materno, que son genes expresados durante la oogenesis en las hembras y son los responsables de producir la asimetría inicial del embrión, tanto dorso-ventral como antero-posterior.
- 2.- Genes gap, que son los responsables de establecer los segmentos adyacentes en la larvas.
- 3.- Genes que controlan pares de segmentos, los cuales son genes que se expresan en cada una de siete bandas a lo largo del plano antero-posterior.
- 4.- Genes que controlan la polaridad de los segmentos, que son responsables de crear y mantener la polaridad anterior y posterior de cada segmento.
- 5.- Genes homeóticos, cuya función es comprometer a grupos de células para que se diferencien en determinados tejidos y como consecuencia en estructuras. (figuras 8,9). (8,12,13,37).

La *Drosophila* como modelo y además el uso de mutantes, fue estudiado por el doctor Lewis quien, enfocó su atención sobre los genes homeóticos. Utilizando técnicas básicas como son: generación y aislamiento de mutantes y su caracterización, definió dos grupos de genes, que por su profundo efecto a nivel fenotípico es decir (aparición), se denominaron homeóticos. De tal manera que estos dos grupos definieron los complejos conocidos como ultrabithorax y antenapedia. Cada uno de ellos responsables de la diferenciación de segmentos específicos del embrión y con efectos sobre los segmentos adyacentes. La transformación de un segmento en otro produjo mutaciones, en algunos de los genes originando individuos en los cuales se presentaron cuatro pares de alas en lugar de las dos normales por citar algún ejemplo. Al conocer a los genes responsables del cambio, se abre camino para que se puedan clonar estos genes y así nació su presencia a lo largo de la escala evolutiva. (4,37).

Por otro lado los doctores Nüsslein-V y Wieschaus realizaron estudios mutagénicos a gran escala con el fin de definir un grupo de genes cuya expresión debería ser durante la formación del óvulo y que eran esenciales durante los estudios iniciales de la embriogénesis. A tales genes los definieron como genes de influencia materna, son los responsables de generar la polaridad inicial del embrión mediante la formación de gradientes. La formación de estos gradientes se había postulado antes, pero no fue hasta la clonación de estos genes cuando se pudo demostrar que tales gradientes de polaridad existían y que además están asociados con genes específicos. (37)

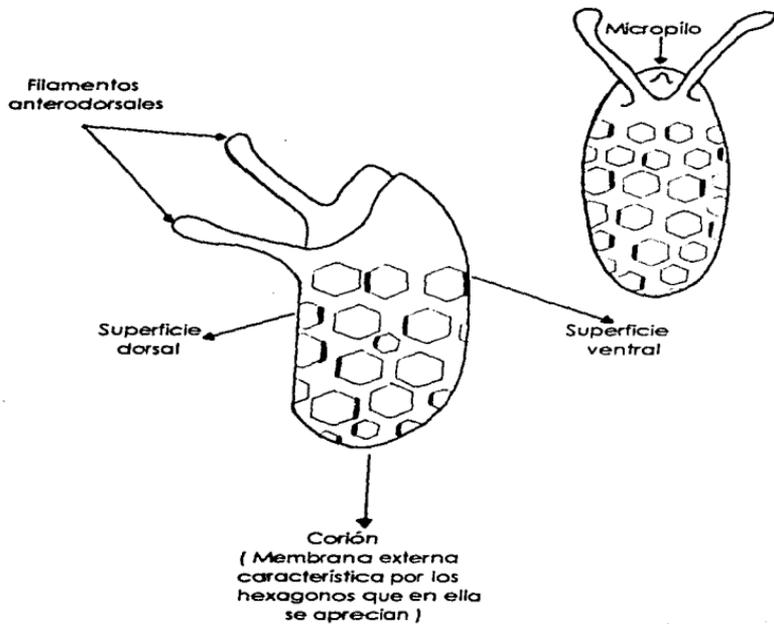
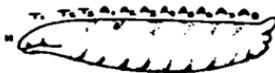


Figura 6 Cigoto de *Drosophila melanogaster*. (1.8.13.50).

a) Blastodermo



b) Larva



c) Adulto

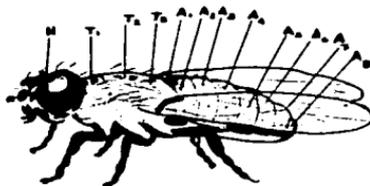


Figura 7 Cascada regulatoria de los genes responsables de la formación y control de los patrones de desarrollo en *Drosophila melanogaster*. (5,23,37).

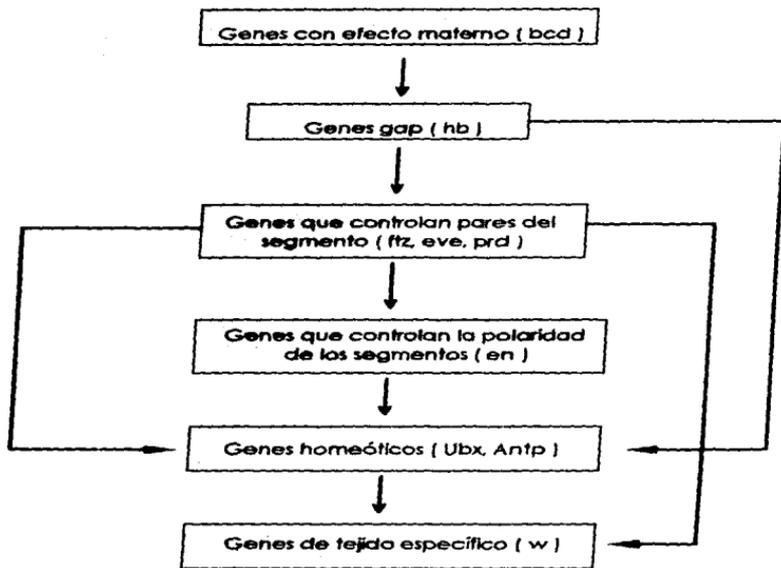


Figura 8 Esquema que muestra a los genes responsables de la formación y control de los patrones de desarrollo en *Drosophila melanogaster*. (37).

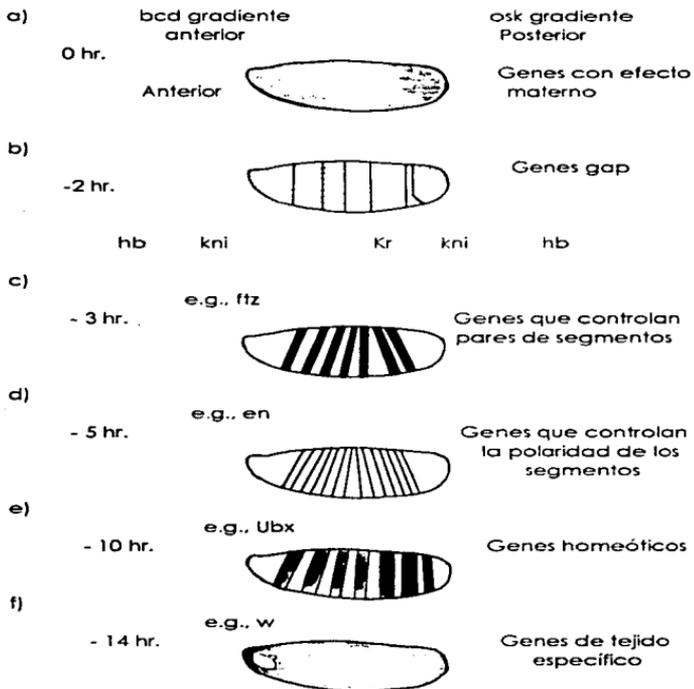
Horas pos-fertilización

Figura 9 Muestra la cascada regulatoria de los genes responsables de la formación y control de los patrones de desarrollo en *Drosophila melanogaster*, con sinopsis de tiempo. (8.54).

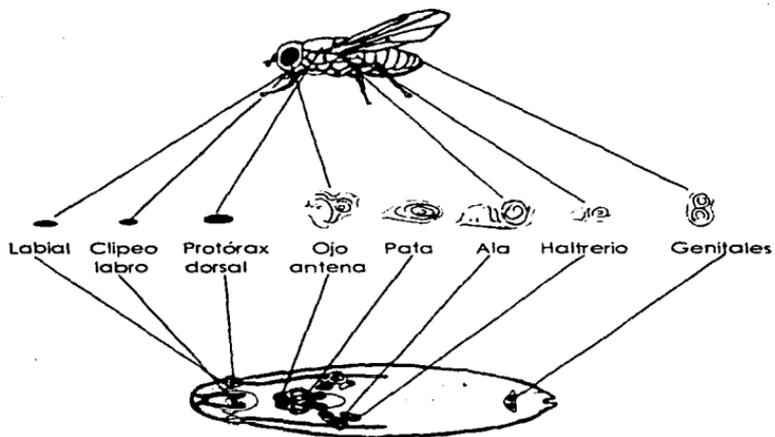


Figura 10 Muestra los discos imaginales de la larva Drosophila.(8).

2.4.1.- Desarrollo embrionario

Este proceso comienza, cuando un solo espermatozoide de los muchos que pueden penetrar el oocito, penetra dentro del mismo. También en *Drosophila melanogaster* se cumple la regla de la monoespermia. La división meiótica se sucede inmediatamente después de la penetración del espermatozoide, integrándose el núcleo del oocito, dando origen al cigoto, este se divide a su vez para dar los dos primeros núcleos de segmentación (1,13,20).

En condiciones óptimas los huevecillos son depositados después de ser fecundados. Si no es así el desarrollo puede comenzar in útero (1,13,20).

En la embriogénesis se siguen dos caminos diferentes una para la larva y el otro que corresponde a la formación de los tejidos epidermicos del adulto. Es aun un misterio el proceso molecular por el cual se activa a las células que muestran patrones complejos durante el desarrollo embrionario. Se sabe sin embargo que existen modulaciones en la superficie celular por moléculas involucradas en movimientos celulares morfogenéticos, entre estas moléculas se encuentran las integrinas (receptores de membrana) que actúan como los substratos de adhesión celular, las caderinas y CAMS (Moléculas de Adhesión de Substrato Celular). La embriogénesis es dependiente de las polaridades a lo largo de los ejes anterior - posterior y dorsal - ventral de la *Drosophila*. (5,10, 63)

Existen genes encargados de controlar la organización espacial en *Drosophila melanogaster*, las cuales están presentes en un segmento común de DNA. Tal segmento es denominado caja de Hox. Propeniéndose por lo tanto que el segmento posterior de la mosca adulta se determina por la combinación de la actividad de un grupo único de genes homeóticos (5,23,37,62,63).

En *Drosophila* se ha encontrado que los genes homeóticos se encuentran divididos en dos clases. Una la Antenapedia que consiste en que los genes Ant p, Dfd y Scr que determinan las estructuras adultas de la cabeza y del segmento torácico anterior. El otro complejo llamado Bithorax incluye los genes Ubx, rab 2, rab 7, que controlan la determinación del segmento torácico posterior y los segmentos abdominales. La epidermis del adulto se desarrolla a partir de células precursoras que se unen durante la embriogénesis. Los segmentos abdominales se derivan de histoblastos (son racimos de células que contribuyen a la epidermis larvaria y proliferan en la pupa). (3,36,63).

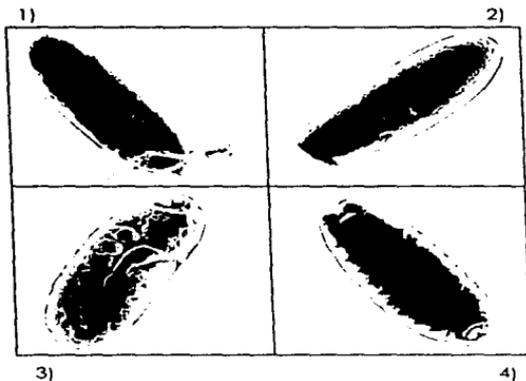


Figura 11 Muestra el desarrollo del huevo de *Drosophila*. (8).

Primeras etapas del desarrollo de *Drosophila*:

- 1) El huevo, rodeado por su cubierta externa o corión.
- 2) El embrión en la fase sincitial, tras la eliminación de las cubiertas del huevo.
- 3) El inicio de la segmentación del embrión, a través de complejas invaginaciones del blastodermo.
- 4) El embrión tardío, a punto de eclosionar el huevo y salir la larva de primera etapa.

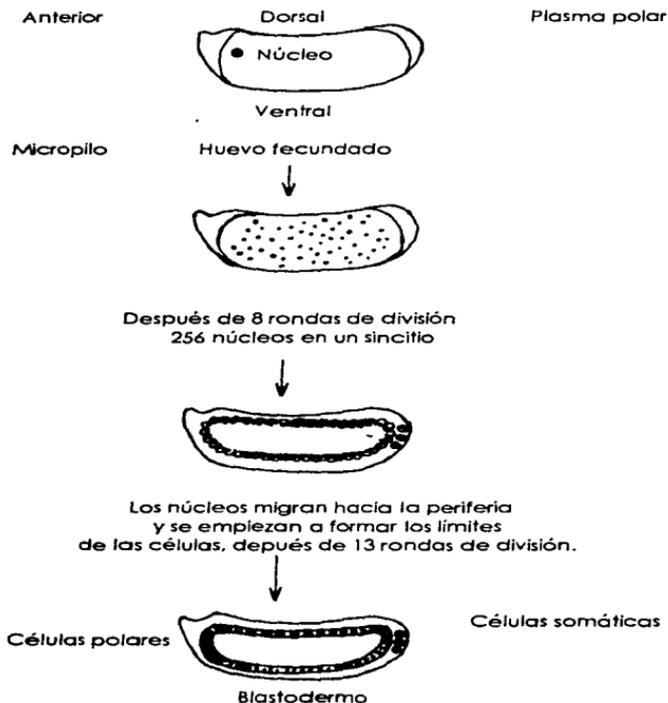


Figura 12 Muestra el desarrollo del huevo de *Drosophila melanogaster* (fase embrionaria). (3,8,19,20,63).

Después de ocho horas de división cuando son 256 núcleos, el núcleo empieza a migrar a la corteza. Una vez alcanzado el citoplasma cortical, los núcleos se distribuyen en la periferia en una capa de un solo núcleo. En esta etapa se activa un número significativo de genes. (5,8,63).

En *Drosophila* el gen materno *bicoid* determina patrones en la parte anterior del embrión. En el polo anterior del huevo y del embrión temprano se localiza el ARNm (*bed*). La proteína *bed* tiene dominio homeo y actúa como activador transcripcional del gen agónico *hunchback* (*hb*), responsable de la expresión del dominio de la mitad anterior del blastodermo del embrión. (16,63).

En cuestión de horas, el embrión se desarrolla rápidamente, efectuándose en él una compleja reorganización espacial. Así mismo en la etapa de gastrulación, los nuevos núcleos se dividen aproximadamente cada 60 minutos, cada vez que el núcleo se divide debe ser doblada la cantidad de ADN. Siendo que el núcleo del cigoto se mantiene en crecimiento solo se expresan unos cuantos genes. El embrión después de unas 6 horas de la fertilización ya se ha dividido en segmentos correspondientes al insecto adulto. (63).

Cada segmento es una estructura morfológica visible. Se aprecia que en la mosca adulta está conformada por segmentos correspondientes separados por estrías.

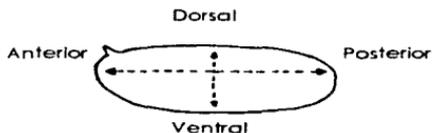
Citando algunos de ellos, en el caso de la cabeza tenemos los siguientes segmentos Md, Mx, Lb, en el tórax otros tres, T1, T2 y T3 y por último ocho segmentos abdominales que van de A1 hasta A8. Después de siete horas de iniciado el desarrollo ya se han trazado los planos que darán pie a dos organismos futuros: Larva y pupa adulto. (19,36,63).

La capa ectodérmica del embrión, esta es la responsable de dos imágenes celulares, el neural y epidérmico. Las células del ectodermo están propensas a desarrollar células nerviosas gracias a factores que son el resultado de los genes pro-neurales distribuidos a lo largo de todo el ectodermo, también influye la comunicación intracelular que tiene lugar en este periodo de diferenciación. (10,11).

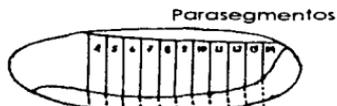
Siguiendo con el sistema nervioso de *Drosophila melanogaster* diremos que este se desarrolla a partir de dos tipos de células progenitoras que son los neuroblastos los cuales dan origen al sistema nervioso central y el órgano censor madre que da origen al sistema nervioso periférico. Ambas células progenitoras se originan de manera secuencial; como ya se mencionó los neuroblastos surgen de dos regiones especializadas del ectodermo: procefálica y el neuroectodermo ventral, y las células del órgano motor madre aparecen entre las células epidérmicas en el embrión y la larva. (10,11).

El huevo

Se establecen polarizaciones a lo largo del eje anterior-posterior (cabeza-cola) y el dorso-ventral (dorso-abdomen)

**Blastodermo**

El destino de cada región ya ha sido decidido, aún cuando los segmentos todavía no son visibles

**Embrión a las 10 horas**

Los segmentos torácicos y embrionarios (y otras partes del cuerpo no ilustradas aquí) ya se han desarrollado

**Mosca adulta**

Tiene tres segmentos torácicos y ocho segmentos abdominales.



Figura 13 Desarrollo de *Drosophila* a través de la formación de compartimentos que forman parasegmentos y segmentos. (3,54,63).

La embriogénesis se divide en dos etapas importantes; en la segunda mitad son notorios los discos imaginarios torácicos que son racimos apreciables subepidérmicos bien empaquetados, de composición y forma definida. Los discos del ala y de las piernas inician su invaginación nueve o diez horas después de la oviposición. Sin embargo para estos dos casos existe un paso adicional en el que las células permanecen en un estado casi indiferenciado, proliferativo e invaginadas en racimos discretos hasta ser reconocidas como células adultas. (3,41).

Para finalizar diremos que las integrinas están presentes durante casi todo el desarrollo embrionario pero se concentran en tejidos específicos. (69).

2.4.2. Luz ultravioleta y efectos biológicos.

La luz es el resultado de la propagación de un movimiento vibratorio electromagnético las ondas electromagnéticas se propagan en el espacio, de tal forma que también dichas ondas tienen diferente longitud. La luz entonces tiene un comportamiento dual (fotoeléctrico y de propagación de onda).

Los rayos ultravioleta rayos X y rayos gamma son radiaciones invisibles de pequeña longitud de onda, mientras que las ondas de radio, por ejemplo, tienen longitudes grandes. La longitud de onda de la longitud visible varía entre 4 y 7.5 diezmilésimas de milímetro. Las radiaciones luminosas de pequeñas longitudes de onda originan el color violeta, y las de gran longitud de onda el color rojo. Entre estos dos colores se encuentran todos los demás del espectro visible.

Es posible suministrar energía a un átomo a una molécula por distintos medios: calor, radiación, energía química, o por una fuente luminosa etc. Cuando parte de la energía suministrada se almacena en los electrones exteriores del átomo, se dice que el átomo está excitado. Esta energía puede quedar almacenada temporalmente o emitirse en forma de radiación electromagnética; en este último caso se desprende del átomo un fotón, corpúsculo dotado de energía.

La luz como el resultado de la propagación de un movimiento vibratorio (teoría ondulatoria) presenta propiedades de radiación luminosa que hacen preciso considerarla también como un flujo de partículas sin masa llamadas fotones (teoría corpuscular). Debido a ello, la luz resulta afectada por la gravedad de los cuerpos celestes.

La velocidad de la luz en el vacío es de 300.000 Km/seg. En medios más densos esta velocidad disminuye; en el vidrio, por ejemplo, es de solo 200.000 Km/seg; en el medio ambiente es de 299.000 Km/seg.

Cuando un rayo de luz incide sobre un cuerpo, se refleja, lo atraviesa o es absorbido por el medio. La suma de energía reflejada, transmitida y absorbida es igual a la que poseía la luz al llegar al cuerpo.

La luz al pasar de un medio a otro de distinta densidad cambia de dirección, es decir se refracta, debido a que su velocidad en el nuevo medio es distinta. En condiciones normales la radiación luminosa sigue una trayectoria perfectamente rectilínea pero cuando se hace pasar por rendijas muy estrechas se observa que se dispersa lateralmente. (9,15,17).

La luz ultravioleta pertenece al grupo de radiaciones no ionizantes, que elevan los niveles de energía de los átomos (excitación) haciendo a estos menos estables.

La luz ultravioleta está situada al final del espectro por ser una longitud de onda corta, lo podemos ver en la figura 14

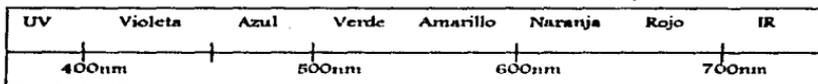


Figura 14 Muestra rango de longitudes de onda de varios colores. (9.17).

La luz ultravioleta se clasifica en tres tipos en función de la longitud de onda:

- 1.- Luz ultravioleta tipo A, su rango va de 320-400 nm.
- 2.- Luz ultravioleta tipo B, su rango va de 290-320 nm.
- 3.- Luz ultravioleta tipo C, su rango va de 200-290 nm. (17).

Reportes de estudios recientes (42) indican que existe hoy en día una mayor exposición a los rayos ultravioleta, esto es debido a la destrucción de la capa de ozono que es el filtro natural del planeta. En las regiones altas se ha demostrado la existencia de un 33 % de luz ultravioleta tipo B, mientras que en las regiones bajas disminuye considerablemente. Por otro lado los efectos nocivos causados por luz ultravioleta A y C no pueden ser menospreciados.

Algunos de los efectos cutáneos nocivos de los UVB, se citan a continuación:

El eritema actínica, clásica o quemadura solar, es un daño cutáneo debido a los UVB (e incrementado por los UVA), que inducen alteraciones celulares de los queratinocitos (células fotodisqueratósicas) y una reacción inflamatoria, resultando una vasodilatación importante de los capilares dérmicos. (38).

La foto-inmunosupresión es una consecuencia del efecto de los UVB sobre las defensas inmunitarias que explica el origen del herpes solar recidivante y la mejoría de ciertas dermatosis por la exposición solar. A largo plazo, esta inmunotolerancia de UV inducida favorecerá la proliferación de células anormales.

El envejecimiento cutáneo o helioderma es sobre todo debido a los UVB, pero los UVA tienen un papel aditivo que no se puede negar. Su reversibilidad parcial por aplicaciones prolongadas de ácido retinoico no debe hacer olvidar que el mejor tratamiento es el preventivo.(33,38).

El proceso de la fotocarcinogénesis toma de 10 a 20 años para desarrollarse. Los fotones UVB (30 a 50 veces más potentes que los UVA) hacen aparecer por una parte secuelas anormales en la secuencia de los nucleótidos del ADN de las células cutáneas y, por otro lado una deficiencia en las funciones inmunes de la piel, haciendo que las células anormales sean aceptadas. La acción cancerígena de los rayos UV que provoca los carcinomas vaso celular y espino celular es perfectamente bien conocida. Las proliferaciones melanocíticas como el lentigo solar, la melanosis de Dubreuilh, el cambio en los nevos y la aparición de melanomas de 10 a 20 años después de una quemada solar en la infancia, son igualmente proporcionados por los UV. (2,26).

Efectos cutáneos nocivos de los UVA se mencionan a continuación :

En relación con los UVB, los UVA presentan la ventaja de una energía fotónica netamente menor, reduciendo así los efectos dañinos cutáneos, sobre todo los UVA largos. Sin embargo, los UVA penetran a la piel más profundamente que los UVB y alcanzan la dermis.

El efecto eritematoso, que necesita dosis 1000 veces superiores a las de UVB necesarias para producir una quemadura solar.

El efecto pigmentoso, el bronceado natural es inducido por la mezcla de UVA y UVB.

La heliodermia con la formación de una elastosis inducida por los UVA. (33)

El efecto carcinogénico es claramente menos importante que el inducido por los UVB a pesar que los UVA pueda ser responsables de carcinomas epidermóides en el ratón y puedan ser considerados como un factor de riesgo de melanoma. (30,55).

La inducción de fotosensibilización medicamentosa, especialmente con ciertos medicamentos fototóxicos con los UVA tales como: quinolonas, antiinflamatorios no esteroideos, tetraciclina, sulfonamidas, tiazídicos, fenotiazinas, amiodarona ect.

La inducción de dermatitis solar, particularmente el prurigo estival.

La agravación de ciertas dermatosis (lupus eritematoso, porfirinas, rosácea, melasma...).

Así, que los UVA están lejos de corresponder a los buenos rayos UV. Aunque sean sólo responsables del 20 % de los daños a largo plazo del sol sobre la piel, constituyen las principales radiaciones implicadas en la formación y agravación de las fotodermatosis. (2,32)

2.4.3. Efectos mutagénicos de luz ultravioleta

Los efectos mutagénicos de luz ultravioleta fueron descubiertos por primera vez por **Allenburg** en la irradiación de las capsulas de células polares (sobre tejido gonadal) de huevos de *Drosophila*. La potencia mutagénica de estos rayos ha sido estudiada confirmandose muchos organismos en los cuales el tejido gonadal fue expuesto a la longitud de onda de penetración de luz ultravioleta. Aunque la luz ultravioleta tambien puede causar aberración cromosomal, estos efectos son considerablemente menores en comparación con rayos X, por lo tanto son mayormente usados en estudios de mutaciones puntuales. (57,66).

El efecto de mutación no es igual para las especies que se han estudiado, en teoria el comportamiento que se planteó entre la proporción de mutación y dosis de luz ultravioleta debería seguir un comportamiento lineal. Por ejemplo Como se muestra en la figura (15). *E. coli* resistente a estreptomycin es la numero uno en cuanto al incremento de mutaciones, el seguimiento realizado es lineal da un golpe en el blanco. El comportamiento seguido entre la proporción de mutación y dosis de luz ultravioleta de varios tipos de especies vierten algunas curvas, las cuales despues de ser analizadas sugieren que en algunos de los casos era necesario recibir varias dosis de luz ultravioleta para que ocurriera una mutacion y en el caso de *Aspergillus* la proporción de mutaciones morfológicas al parecer indica un proceso curativo ocurrido a alta dosis de luz ultravioleta.

La luz ultravioleta posee una longitud de onda muy larga que produce iones; por lo que parece afectar únicamente aquellos compuestos que la absorben directamente. En las células la absorción directa de luz ultravioleta es principalmente confinada a compuestos con estructuras orgánicas arregladas tal como purinas y pirimidinas, otros compuestos no parecen absorber la luz ultravioleta y por lo tanto no están siendo afectadas directamente. Esta relación cerama entre luz ultravioleta y los componentes del ADN, tambien aparecen comparaciones entre el efecto del espectro de absorción de luz ultravioleta en el ADN y la proporción de mutaciones causadas por la longitud de onda de luz ultravioleta. A los 2540-Ångstrom de longitud de onda, el DNA absorbe los rayos ultravioleta y la luz ultravioleta es la que produce un incremento mayor de mutación en el polen del maiz. (21,28,54,55).

A partir del conocimiento acerca de la relación directa entre luz ultravioleta y ADN se establecieron las bases de un nuevo campo en la investigación. Estudios realizados in vitro exponiendo a las pirimidinas: Timina y Citocina tienen una absorción especial de longitud de onda de luz ultravioleta. La Citocina se hidrata por inserción de agua dentro de la molécula C=C (de doble enlace). El doble enlace entre carbono-carbono de Timina se rompe y entonces dos bases de Timina pueden ser insertadas formando un dímero. La dimerización de esta Timina es considerada un efecto mutagénico primario producido por luz ultravioleta . Tales dímeros irán distorsionando la hélice de ADN e interfiriendo con la propia replicación. (27,57).

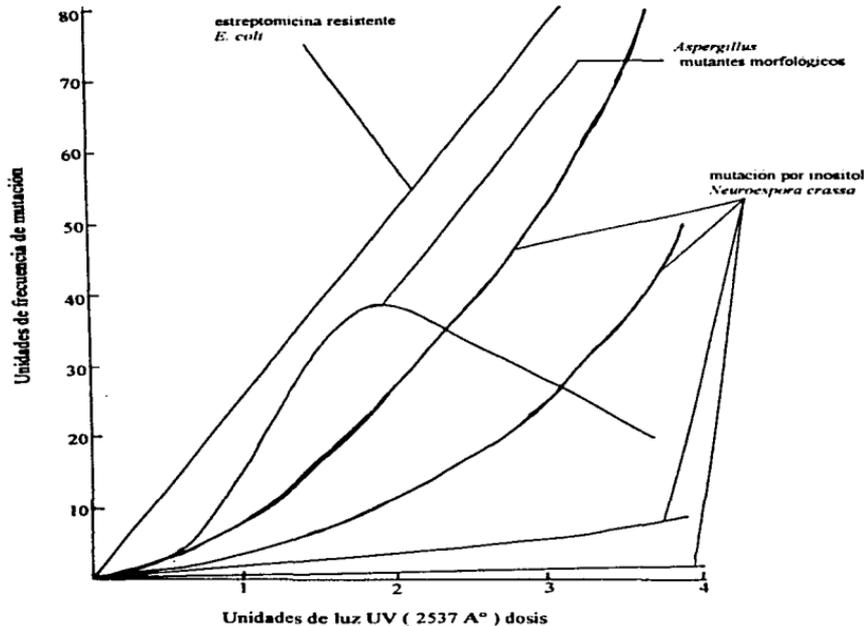


Figura 15 Diferentes relaciones entre proporción de mutación y dosis de luz ultravioleta. (57).

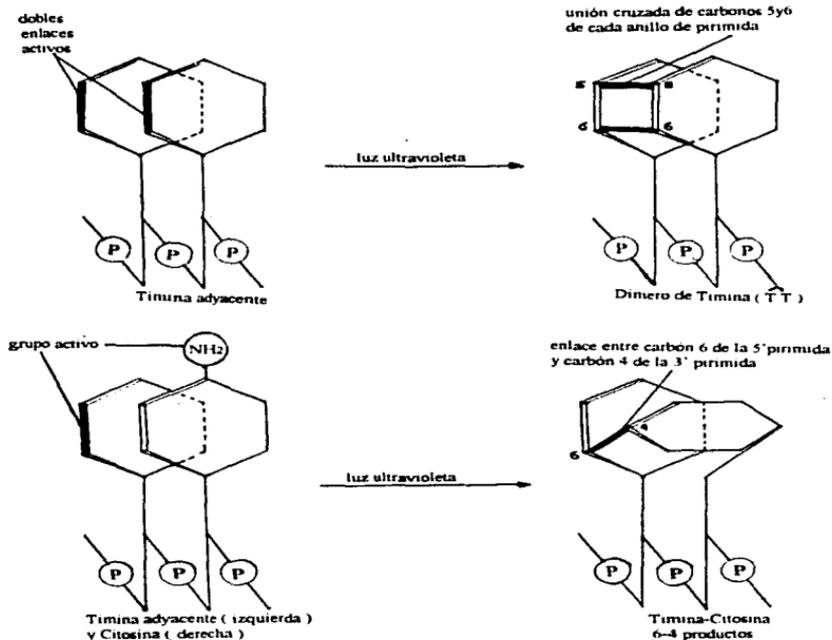


Figura 16 Se muestran dos importantes dímeros de pirimidina, fotoproductos producidos por el efecto de luz ultravioleta. (36.52.57.63).

La luz ultravioleta causa efectos directos sobre el ADN, además ejerce una acción indirecta en compuestos intermediarios que muy posiblemente la absorban. Por ejemplo, Stone y otros observaron el incremento en la frecuencia de mutación, en *Staphylococcus aureus* cuando en el medio cultivo fue irradiado lo que produjo una mutación letal. (57).

Sin embargo en la irradiación bacteriana postratamiento con compuestos que inhiben la síntesis proteica (Clorafenicol) disminuye la proporción en mutación. Tomando todas estas observaciones sugerimos la posibilidad de que la luz ultravioleta actúa también en varios ADN precusores y enzimas. (21,54).

2.4.4.- Mecanismo de reparación del ADN.

Es más usual la faceta de la luz ultravioleta como inductor del daño celular, fue descubierta por Kelner que este efecto puede ser invertido por exposición de las células a luz visible conteniendo una longitud de onda del espectro azul. Este proceso de reparación es llamado fotoreactivación, indica que el daño causado por luz ultravioleta puede ser reversible antes el material genético sea completamente afectado. Ha sido observado en numerosos organismos incluyendo bacterias, bacteriofagos, protozoarios, algas, hongos, *Drosophila* pájaros, ranas y marsupiales, pero esto es contrario en los reportes realizados con mamíferos. Como se demostró por Setlow en la fotoreactivación. (28,36,57,63).

Existen al menos tres mecanismos conocidos para reparar dímeros de pirimidinas, como son:

- 1) Fotoreactivación. Algunos dímeros de pirimidinas pueden eliminarse por la acción de una enzima que se activa al absorber luz azul. Este tipo de reparación es más eficiente si se evita que la bacteria crezca por un periodo de tiempo posterior a la exposición a la irradiación de luz ultravioleta.
- 2) Reparación en la oscuridad. Este mecanismo incluye cuatro pasos y se presenta en la figura 17:
 - a) una endonucleasa llamada endonucleasa UV reconoce la región dañada, hace un corte en la hebra simple sobre el extremo 5' cerca del dímero.
 - b) La actividad de la exonucleasa 5'-3' de la ADN polimerasa I elimina los nucleótidos cerca del corte incluyendo al dímero.
 - c) Una de las ADN polimerasas (posiblemente pol I) sintetiza una hebra reemplazadora correcta de 5' a 3' mediante el uso de la información de la hebra complementaria intacta.
 - d) La polinucleótido ligasa sella la ruptura. La reparación en la oscuridad (reparación por excisión) puede iniciarse tan pronto como se forma el dímero de pirimidina.
- 3) Reparación S.O.S. Esta es una forma de replicación sujeta a error que repara lesiones en el ADN sin tomar en cuenta la restauración de la secuencia original de bases. Este tipo de reparación puede dispararse por mutágenos químicos que alteran las propiedades de puentes de hidrógeno de las bases o por mutaciones inducidas por radiación.(23,45,46,63).

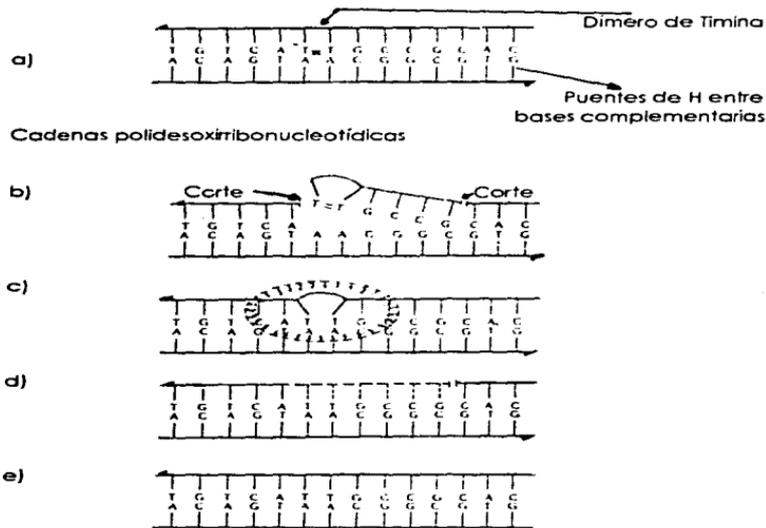


Figura 17 Muestra algunas etapas de reparación en la obscuridad del ADN con dímeros de Timina. (7,28,45,46,52,63).

- El dímero de timina que se ha formado provoca ruptura de la interacción con las bases complementarias, y la cadena de AND se deforma en esa región.
- Una vez reconocido el sitio dañado, la endonucleasa ADN polimerasa-I realiza el corte cerca de esta región.
- Hay depuración de la porción dañada.
- Adición o copia de la secuencia de desoxirribonucleótidos de la porción dañada por actividad de la ADN polimerasa-III.
- Restablecimiento de puentes de H entre bases complementarias quedando reparado el daño.

3.- OBJETIVO

Observar los efectos que sobre el fenotipo de la progenie tiene la luz ultravioleta al irradiar a los progenitores, haciendo incidir un haz de luz de longitud de onda de 254 nm. sobre cultivos de *Drosophila melanogaster* variedad white hembras y machos, con la finalidad de establecer que ésta radiación durante la etapa embrionaria favorece la aparición de mutantes, posiblemente afectando genes homeóticos.

3.1.- *Objetos particulares.*

- 1) Irradiar *Drosophila melanogaster* variedad white hembras en etapa gestante, haciendo incidir un haz de luz ultravioleta de longitud de onda de 254 nm. sobre ellas con la finalidad de utilizarlas como progenitoras de una nueva generación de *Drosophilas*.
- 2) Irradiar *Drosophila melanogaster* variedad white machos en etapa reproductiva, haciendo incidir un haz de luz ultravioleta de longitud de onda de 254 nm. sobre ellos con la finalidad de utilizarlos como progenitores de una nueva generación de *Drosophilas*.
- 3) Utilizar *Drosophila melanogaster* variedad white de ambos sexos no irradiados e irradiados para hacer cruzamientos entre si.
- 4) Evaluar los cambios fenotípicos de la progenie obtenida en cada lote de cruzamiento, analizando en microscopio estereoscópico los parámetros: número de segmentos abdominales, longitud total del cuerpo, longitud de las alas, forma de las alas, forma de los ojos, color de ojos, cantidad presente del bello corporal, número de patas, peine sexual, forma del abdomen y simetría corporal, para establecer alteraciones expresadas en estos individuos.

4- HIPÓTESIS

De trabajos anteriores se sabe, que la luz ultravioleta provoca mutaciones somáticas en la *Drosophila melanogaster* variedad white y una disminución de la viabilidad, siendo más significativa en el periodo pupal que el de larva y cigoto. Consideramos que aún nos falta precisar los efectos en la fase gestacional y creemos que las variaciones serán mayores que las reportadas.

5.- METODOLOGÍA

5.1.- *Material Biológico.*

Se trabajó con *Drosophila melanogaster* variedad white del cepario de Genética de la F.E.S. - Cuautitlán campo 4, de las cuales fueron seleccionadas 1200 moscas de ojos blancos, 400 machos y 800 hembras, estos sujetos son considerados los progenitores o "P0" de nuestro experimento. (Se consideró ese número de animales, tomando en cuenta que algunos mueren durante la radiación y otros por la anestesia, pero se trató de mantener viables 50 frascos de cultivo con dos machos y cuatro hembras cada uno).

Con estos sujetos se establecieron los siguientes lotes:

- a) Lote A, que fue conformado por 200 machos considerados como testigos.
- b) Lote B, que fue conformado por 400 hembras gestantes consideradas como testigos.
- c) Lote C, que fue conformado por 200 machos los cuales se sometieron a 15 minutos bajo la radiación de luz ultravioleta de 254 nm. de longitud de onda, estose realizó a través del vidrio del frasco de cultivo.
- d) Lote D, que fue conformado por 400 hembras gestantes las cuales se sometieron a 15 minutos bajo la radiación de luz ultravioleta de 254 nm. de longitud de onda, esto se realizó a través del vidrio del frasco de cultivo.

5.2.- *Medio de Cultivo.*

Se preparó medio de cultivo para *Drosophila melanogaster* siguiendo el instructivo por litro, en la cantidad necesaria para disponer de 400 frascos con medio.

5.2.1.- Preparación por litro de medio de cultivo

- 1.- Se calienta 243 ml de agua común y corriente en un vaso de precipitados de 500 ml.
- 2.- Mientras en otro vaso de precipitado se adicionan 500 ml de agua común fría, en esta se disuelve 100 g de harina de maíz previamente pesada y 10 g de levadura de cerveza.
- 3.- En el recipiente donde está contenida el agua caliente se agrega 15 g de agar además de 135 g de azúcar. Mover hasta disolver por completo y se tenga una mezcla homogénea.

- 4.- Agregar la mezcla (harina de maíz - levadura de cerveza - agua fría), a la segunda mezcla que se preparó en caliente (agar - azúcar - agua caliente).
- 5.- Se agita hasta formar un atole espeso, cuando adquiera esta consistencia retirar el recipiente de la fuente de calor.

5.2.2.- Esterilización

Inmediatamente de terminado de preparar el medio de cultivo se procede a servirlo en caliente en frascos de gerber. La altura de llenado es de aproximadamente de 1 a 1.5 cm. Después se le agrega a todos los frascos que contienen el medio de cultivo tres gotas de ácido propiónico, se tapa con papel aluminio y se cierran con sus respectivas tapas. Los medios de cultivo así preparados se esterilizan por autoclave durante 15 minutos a 121° C y 15 libras de presión.

Terminado el proceso de esterilización los medios de cultivo se utilizarán después de transcurridas 24 horas.

5.3.- Anestesia de *Drosophila melanogaster* variedad white.

Drosophila melanogaster variedad white, por ser un díptero o insecto con alas, requiere de anestesia para manipularlo y dirigir cruzamientos. Por ello hemos requerido de establecer un procedimiento para anestesiarse.

- Cortar trozos de papel y rotular con los datos del lote a trabajar.
- Preparar torundas pequeñas impregnadas de éter etílico.
- Tomar el frasco e invertirlo despacio para introducir una torunda evitando la salida de las moscas.
- Golpearlo suavemente el costado del frasco con el fin de que las moscas se depositen en el fondo.
- Se abre el frasco rápidamente colocándolo sobre papel, de esta manera se encuentra cerrado el frasco y se evita que se escapen las moscas.
- Después de tres minutos se observa que pierden la capacidad de movimiento. Una vez que esto sucede, se procede a su manipulación.

5.4.- Sexado de *Drosophila melanogaster* variedad white.

Esta especie de insectos, nos permite sexar en cuanto a fenotipo, considerando los caracteres sexuales que se manifiestan en los machos y en las hembras de esta especie y estos son :

Características	Hembra	Macho
Terminación del abdomen	Punta	Redondeado
Número de segmentos abdominales	Siete	Cinco
Feine sexual en tarsos de patas delanteras	No posee	Si posee
Tamaño corporal	Más grande	Más pequeño
Terminación del abdomen posición lateral	Tiene placa anal y vaginal	Solo se observa placa anal
Gestación	Se observan en algunas	No se observan

Tabla 4 Muestra los caracteres sexuales que se manifiesta en *Drosophila melanogaster*

El sexado, permite separar los machos (400), de las hembras (800). Es importante en este punto, hacer notar que el número de moscas con el que trabajo fue recolectado de varios frascos durante varios días.

Las moscas anestesiadas se colocan sobre papel bond blanco y bajo microscopio estereoscópico (Rossbach, Kyowa No. 79004 I), a través de este aparato se distinguen las características fenotípicas señaladas separándose hembras de machos.

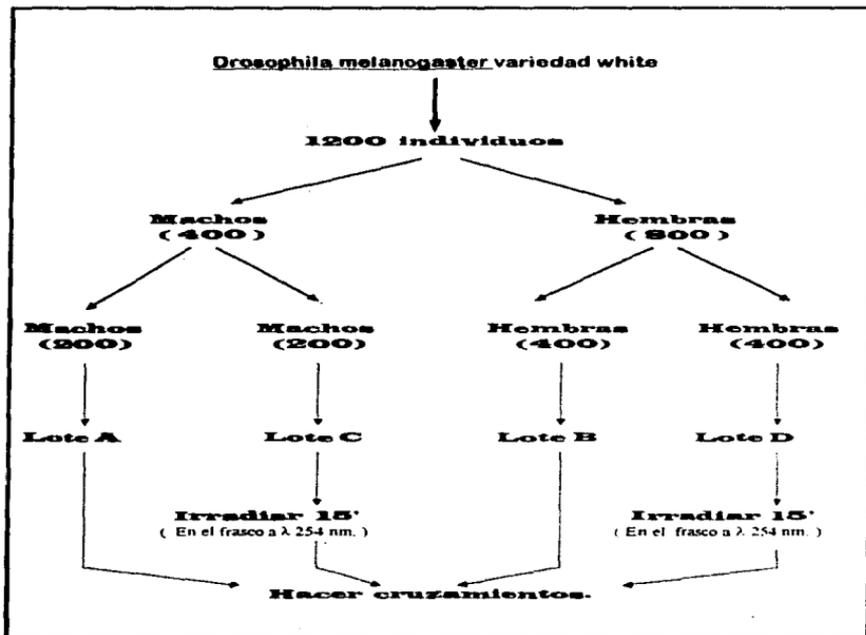
5.5.- *Distribución de lotes de Drosophila melanogaster variedad white e inducción.*

Figura 18. Distribución de lotes de *Drosophila melanogaster* variedad white. En esta figura se muestra: los lotes A y B que corresponden a machos y hembras sin irradiar (testigos). Los lotes C y D corresponden a machos y hembras irradiados con luz ultravioleta.

5.6.- *Apareamientos.*

De los lotes indicados se hicieron las siguientes cruza, considerando que las hembras lote B y D eran gestantes.

5.6.1.- Machos normales con hembras normales



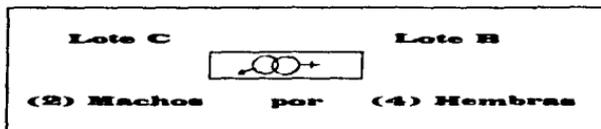
A estos frascos (50) se rotularon como A/B

5.6.2.- Machos normales con hembras irradiadas



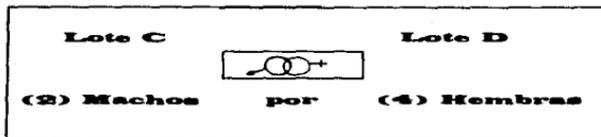
A estos frascos (50) se rotularon como A/D

5.6.3.- Machos irradiados con hembras normales



A estos frascos (50) se rotularon como C/B.

5.6.4.- Machos irradiados con hembras irradiadas



A estos frascos (50) se rotularon como C/D.

Los 200 frascos con moscas viables, se mantuvieron a una temperatura de 20 a 25° C en el laboratorio durante el tiempo de desarrollo del ciclo de vida de la *Drosophila* (15 a 20 días).

Naciendo las primeras moscas se dejó transcurrir una semana para hacer el conteo y detectar las variaciones fenotípicas por mosca nacida.

5.6.5.- Determinación de caracteres fenotípicos en la F1 nacida de los cuatro cruzamientos ejecutados

Se consideraron los siguientes caracteres a evaluar :

- a) Número de segmentos abdominales.
- b) Longitud total del cuerpo.
- c) Longitud de las alas.
- d) Forma de las alas.
- e) Forma de los ojos.
- f) Color de los ojos.
- g) Cantidad presente del vello.
- h) Número de patas.
- y) Peine sexual.
- j) Forma del abdomen.
- k) Simetría corporal.

En cada parámetro se anestesiaron las F1 nacidas por cruzamiento y se observaron las características al microscopio estereoscópico, utilizándose para medir longitud una escala milimétrica.

G.- RESULTADOS.***Resultados de los parámetros evaluados para cada cruce indicada.***

De las cruces señaladas en la metodología y considerando que se contó la población nacida en 50 frascos de cada tipo de cruzamiento hacemos notar que se separaron previa anestesia, las hembras de los machos. Se contaron el número de hembras y de machos F1 en el total de frascos para cada lote. (Sin mezclarlas).

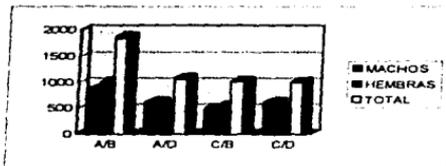
Este procedimiento se realizó diariamente durante dos semanas a partir de la fecha en que empezaron a nacer las primeras moscas de esta generación, con la finalidad de que conociéramos la viabilidad de F1.

PARAMETRO FENOTIPICO DE F1**VIABILIDAD DE F1**

LOTE

	MACHOS	HEMBRAS	TOTAL
A/B	858	1000	1858
A/D	621	455	1076
C/B	485	535	1020
C/D	610	393	1003

Tabla 5 Muestra los datos de la viabilidad de F1



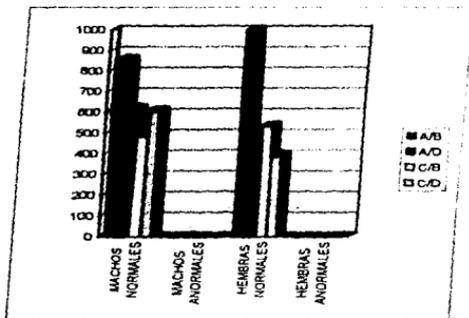
Histograma 1 Muestra los datos de la viabilidad de F1

PARAMETRO FENOTIPICO DE F1**NUMERO DE SEGMENTOS ABDOMINALES**

LOTE

	MACHOS NORMALES	MACHOS ANORMALES	HEMRRAS NORMALES	HEMBRAS ANORMALES
A/B	856	0	1000	0
A/D	619	2	455	0
C/B	485	0	535	0
C/D	610	0	390	0

Tabla 5 Muestra los datos del número de segmentos abdominales de hembras y machos F1



Histograma 2 Muestra los datos del número de segmentos abdominales de hembras y machos F1

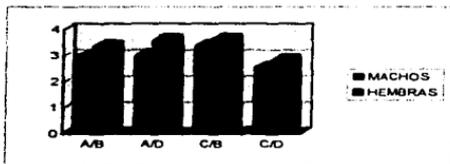
PARAMETRO FENOTIPICO DE F1

LONGITUD DEL CUERPO (milímetros).

LOTE
A/B
A/D
C/B
C/D

MACHOS	HEMBRAS
2,92	3,33
2,99	3,57
3,34	3,6
2,53	2,82

Tabla 7 Muestra los datos de la longitud del cuerpo de hembras y machos F1



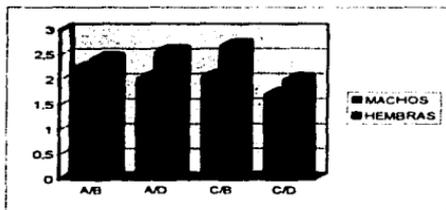
Histograma 3 Muestra los datos de la longitud del cuerpo de hembras y machos F1

PARAMETRO FENOTIPICO DE F1

LONGITUD DE ALAS (milímetros).

LOTE	MACHOS	HEMBRAS
A/B	2.21	2.4
A/D	2.02	2.54
C/B	2.04	2.67
C/D	1.69	1.99

Tabla 8 Muestra los datos de la longitud de las alas de hembras y machos F1



Histograma 4 Muestra los datos de la longitud de alas en machos y hembras F1

PARAMETRO FENOTIPICO DE F1

FORMA DE ALAS

LOTE

A/B
A/D
C/B
C/D

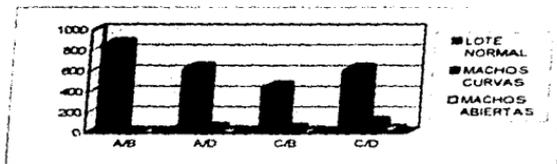
MACHOS		
NORMAL	CURVAS	ABIERTAS
856	0	0
621	38	8
441	32	5
610	98	24

LOTE

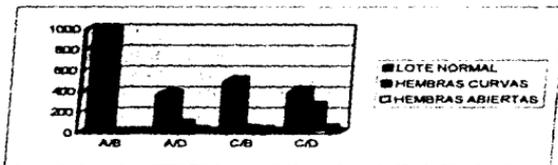
A/B
A/D
C/B
C/D

HEMBRAS		
NORMAL	CURVAS	ABIERTAS
1000	0	0
367	74	14
492	27	16
393	251	35

Tabla 9 Muestra los datos de la forma de alas en hembras y machos F1



Histograma 5 Muestra los datos de la forma de alas en machos F1



Histograma 6 Muestra los datos de la forma de alas en hembras F1

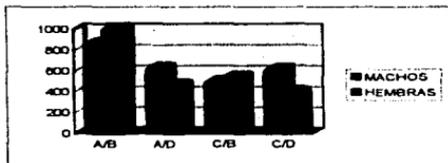
PARAMETRO FENOTIPICO DE F1**FORMA DE OJOS (OVALES NORMALES)**

LOTE

A/B
A/D
C/B
C/D

MACHOS	HEMBRAS
856	1000
821	455
485	535
610	393

Tabla 10 Muestra los datos de la forma de ojos en hembras y machos F1

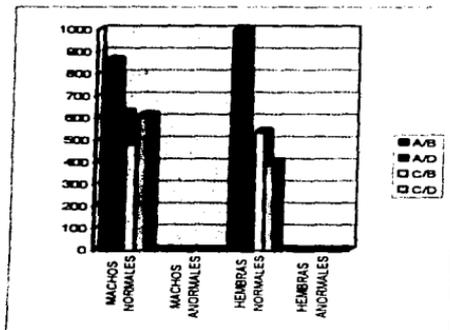


Histograma 7 Muestra los datos de la forma de ojos en hembras y machos F1

PARAMETRO FENOTIPICO DE F1**COLOR DE OJOS (Blancos)**

LOTE	MACHOS NORMALES	MACHOS ANORMALES	HEMBRAS NORMALES	HEMBRAS ANORMALES
A/B	856	0	1000	0
A/D	621	0	455	0
C/B	485	0	535	0
C/D	610	0	393	0

Tabla 11 Muestra los datos del color de ojos de hembras y machos F1



Histograma 8 Muestra los datos del color de ojos de hembras y machos F1

PARAMETRO FENOTIPICO DE F1**PRESENCIA DE VELLO (CERDAS CORPORALES)**

LOTE

A/B

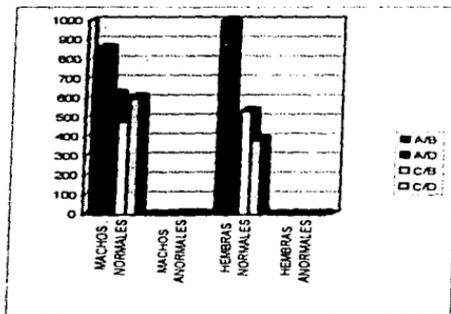
A/D

C/B

C/D

MACHOS NORMALES	MACHOS ANORMALES	HEMBRAS NORMALES	HEMBRAS ANORMALES
856	0	1000	0
821	0	454	1
480	5	535	0
605	5	388	5

Tabla 12 Muestra los datos de la presencia de vello Corporal en hembras y machos F1



Histograma 9 Muestra los datos de la presencia de vello en machos y hembras en F1

PARAMETRO FENOTIPICO DE F1**NUMERO DE PATAS**

LOTE

A/B

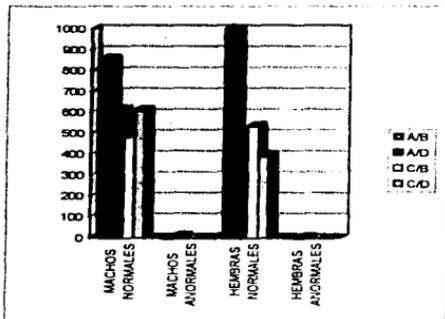
A/D

C/B

C/D

MACHOS NORMALES	MACHOS ANORMALES	HEMBRAS NORMALES	HEMBRAS ANORMALES
856	0	1000	0
611	10	453	2
485	0	535	0
610	0	393	0

Tabla 13 Muestra los datos de número de patas de hembras y machos F1



Histograma 10 Muestra los datos del número de patas en hembras y machos F1

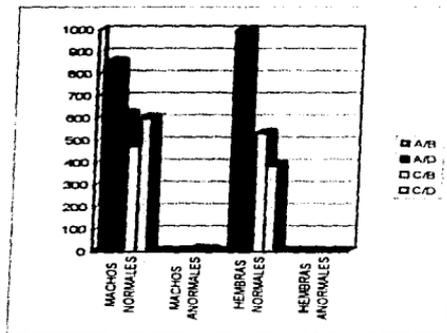
PARAMETRO FENOTIPICO DE F1**PRESENCIA DE PEINE SEXUAL**

LOTE

A/B
A/D
C/B
C/D

MACHOS NORMALES	MACHOS ANORMALES	HEMBRAS NORMALES	HEMBRAS ANORMALES
858	0	1000	0
619	2	455	0
475	10	535	0
603	7	390	3

Tabla 14 Muestra los datos de la presencia de peine sexual en machos y hembras anormales F1



Histógrama 11 Muestra los datos de la presencia de peine sexual en machos y hembras anormales F1

PARAMETRO FENOTIPICO DE F1**FORMA DEL ABDOMEN (POSIBLES GINANDROMORFOS)**

LOTE

A/B

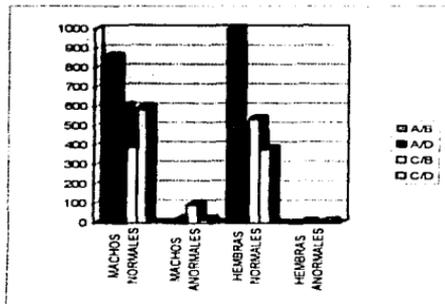
A/D

C/B

C/D

MACHOS NORMALES	MACHOS ANORMALES	HEMBRAS NORMALES	HEMBRAS ANORMALES
856	0	1000	0
600	21	448	7
392	93	535	0
591	19	382	11

Tabla 15 Muestra los datos de la forma del abdomen en hembras y machos F1



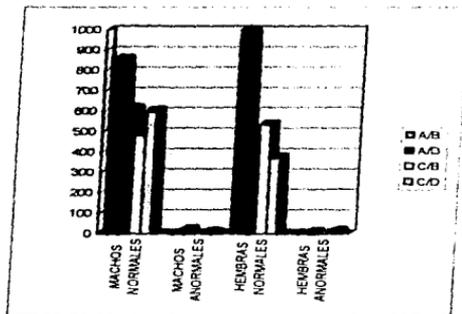
Histograma 12 Muestra los datos de la forma del abdomen en hembras y machos F1

PARAMETRO FENOTIPICO DE F1

SIMETRIA CORPORAL

LOTE	MACHOS NORMALES	MACHOS ANORMALES	HEMBRAS NORMALES	HEMBRAS ANORMALES
A/B	856	0	1000	0
A/D	613	19	445	10
C/B	485	0	535	0
C/D	600	10	375	14

Tabla 16 Muestra los datos de la simetría corporal en hembras y machos F1



Histograma 13 Muestra los datos de la simetría corporal de hembras y machos F1

7. DISCUSIÓN

Uno de los objetivos de este trabajo realizado con *Drosophila melanogaster* variedad white, fue observar los efectos de la luz ultravioleta en hembras gestantes y machos cuando fueron irradiados a una longitud de onda de 254 nm., considerada dentro del tipo C.

Se aprecian en los cuatro lotes estudiados que los efectos expresados fenotípicamente en el lote de hembras y machos normales, en los que incluyo presencia de peine sexual, simetría, forma de las alas, color y forma de ojos, vello o cerdas corporales, número de patas, número de segmentos abdominales y forma del abdomen; la progenie de los 50 frascos en los que se logró obtener la F₁, presentan los caracteres fenotípicos clásicos o típicos de la *Drosophila melanogaster* variedad white.

Tomando en cuenta este lote considerado como (A/B) o lote testigo, se apreciaron los cambios en esas diferentes características fenotípicas de los lotes; el lote (A/D) macho normal, hembra irradiada, el lote (C/B) macho irradiado y hembra normal y el lote (C/D) macho irradiado y hembra irradiada; apreciamos que en la F₁, aparecen rasgos fenotípicos fuera de lo normal.

Dentro de los rasgos encontrados en la progenie, se aprecia que aparecen alas en forma y curvatura diferente. Nosotros denominamos alas abiertas, aquellos individuos que presentaban un par de alas más angostas y separadas entre sí de la zona de donde emergen por una abertura que pudiera ser variable (misma que no fue medida en mm.). Sin embargo se aprecia que el número de individuos F₁ que nacieron de los diferentes lotes con este rasgo varía y se hace presente en mayor proporción en la descendencia de las moscas irradiadas tanto machos como hembras.

En cuanto a la curvatura de las alas, es conveniente indicar que estos órganos de ser "planas" en moscas normales se presentaron con apariencia "rizada", a esta alteración morfológica la conocemos como variedad mutante curly (rasgo heredado o causado por genes autosómicos recesivos en la *Drosophila*). De los lotes A/D, C/B y C/D en los tres se presentaron alas curly, con la consideración de que la frecuencia de este rasgo en la descendencia es mucho mayor en el último lote, mismo que tenía como progenitores macho y hembra irradiados en la etapa de apareamiento. En relación a esto consideramos que la luz ultravioleta, como se indica en el fundamento de esta tesis, actúa como mutágeno causando la formación de dímeros de Timina adyacentes en el material genético de los individuos en estudio. Consideramos que los mecanismos de reparación de estos dímeros fueron eficientes en las células somáticas de la generación parental; Fo, dado que fenotípicamente a través de los rasgos evaluados en este trabajo, esta generación no presentó alas curly y/o abiertas. Sin embargo la mutación se dio, se expresó y por lo tanto no se reparó en las células germinales (ovulos y espermatozoides)

de esta generación parental, o bien se dió durante las primeras etapas del desarrollo embrionario, apreciándose como consecuencia el rasgo alterado en la progenie. Es conveniente señalar que la mutación obtenida en la F_1 , es más frecuente en hembras que en machos.

En cuanto a la longitud de las alas, apreciamos disminución de longitud, pero hay que considerar que eran alas curly.

En lo que respecta a la presencia o ausencia de peine sexual en los tarsos de las patas delanteras de los machos F_1 , aparecieron pocos machos a los cuales no fue posible distinguir bajo un aumento de 40 X este órgano involucrado en la copula de estos dípteros y en el lote C/D se encontraron de 289 hembras 3 en las que se apreciaba cerdas en los tarsos que simulaban peine sexual.

Con respecto al rasgo fenotípico denominado simetría, pretendíamos distinguir corporalmente en cuanto a tórax, abdomen y cabeza la anatomía y forma característica de la *Drosophila melanogaster*. Se procuró apreciar este rasgo y fue sorprendente encontrar animalitos con un lado de su abdomen que era picudo y del otro terminada en curva. A estos insectos se confundieron con hembras o machos, que en su defecto parecían de ambos tipos se denominaron anormales. Se sabe que individuos de este tipo en *Drosophila* son llamados ginandromorfos y que son evidentemente producto de mutaciones germinales en ellos. Esto nos lleva a corroborar el tipo de mutación que proponemos ocurrió en la etapa germinal o de gametogénesis de la progenie estudiada.

El color de ojos y la forma de ellos en la *Drosophila melanogaster* variedad white, es blanco y oval. En la descendencia de machos irradiados, hembras irradiadas y de ambos irradiados, se encontró que no hay efecto o mutación en el rasgo fenotípico de color de ojos y forma de los mismos, en ningún caso.

Esto lleva a postular la hipótesis de que las mutaciones provocadas por la luz ultravioleta no se dieron en los cromosomas sexuales, sobre todo en el cromosoma X. Tomando en cuenta que el color de ojos blancos está codificado por un gen ligado al sexo y que por lo tanto se localiza en el cromosoma sexual X.

En cuanto al rasgo fenotípico vello, que equivale a la presencia, ausencia o abundancia de cerdas corporales en la mosca de la fruta; se puede decir que lo "anormal" en este rasgo equivale a la abundancia de cerdas o ausencia de las mismas. Se apreció que aparecen *Drosophilas* "peludas" en lotes irradiados sobre todo cuando el padre y la madre fueron sometidos a la radiación antes de la copula. La frecuencia de aparición de este rasgo es menor al 1%.

Se tomó en cuenta el número de segmentos abdominales detectables y observables en machos y hembras *Drosophila*. Partiendo de que los machos tienen 5 segmentos abdominales y terminan curvos y las hembras tienen 7 segmentos terminando en punta, apreciamos en los resultados obtenidos en la F₁, que la mayoría de los machos tenían 5 segmentos, excepto 2 de 619 este resultado debemos asociarlo a que la parte posterior del abdomen de estas moscas está pigmentado café obscuro y en algunos individuos casi todo el abdomen está pigmentado, esto posiblemente obstaculiza distinguir claramente el número de segmentos. Sin embargo, no se puede establecer que haya aparecido una mutación al respecto. De la misma forma se plantea algo semejante para las hembras (3 de 390).

Por lo anterior, considera que los efectos más significativos en la progenie de *Drosophila* irradiadas con luz ultravioleta, se registraron en el rasgo fenotípico de forma y curvatura de las alas apreciándose en alta frecuencia la variedad curly.

La radiación ultravioleta de longitud de onda de 254 nm. causa mutaciones, que además de provocar las variantes fenotípicas indicadas, también causa una disminución importante de la viabilidad de la progenie, sobre todo moscas descendientes de hembras y machos tratados con este mutágeno, señalando un 54 % de viabilidad. Es decir de individuos que se desarrollan de huevo a larva y de pupa a imago y que nacen o eclosionan, mismos que se estudiaron y analizaron siguiendo la metodología descrita en este trabajo. Es importante señalar que el decir que se contaron las moscas de 54 frascos por lote, implicó la siembra y desarrollo de muchas más (aprox. 250 por lote) ya que la viabilidad de huevos, larvas y pupas también se redujo y encontrar F₁ en cultivos a veces fue imposible, esto lleva a establecer que la progenie no se desarrollaba adecuadamente y por lo tanto no terminaba con su ciclo de vida, apreciándose larvas y pupas sin actividad.

La longitud del cuerpo de la *Drosophila melanogaster* variedad white se vio aumentar en los lotes en que un progenitor fue irradiado y el otro normal. Se redujo en el lote en que ambos fueron irradiados. El medio de cultivo y condiciones de mantenimiento en el laboratorio fueron las mismas. Considerando que el medio de cultivo fue el mismo en todos los casos y que contenían los mismos nutrientes se cree que si dentro de los efectos de la luz ultravioleta está el causar mutaciones, cabe la posibilidad de especular que tan factible es el que un gen que codifica para una enzima involucrada en la absorción, degradación o conversión de un nutriente sea el afectado, ya que esto provocaría alteraciones en el desarrollo y crecimiento del individuo. Por ello decimos que aspectos de nutritivo influyeron en esto, pero podría ser un trabajo de investigación a futuro, evaluar metabólicamente en las diferentes etapas del ciclo de vida de la *Drosophila* efectos de la luz ultravioleta a nivel de actividad de enzimas considerando que los efectos de las mutaciones pueden reflejarse en la actividad enzimática y por tanto en el metabolismo.

Por último, en cuanto a hembras y machos nacidos, se considera que en proporción se obtuvo relaciones consideradas esperadas.

Si se toma en cuenta los efectos provocados por luz ultravioleta en moscas nos atrevemos a especular: ¿Qué efectos provocará en otras especies? Considerando que la contaminación ambiental a aumentado y lo más importante que la capa de ozono se encuentra hoy en día dañada.

8. CONCLUSIONES

Al irradiar con luz ultravioleta de longitud de onda de 254 nm., cultivos de *Drosophila melanogaster* variedad white y hacer cruizas de machos y hembras irradiados con hembras y machos no irradiados, así como dirigir cruzamientos entre machos y hembras irradiados, se observó que la progenie manifiesta rasgos fenotípicos diferentes a los de los progenitores, el rasgo más importante fue el de las alas, registrándose que aparece la mutación curly (alas rizadas) como uno de los efectos más significativos.

Así también, la viabilidad de los cultivos, disminuye en la descendencia de los individuos irradiados con este mutágeno físico.

Se observaron los efectos que sobre el fenotipo de la progenie tiene la luz ultravioleta al irradiar a los progenitores, haciendo incidir un haz de luz de longitud de onda de 254 nm sobre cultivos de *Drosophila melanogaster* variedad white en hembras y machos, evaluándose en la descendencia fenotípicamente los rasgos:

- a) Número de segmentos abdominales
- b) Longitud total del cuerpo
- c) Longitud de las alas
- d) Forma de las alas
- e) Forma de los ojos
- f) Color de los ojos
- g) Cantidad presente del vello corporal
- h) Número de patas
- i) Peine sexual
- j) Forma del abdomen
- k) Simetría corporal

Detectándose en la F₁ que aparecen alteraciones como son:

1.- Número de segmentos abdominales: Tomando en cuenta los caracteres sexuales de hembra y machos se apreció que los resultados obtenidos en la F₁ no fueron anormales y por ello no se puede asegurar que se haya aparecido una mutación.

2.- Longitud del cuerpo : Se vió aumentada en los lotes en el que un progenitor fue el irradiado y se redujó en el lote C/D (ambos progenitores irradiados).

3.- La longitud de las alas : Se apreció una disminución de la longitud de las alas sobre todo en el lote C/D , pero hay que considerar que se trataban de alas curly .

- 4.- Presencia de peine sexual : Con respecto a este carácter , el cual solo se presenta en los machos en los tarsos de las patas delanteras , se vio que solo algunos no lo poseían aunque cabe aclarar que a veces fue imposible hacer la distinción de este órgano. Y si se encontraron tres hembras del lote C/D en las que se apreciaba cerdas en los tarsos que simulaban peine sexual.
- 5.- Simetría corporal : Se procuró apreciar este rasgo y fue sorprendente el poder distinguir animalitos F₁ con un lado de su abdomen picudo y el otro terminando en curva, estos insectos parecían hembras o machos y en su defecto de ambos tipos clasificándolos como anormales y que son evidentemente producto de mutaciones germinales . Este tipo de individuos se denominó Gimandromorfos, los cuales se presentaron en todos los lotes menos en el testigo , teniendo una tendencia más hacia los caracteres de los machos .
- 6.- Color y forma de los ojos: Aquí se puede decir que no hay efecto o mutación en el rasgo fenotípico de color de ojos sobre todo en la descendencia de hembras y machos irradiados en la que se esperaba este efecto.
- 7.- Vello: Se puede decir que en este rasgo se evaluó la abundancia de cerdas o ausencia de las mismas. Se apreció que aparecieron *Drosophilas* peludas en los lotes donde el padre y la madre fueron irradiados. Sin embargo la frecuencia de aparición es mínima.
- 8.- Número de patas: No se encontró ninguna malformación estructural en las patas de las F₁ .
- 9.- Viabilidad: La luz ultravioleta causó mutaciones, y además una disminución importante de la viabilidad de la progenie, sobre todo en moscas descendientes de hembras y machos irradiados. Por otro lado la viabilidad de huevos, larvas y pupas también se redujo y por lo tanto no terminaban su ciclo de vida.
- 10.- Forma de las alas: Dentro de los rasgos encontrados en la progenie F₁ , se apreció que aparecieron alas terminadas en forma curva, las que denominamos alas curly. En los lotes A/D, C/B y C/D se presentaron alas curly con la consideración de que la frecuencia de aparición de este rasgo fue mucho mayor en el último lote.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

9. BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Ashburner M., Wright; *The Genetics and Biology of Drosophila*; vol. I, vol. II, Academic Press, New York. 1980.
- 2.- Amblard P., Beani J. C., Reymond J. L., Didier B.; Photocarcinogénese; *Ann. Dermatol. Vénéreol.* : 114, 381-394. 1987.
- 3.- Bate, Martínez-Arias; The embrionic origin of imaginal discs in *Drosophila*; *Development*: 112, 755-761. 1991.
- 4.- Barahona E. Ana; *Genética y Evolución*; Laboratorio de Historia de la Biología y Evolución. Facultad de Ciencias, UNAM: 17-24. 1988
- 5.- Birr C., Fristom D., King D.; Ecdysone dependent proteolysis of an apical surface glycoprotein may play a role in imaginal disc morphogenesis in *Drosophila*; *Development*: 110, 239-248. 1990.
- 6.- Birchall N., Orlow S. J., Kopper T., Pawelek J.; Interactions between ultraviolet light and interleukin-1 on MSH binding in both mouse melanoma and human squamous carcinoma cells; *Biochem-Biophys. vol.* 175, No. 3. 1991.USA.
- 7.- Bohinski; *Bioquímica*; Addison - Wesley Iberoamericana; USA., 1991.
- 8.- Bruce Alberts, Dennis Bray, et. al.; *Biología molecular de la célula*; Ediciones Omega, S.A. Barcelona. 1987.
- 9.- Bueche Frederic J.; *Fundamentos de Física*; 5ta. edición, Mc Graw-Hill: 219-221.USA 1990.
- 10.- Campos-Ortega, Jiménez F.; *Bases de la neurogenesis en *Drosophila melanogaster**; Mundo Científico. 1987.
- 11.- Campos - Ortega - Haenlin; *Regulatory señales and signal molecules in early neurogenesis of *Drosophila melanogaster**; *Roux's Arch. Dev. Biol.* : 1-11, 201. 1992
- 12.- Cohen; *Specification of limb development in the *Drosophila* embryo by positional cues from segmentation genes*; *Nature*: 173-177, 343. 1990

- 13.- Demere, Kaufman; *Guía de Drosophila*; Instituto Nacional de Investigación Nuclear, México, 1976.
- 14.- *Diccionario enciclopédico ilustrado* ; DECA 90, Edición especial; Agruvel Ayuga S.A., España 1991.
- 15.- *Diccionario enciclopédico, Enciclopedia salvat Universal*, Tomo 14, 20, México 1988.
- 16.- Driever W., et. al.; Determination of spatial domains in zygotic gene expression in the *Drosophila* embryo by the affinity of binding sites for the bicoid morphogen, *Nature*: 340.1989.
- 17.- Douglas C. Giancoli; *Physics*; Prentice Hall, Englewood Cliffs, 579-580, 627-630., N.Y.1991.
- 18.- Escalante Reynoso Gabriela; *Variación fenotípica en *Drosophila melanogaster* variedad white al ser sometida a luz ultravioleta durante las fases de: cigoto, larva y pupa*. Tesis de Licenciatura; F.E.S.-C., UNAM, México, 1992.
- 19.- Farb P.; *Los insectos* ; Colección de la Naturaleza; Time life; 1980.
- 20.- Fechtel K., Fristom D.; *Prepupal differentiation in the *Drosophila* distinct cell types elaborate a shared structure, the pupal cuticle, but accumulate transcripts in unique patterns*; *Development*: 106, 649-656. 1989
- 21.- García Horacio; *Radiación y mutaciones (Destrucción visible y enemigo invisible)*; *Información Científica y Tecnológica.*, Vol 10 No. 143 : 29-31. México , 1988.
- 22.- García Vazquez, Rubio J.; *Canalization and Phenotypic variation caused by changes in the temperature of Development*; *Journal of Heredity*: 78,448-452. 1988.
- 23.- Gardner E.J.; *Principles of Genetics*; John Wiley and Sons Inc. ; USA. 1984.
- 24.- Grerald karp; *Biología Celular* ; Mc Graw-Hill, 2da edición ; México, 1987.
- 25.- Gribbin J.; *En busca de la doble hélice: La evolución de la Biología Molecular* ; *Biblioteca Científica Salvat*; España 1985
- 26.- Grob J.J., Bonerandi J.J.; *Nouveau soleil, nouvelle dermatologie* *Ann. Dermatol. Vénéreol.*: 118,925-929, 1987.

- 41.- Milner M.J.; The eversion an differentiation of *Drosophila melanogaster* leg and wing imaginal discs cultured in vitro with an optimal concentration of beta ecdisone.; J. Embryol exp. Morph.: 105-117. 1977.
- 42.- Molina Mario J.; F.S. Rowland; Química del Ozono; Soc. Chem. 1995.
- 43.- Molina M.R.F. , Rodriguez Amaiz R. ; Inducción de daño genético en *Drosophila melanogaster* por dicromato de potasio. UNAM, México, 1985.
- 44.- Moses, Ellis, Rubin; The glass gene encodes a zinc finger protein required by *Drosophila* photoreceptor cells.; Nature: 340, 531-536. 1989.
- 45.- Murray K., Granner D.K. ; Bioquímica de Harper; El manual moderno; México, 1988.
- 46.- Nabor F.P.; Mecanismos moleculares de las mutaciones; Tesis de Licenciatura; FES-C UNAM, México, 1988.
- 47.- Nason; Biología; LIMUSA; México, 1985.
- 48.- Nothinger R., Jongles M., et al.; Sex determination in the germline of *Drosophila* depends on genetic signals and inductive somatic factors.; Development: 107, 505-518. 1989.
- 49.- O'-Donovan A., Wood R.D.; Identical defects in DNA repair in xeroderma pigmentosum group G and rodent ERCC group 5 ; Naturel Cancer Res. , Vol 363: 185-188. 1993.
- 50.- Revuelta M., Barrón G.; Manual de Laboratorio de Genética para Médico Veterinario Zootecnista ; FES-Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, 1990.
- 51.- Rivas J.M., Ullrich S.E.; Systemic supression of delayed- type hypersensitivity by supernatants from UV-irradiated keratinocytes. An essential role for keratinocyte- derived IL-10.; J-Immunol.: 3865-3871. 1992. United States.
- 52.- Rothwell N.V.; Understanding Genetics; Oxford University Press; Oxford, 1988.
- 53.- Salceda, Ahvisa; Genética de *Drosophila*, técnicas de laboratorio; LIMUSA, S.A.; México 1984.
- 54.- S.R.B. Adrian M.; Genética General; Ediciones Omega S.A. ; 3era edición : 54-55,89,141,241,303-310. España. 1974.
- 55.- Sterenborg H.J.C.M., Van Der Leun J.C.; Tumorigenesis by a long wavelengh UVA source Photochem. Photobiol.: 51, 325-330. 1990.

- 58.- Steinman-Zwicky, et al.; Genetic control of sex determination in *Drosophila*; Adv. Genetics; 27, 189-207, 1990.
- 59.- Szabad J., Bryout P.J.; The mode action of "discless" mutations in *Drosophila melanogaster*; Devl. Biol. : 93, 240-256. 1982.
- 60.- The New encyclopaedia Británica (Macropaedia Knowledge in Depth), San Francisco in Depth, Educación y evolución; 15 ava. edición. vol. 15, 18. 1993.
- 61.- Thompson V.; Half-Chromosome viability and synthetic lethality in *Drosophila melanogaster*; The Journal of Heredity; 77, 385-388. 1986.
- 62.- Walter G. ; The Molecular Basis of development. ; Scientific American, 1980.
- 63.- Watson Hopkins, Roberts S. ; Molecular Biology of the Gene; Benjamin Cummings Menlo Park , California , vol. 1 1987.
- 64.- Winchester A.M.; Genética un estudio de los principios de la herencia ; Compañía Continental S.A. México 1978.
- 65.- William D. Stansfield; Teoría y Problemas de la Genética. ; Serie de compendios Shaum, Mc Graw-Hill; México, 1981.
- 66.- Woodward and Woodward; Concepts of Molecular Genetics. ; Mc Graw-Hill Book Company U.S.A. N.Y. 1977.
- 67.- Yarosh D. B. , et al. ; The biological interaction of cis- and trans- urocanic acid and DNA. ; Photomed. : 121 - 126. Denmark 1992.
- 68.- Yoshikawa T. , Streilein J. W. ; Genetic basic of the effects of ultraviolet light B on cutaneous immunity. Evidence that polymorphissm at the Tnfa and Lps loci governs. ; Immunogenetics. vol. 32: 398-405. 1990.
- 69.- Zusman, Patel-King, et. al. ; Requeriments for integrins durig *Drosophila* development; Development : 108, 391-402 . 1990