

## Análisis de genes normales y deletéreos con respecto a la fecundidad en poblaciones naturales de *Drosophila melanogaster*

### Analysis of normal and deleted genes with respect to fecundity in natural populations of *Drosophila melanogaster*

Víctor M. Salceda\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. Departamento de Biología, Carretera México Toluca s/n, La Marquesa, Ocoyoacac, México, 52750

\*Autor de correspondencia: victor.salceda@inin.gob.mx

DOI: 10.26807/remcb.v43i1.957

Recibido: 27-02-2023

Aceptado: 26-04-2023

Publicado: 27-05-2023

Como citar este artículo: Salceda V. 2023. Análisis de genes normales y deletéreos con respecto a la fecundidad en poblaciones naturales de *Drosophila melanogaster*. Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas 44(1): 11-17. doi: 10.26807/remcb.v43i1.957

**Resumen.-** Se estudió el efecto de genes normales y deletéreos sobre la fecundidad en seis poblaciones naturales de *Drosophila melanogaster*; mediante la técnica CyL/Pm, ampliamente usada en *Drosophila* en análisis similares, dependiendo de la población el número de genes normales, deletéreos y letales varió en cada población y a ellos nos referimos en esta ocasión. Los cromosomas se agruparon en libres y portadores de genes letales y/o deletéreos, estas agrupaciones son la base de las comparaciones hechas mediante la prueba "t" de Student. Para ello se obtuvo la fecundidad promedio de cada población y a partir de este se constituyeron categorías de fecundidad. Cada cromosoma fue adscrito a una de ellas obteniéndose así las frecuencias relativas para cada categoría. En todos los casos en que se compararon cromosomas portadores de genes letales o libres de ellos, las diferencias favorecieron a los libres de letales.

**Palabras clave:** *Drosophila*, genes letales, fecundidad.

**Summary.-**The effect of normal and deleterious genes on fertility in six natural populations of *Drosophila melanogaster* was studied; using the CyL / Pm technique, widely used in *Drosophila* in similar analyzes, depending on the population the number of normal, deleterious and lethal genes varied in each population and we referred to them this time. Chromosomes were grouped into free and carriers of lethal and / or deleterious genes, these clusters are the basis of comparisons made by Student's "t" test. For this, the average fertility of each population was obtained and from this, fertility categories were constituted. Each chromosome was assigned to one of them thus obtaining the relative frequencies for each category. In all cases in which chromosomes carrying or not lethal genes were compared, the differences in all cases favored those free of lethal genes.

**Keywords:** *Drosophila*, lethal genes, fertility

#### Introducción

Algunos postulados básicos de la genética de poblaciones son aparentemente evidentes por sí mismos al grado de ser en general aceptados con un mínimo soporte experimental, sobresale a este respecto el considerar el efecto desfavorable sobre la fecundidad de infinidad de mutaciones, ya que un alto porcentaje de los genetistas asumen que la mayoría de las mutaciones son perjudiciales para sus portadores, éste supuesto se apoya principalmente en observaciones realizadas en cepas de varios organismos experimentales portadores de diferentes mutaciones y considerando que los individuos normales son el producto de una larga y continua selección natural. Se sabe que las mutaciones son los cambios producidos en un gen ya sea en forma espontánea o bien por inducción con diferentes agentes tanto químicos como físicos.

Considerable atención se ha puesto a los mecanismos involucrados en el mantenimiento de la variabilidad genética presente en poblaciones con apareamiento al azar y se ha sugerido

teóricamente que la interacción de genes o cromosomas puede ser significativa en la conservación de la variabilidad genética de las poblaciones.

Con miras a esclarecer parcialmente el mecanismo que permita mantener la variabilidad genética en poblaciones naturales, varios investigadores han estudiado los efectos de las mutaciones sobre la fecundidad de los individuos portadores de esos genes o cromosomas tanto en condición homocigota como heterocigota., Band (1963 y 1964), Band e Ives (1963), da Cunha (1968) y Carson (1969). En ésta ocasión se presentan los resultados del fraccionamiento de la fecundidad en seis poblaciones naturales de *Drosophila melanogaster*, en un intento para determinar la relativa distribución de diferentes clases de genes y de cómo afectan dicha fecundidad. Como meta nos propusimos realizar comparaciones para determinar tanto en condición homocigota como heterocigota, similarmente a los estudios de Kitagawa (1967), Sánchez et al. (1974), Mitchel (1977), Simmons et al. (1978); Fowler et al. (1997), Petit y Nouaud (1984), Yamazaki (1984) y Gardner et al. (2005).

### **Materiales y Métodos**

Previamente, el autor, determinó la carga genética en el segundo cromosoma de seis poblaciones de *Drosophila melanogaster*, a saber: Coyoacán "A", Coyoacán "B", Colonia del Valle, Mixcoac, Tuxtla Gutiérrez y Nopalera, acerca de las cuales ahora nos referimos para determinar sus valores de fecundidad afectada por diferencias entre genes normales y diferentes categorías de deletéreos, basándose para ello en la técnica CyL/Pm empleada por Wallace y Madden (1953). Todos los cultivos se mantuvieron en alimento de uso normal en el laboratorio a harina de maíz, azúcar, levadura de cerveza y agar, además de ácido propiónico y Tegosept al 12.5% de alcohol como fungicida y bactericida y en condiciones de temperatura constante de 25+ 1 o C y humedad relativa de 60%.

A partir de los conteos para definir si un cromosoma extraído de la población es portador de un gen normal o deletéreo se obtiene el número total de descendientes lo que corresponde a su fecundidad y de ella se calcula a qué categoría pertenece y se procede a determinar las frecuencias de cada categoría por población. Con los datos así obtenidos se construyeron las diferentes tablas para facilitar el análisis estadístico mediante la prueba de "t" de Students. Una vez obtenidos los valores promedio y en base a una jerarquización de las fecundidades individuales con respecto al promedio de la población, y estamos en posibilidad de obtener una tabla de distribución de frecuencias para las diferentes categorías de fecundidad, estas categorías están representadas en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Criterios para determinar las diferentes categorías de fecundidad.

<b>% de descendientes</b>	<b>Categoría</b>
0-14	Letal
15-29	Semiletal
30-49	Subvital
50-69	Subnormal
70-85	Quasinormal
86-114	Normal
115 ó más	Supernormal

### **Resultados**

El estudio comprende el análisis de alrededor de 400,000 individuos repartidos en 1162 segundos cromosomas extraídos de las diferentes poblaciones y que corresponden respectivamente 191 a la población Coyoacán "A", en la que se detectó 29.32% de genes letales y/o semiletales; población Coyoacán "B" 186 cromosomas y un porcentaje de 24.73 de deletéreos; población Colonia del Valle 156 cromosomas y 34.61% de letales y/o semiletales; en la población de Mixcoac se analizaron 186 cromosomas y su correspondiente porcentaje de genes letales y/o semiletales de 24.73; para la población de Tuxtla Gutiérrez los valores fueron respectivamente de 201 cromosomas analizados y 8.45% de deletéreos y finalmente la población Nopalera con 242 cromosomas analizados de los

cuales el 24.38% fueron deletéreos. En cuanto a las diferencias en fecundidad entre las diferentes poblaciones y refiriéndonos exclusivamente a cromosomas libres de letales podemos señalar que las fecundidades promedio varían de 271.43 para la población de Colonia del Valle a 474.46 en la de Mixcoac y las restantes con valores intermedios, como se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Comparación de fertilidad entre cromosomas portadores de genes normales en seis poblaciones naturales de *Drosophila melanogaster*.

Población	No. de Cromosomas	Promedio de descendientes
Coyoacán "A"	135	356.18
Col. del Valle	102	271.43
Mixcoac	140	474.46
Tuxtla Gutiérrez	184	376.91
Coyoacán "B"	140	472.45
Nopalera	183	340.71

Comparaciones pareadas para los valores anteriores fueron las siguientes: Coyoacán "A" vs. Colonia del Valle 131.72 con un valor de "T" de 4.9, Coyoacán "A" vs. Mixcoac 201.54 y "T" de -4.86, Coyoacán "A" vs. Tuxtla Gutiérrez 161.89 y su "T" de -1.13, Coyoacán "A" vs. Coyoacán "B" 201.25 y "T" de -4.75, Coyoacán "A" vs. Nopalera 150.23 y "T" de 0.98, Colonia del Valle vs. Mixcoac 191.46 y "T" de -8.14, Colonia del Valle vs. Tuxtla Gutiérrez 145.55 y "T" de -5.87, Colonia del Valle vs. Coyoacán "B" 191.1 y "T" de -8.08, Colonia del Valle vs. Nopalera 130.98 y "T" de -4.28, Mixcoac vs. Tuxtla Gutiérrez 201.14 y "T" de 4.32, Mixcoac vs. Coyoacán "B" 238.22 y "T" de 0.07, Mixcoac vs. Nopalera 192.15 y "T" de 6.99, Tuxtla Gutiérrez vs. Coyoacán "B" 200.89 y "T" de -4.24, Tuxtla Gutiérrez vs. Nopalera 156.64 y "T" de 2.2, y finalmente Coyoacán "B" vs. Nopalera 191.89 y "T" de 6.11.

Similar análisis se hizo para los cromosomas portadores de genes letales, los que presentaron los valores de fecundidad que se muestran en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Comparación de fertilidad entre cromosomas portadores de genes letales en seis poblaciones naturales de *Drosophila melanogaster*.

Población	No. de Cromosomas	Promedio de descendientes
Coyoacán "A"	56	255.55
Col. del Valle	54	183.46
Mixcoac	46	353.26
Tuxtla Gutiérrez	17	257.29
Coyoacán "B"	46	347.21
Nopalera	59	252.54

En estas poblaciones las comparaciones pareadas nos dieron los valores siguientes: ROSY

El primer paso consistió en determinar si los cromosomas libres de letales están mejor adaptados que los cromosomas portadores de letales, lo cual se determina en términos del número de descendientes lo cual se representa en las diferentes tablas II y que muestran asimismo las comparaciones dentro de las poblaciones.

De forma similar se condujeron comparaciones entre las diferentes poblaciones y las diferencias se muestran en las Tabla 3.

El otro aspecto considerado en nuestro análisis es el fraccionamiento de la fertilidad en diferentes categorías de acuerdo al monto de descendientes por cada cromosoma aislado para así de ésta forma determinar las frecuencias de genes en cada una de las categorías según la metodología empleada por Wallace y Madden (1953), éstas clases o categorías se distribuyen según la Tabla 1.

### Discusión

El análisis de los datos presentados en las Tablas 2 y 3 nos muestran que en las tres comparaciones la población testigo presenta una mejor adaptabilidad en contraste con las poblaciones irradiadas cuando la comparación se refiere a los cromosomas libres de letales Tabla 3 y lo mismo sucede en las comparaciones referentes a cromosomas portadores de genes letales como puede ser observado en la Tabla 4.

Ahora bien, al analizar la Tabla 2 en la cual se comparan los cromosomas normales contra los letales se observa en todos los casos una mejor adaptabilidad de los cromosomas portadores de genes normales contra los portadores de genes letales independientemente de que hayan sido producto o no de la radiación. Lo anterior es controversial pues Wallace (1956 y 1958) observó que tanto cromosomas portadores y no portadores de genes letales cuando provienen de poblaciones irradiadas presentan mejor adaptabilidad. Sin embargo, los estudios de Falk y Ben.Zeev (1966) y Salceda (1985) muestran que las poblaciones irradiadas presentan una disminución en los valores de adaptabilidad en los casos por ellos analizados. Por su parte Mukai *et al.* (1966) encontraron sólo una ligera diferencia favoreciendo a los cromosomas provenientes de poblaciones sujetas a radiación, en estas referencias todos los estudios se refieren a resultados provenientes de experimentos realizados con la misma técnica empleada por nosotros, la Cyl/Pm ya descrita, lo que permite las comparaciones.

Otros estudios como el de Ayala (1967) muestran que la radiación favorece, al menos en las primeras generaciones, una mejor adaptación en éste caso medida por el número de descendientes, lo que no se presenta en nuestro caso, una posible diferencia sería que el empleó otra metodología utilizando mediciones de índole demográfico además de emplear otras especies a saber *D. serrata* y *D. birchii*.

**Tabla 4.** Frecuencias relativas en porcentaje de diferentes categorías de fecundidad para genes normales en seis poblaciones naturales de *Drosophila melanogaster*.

Población	Semiletal	Subvital	Subnormal	Quasinormal	Normal	Supernormal
Coyoacán "A"	----	19.64	8.92	16.07	16.07	39.28
Col. del Valle	----	3.70	18.51	20.34	25.92	31.48
Mixcoac	4.34	13.04	15.21	8.69	19.56	39.13
Tuxtla Gutiérrez	----	17.64	23.52	5.88	5.88	47.05
Coyoacán "B"	4.34	13.04	13.04	8.69	17.39	43.47
Nopalera	----	11.85	22.04	8.47	20.34	37.28

Los resultados presentados en la Tabla 5 se refieren al fraccionamiento de las fecundidades promedio en diferentes categorías indicadas en la Tabla 1 y que están en concordancia con la Tabla 3 y que muestran las frecuencias relativas de cada tipo de cromosoma según su fecundidad y ésta comparada con la fecundidad promedio de la correspondiente población, la parte superior de la Tabla 5 se refiere a las frecuencias de las diferentes categorías para cromosomas normales (libres de genes letales) y la parte inferior de dicha tabla se refiere a los cromosomas portadores de genes letales.

**Tabla 5.** Frecuencias relativas en porcentaje de diferentes categorías de fecundidad para genes letales en seis poblaciones naturales de *Drosophila melanogaster*.

Población	Semiletal	Subvital	Subnormal	Quasinormal	Normal	Supernormal
Coyoacán "A"	4.44	9.63	14.07	7.07	32.59	31.85
Col. del Valle	----	7.54	11.32	16.98	32.07	32.07
Mixcoac	8.57	11.42	11.42	7.85	20.00	40.71
Tuxtla Gutiérrez	2.71	10.32	11.95	17.93	23.91	33.15
Coyoacán "B")	8.58	11.42	12.14	7.14	20.00	40.71
Nopalera	4.37	9.28	12.02	10.38	29.50	34.42

En el caso de los cromosomas normales y al comparar la población testigo contra las irradiadas, se nota que en general las frecuencias para las diferentes categorías son muy similares entre sí sobretodo en la categoría supernormales; con relación a las otras cinco categorías al comparar cada población irradiada contra la testigo no es posible observar un comportamiento definido, igual comportamiento lo presentan los cromosomas portadores de genes letales. Esta variabilidad de respuesta sólo la podemos adscribir a efectos menores en diferentes genes que actúan pleiotrópicamente y que debido al azar confieren una mayor o menor respuesta adaptativa a sus portadores.

Por lo anterior podemos concluir que las comparaciones dentro de las poblaciones, con respecto a ser portadores o no de genes letales, que en ellas las diferencias resultan significativas favoreciendo a los cromosomas libres de genes letales, como se observa en la Tabla 2.

Las comparaciones entre poblaciones, Tablas 3 y 4, indican que la población "C" es la menos adaptada y que tanto en esta población como en las poblaciones "B" y "D" las diferencias encontradas son atribuibles a efectos pleiotrópicos y que las poblaciones en el momento en que se hizo el estudio, pese al periodo de relajación, aún no alcanzan el equilibrio.

Cuando se presta atención a las frecuencias relativas de las diferentes categorías de fecundidad, Tabla 5, se observan en todos los casos desviaciones con relación a la población testigo, así, cuando se comparan los cromosomas libres de genes letales, parte superior de la tabla, existen diferencias entre los denominados supernormales; para la categoría normales las frecuencias en las poblaciones "B" y "D" son menores; para los quasinormales existe un exceso en las poblaciones "B" y "C"; para los subnormales tanto en la población "B" como en la "D" las frecuencias son mayores; en la categoría subvital es parece existir un gradiente que se pudiera considerar debido a la razón de dosis.

Al referirnos a los cromosomas portadores de genes letales en las tres poblaciones irradiadas se observan diferencias en cuanto a las frecuencias de genes supernormales; para los normales la población "D" es muy diferente presentando una alta frecuencia, similar respuesta existe para los quasinormales en tanto que para los subnormales las tres poblaciones muestran frecuencias altas; para los subvital es la población "D" es diferente con una baja frecuencia de éste tipo de cromosomas y la "B" presenta alta frecuencia.

Consideramos que todas estas diferencias son debidas a ajustes internos e independientes dentro de cada población experimental analizada, las que tienden a alcanzar un equilibrio con respecto a la población testigo o ancestral, pero que para ello requieren un mayor o menor tiempo de readaptación y que éste tiempo de reajuste depende de las diferentes interacciones entre las diferentes mutaciones todas ellas de índole pleiotrópico y que requieren pasar por un proceso de ajuste y selección.

Siendo la fecundidad uno de los componentes genéticos e mayor importancia que se presentan en las poblaciones, diversos investigadores se han interesado en analizar este parámetro todo ello bajo diferentes puntos de vista y por tanto del aquí presentado, en esos casos los autores han puesto interés en factores internos como son cepas de diferente origen, variantes genéticas diversas por mencionar algunas y factores externos como lo son agentes químicos tales como Adh, etanol o bien agentes físicos como la radiación, algunos de estos estudios se ejemplifican a continuación.

Sgro y Partridge (2000) en poblaciones naturales de *D. subobscura* llevadas al laboratorio observaron que la fecundidad al inici de su mantenimiento en el laboratorio es alta disminuyendo al cabo del transcurso de las generaciones en laboratorio; Gardner y colaboradores (2001) observaron la variación del pre-adulto con respecto a la viabilidad; Bokor y Pecsente (2004) detectaron diferencias en la fecundidad y viabilidad de *D. melanogaster* cuando las cepas fueron tratadas con etanol y Adh; Leips y colaboradores (2006) determinaron el efecto diferentes rasgos cuantitativos con efecto etario específico sobre la fecundidad de *D. melanogaster*; Sanic-Vesilinic y colaboradores (2013) observaron que la selección sexual puede reducir la carga

mutacional dependiente de la fecundidad en *D. subobscura*; lo anterior refleja el interés por indagar factores que alteran la fecundidad

#### Referencias bibliográficas

Ayala, F. 1967. Evolution on fitness. III. Improvement of fitness in irradiated populations of *Drosophila serrata*. *Proceedings National Academy of Sciences, United States of America* 58: 1919-1923.

Band, H.T. 1963. Genetic structure of populations. II. Viabilities and variances of heterozygotes in constant and fluctuating environments. *Evolution* 17: 307-319.

Band, H.T. 1964. Genetic structure of populations. III. Natural selection and concealed variability in natural populations of *Drosophila melanogaster*. *Evolution* 18: 384-404.

Band, H.T. and Ives, P.T. 1963. Genetic structure of populations. I. On the nature of the genetic load in South Amherst population of *Drosophila melanogaster*. *Evolution* 17: 198-215.

Bokor, K. and Pecszenje, K. 2004. Differences in the effect of ethanol on fertility and viability components among laboratory strains of *Drosophila melanogaster*. *Hereditas* 132(3):215-227.

Carson, H.L. 1969. Maintenance of lethal and detrimental genes in natural populations. *Japanese Journal of Genetics* 44 (suppl. 1): 225-227.

Da Cunha, A.B. 1968. Maintenance of lethal and detrimental genes in natural populations. *Proceedings of the XII International Congress of Genetics* 2: 162-163.

Falk, R. 1967. Fitness of heterozygotes in *Drosophila*. *Mutation Research*. 4: 805- 819.

Falk, R. and Ben-Zeev, N. 1966. Viability of heterozygotes for induced mutations in *Drosophila melanogaster*. II. Mean effects in irradiated autosomes. *Genetics* 53: 65-77.

Fowler, K, C. Semple, N.H. Barton and L.P. Partridge. 1997. Genetic variation for total fitness in *Drosophila melanogaster*. *Proceedings Biological Sciences* 264: 191-199.

Gardner, M.P., Fowler, K., Barton, N.H and Partridge, L.P. 2005. Genetic variation for total fitness in *Drosophila melanogaster*. *Genetics* 169: 1553-1571.

Gardner, M.P., Fowler, K., Partridge, L.P. and Barton, N.H. 2001. Genetic variation for preadult viability in *Drosophila melanogaster*. *Evolution* 55(8): 1609-1620.

Kitagawa, O. 1967. Interaction in fitness between lethal genes in heterozygous condition in *Drosophila melanogaster*. *Genetics* 57: 809-820.

Leips, J., P. Gilligan and Mackay, T.F.C. 2006. Quantitative trait loci with age-specific effects on fecundity in *Drosophila melanogaster*. *Genetics* 172: 1595-1605.

Mukai, T., Yoshikawa, I. and Saito, K. 1966. The genetic structure of natural populations of *Drosophila melanogaster*. IV. Heterozygous effects of radiation-induced mutations on viability in various genetic backgrounds. *Genetics* 53: 513-527.

Petit, C. and Nouaud, D. 1984. The maintenance of the lethal gene curly in experimental populations of *Drosophila melanogaster*. *Heredity* 53: 260-281.

Salceda, V. M. 1967. Recessive lethals in second chromosomes of *Drosophila melanogaster*, with radiation stories. *Genetics* 57: 691-699.

Salceda, V.M. 1985. Viability effect of lethal and non-lethal II chromosomes of irradiated *Drosophila melanogaster* populations. *Archives. Biologist. Nauka, Beograd* 37 (1-4): 27-32.

- Sánchez, P.J.L., Salceda, V.M. y Molina, J. 1974. Efecto de genes letales recesivos en posición trans en el cromosoma II de *Drosophila melanogaster* (Meigen) sobre algunos componentes de valor adaptativo. *Agrociencia* 16: 75-82.
- Sankaranarayanan, K. 1966. Some components of genetic load in irradiated experimental populations of *Drosophila melanogaster*. *Genetics* 54: 121-139.
- Savic-Vesilincevic, M., Pavkovic-Lucic, S., Kerbalijc-Novacic, Z., Jelic, M. and Andelkovic, M. 2013. Sexual selection can reduce mutational load in *Drosophila subobscura*. *Genetika* 45(2): 537-552.
- Sgro, C.M. and Partridge, L. 2000. Evolutionary responses of the life history of wild-caught *Drosophila melanogaster* to two standard methods of laboratory culture. *American Naturalist* 156(4): 341-353.
- Simmons, M.J., Sheldom, E.W. and Crow, J.F. 1978. Heterozygous effects of fitness of EMS treated chromosomes in *Drosophila melanogaster*. *Genetics* 88: 575-590.
- Wallace B. 1956. Studies on irradiated populations of *Drosophila melanogaster*. *Journal of Genetics* 54:280-293.
- Wallace B. 1958. The average effect of radiation induced mutations on viability in *Drosophila melanogaster*. *Evolution* 12: 532-552.
- Wallace, B. and Madden C. 1953. The frequency of sub an supervitals in experimental populations of *Drosophila melanogaster*. *Genetics* 38: 456-470.
- Yamazaki, T. 1984. Measurement of fitness and its components in six laboratory strains of *Drosophila melanogaster*. *Genetics* 108: 201-211.