

UN MODELO MATEMÁTICO PARA EL COMPORTAMIENTO DE LA RADIOSENSIBILIDAD MEDIDA CON LA VIABILIDAD HUEVO-ADULTO DE *Drosophila melanogaster* Y *D. simulans* DE LAGUNA VERDE, VERACRUZ. Castillo Méndez, J. A. y Pimentel Peñaloza A. E.; Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares; Km. 36.5 autopista México-Toluca, Ocoyacac Estado de México



MX0100086

Introducción

Se presentan los resultados para definir el comportamiento de la viabilidad huevo-adulto (VHA) de dos especies, *Drosophila melanogaster* y *D. simulans*, obtenidos con el modelo matemático propuesto, así como las curvas respectivas.

Los datos son el resultado de la VHA de ambas especies provenientes de las inmediaciones de la Central Nucleoeléctrica de Laguna Verde (CNLV), abarcan un período de 10 años de colectas a partir de 1987 hasta 1997. Cada colecta incluye cuatro series de datos que son el resultado de la VHA obtenida después del tratamiento con 0, 4, 6 y 8 Gy de rayos gamma.

Antecedentes

En 1986 se iniciaron, durante la etapa de construcción, los muestreos de las dos especies mencionadas, en dos sitios estratégicamente seleccionados (I y II), con la idea de obtener datos previos a la operación de los reactores, que contribuyan al conocimiento de los efectos biológicos a largo plazo que pudiera tener un ambiente alterado sobre las poblaciones naturales de *Drosophila*.

Se revisaron 5 modelos diferentes, para los grupos irradiados. El modelo elegido es de tipo logístico, con cuatro parámetros involucrados, donde t representa el tiempo, dado en años y a , b , c y d son los parámetros a determinar.

$$f(t) = \frac{1}{a + bc^t} \operatorname{Sen}\left(\frac{d}{t}\right)$$

Para decidir el modelo en el caso de los grupos irradiados, se eligieron los datos del sitio II, debido a que no se encontraron diferencias entre ambos y a que en éste se hicieron un mayor número de observaciones (20 en total), desde la etapa de construcción de la planta. Para la estimación de parámetros se empleó el método de Levenberg-Marquart.

Resultados

La tabla 1 contiene los valores de los parámetros de cada uno de los grupos irradiados, correspondientes a los sitios I y II. Las Figuras 1 y 2 muestran las curvas obtenidas con el modelo seleccionado.

Sitio, especie ¹	Gy	a	b	c	d
I, (1)	8	0.28×10^{-22}	0.12×10^{-29}	0.27	0.36×10^{-21}
I, (2)	8	0.29×10^{-28}	0.97×10^{19}	0.30	0.30×10^{-27}
II, (1)	4	0.78×10^{-16}	0.52×10^{64}	0.12	0.2×10^{-14}
II, (2)	4	0.76×10^{-60}	0.33×10^{68}	0.03	0.2×10^{-58}
II, (1)	6	0.024	0.11×10^{68}	0.16	0.46
II, (2)	6	0.04	0.13×10^{29}	0.46	0.72
II, (1)	8	0.021	0.24×10^{25}	0.51	0.26
II, (2)	8	0.038	0.88×10^{15}	0.65	0.41

Tabla 1. Estimación de parámetros para las curvas de los sitios I y II.

¹ La especie (1) se refiere a *D. melanogaster* y la especie (2) a *D. simulans*.

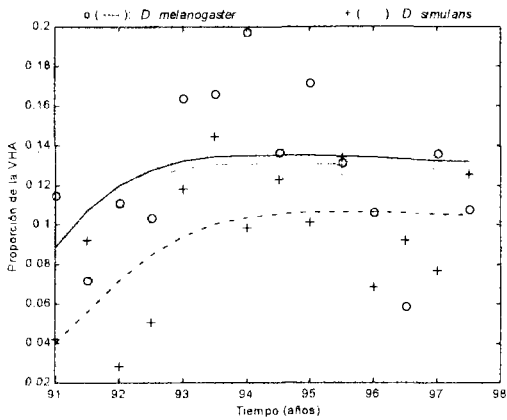


Figura 1. Curva de la VHA de ambas especies del sitio I con tratamiento de 8 Gy.

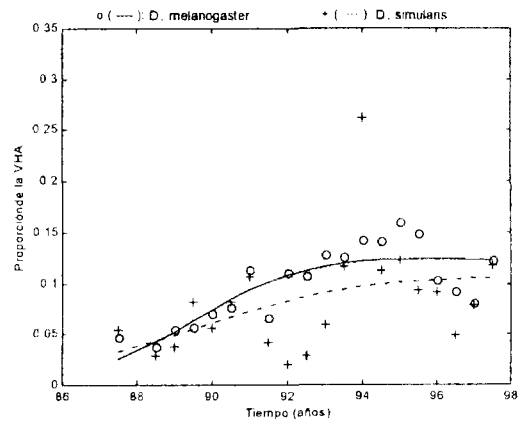
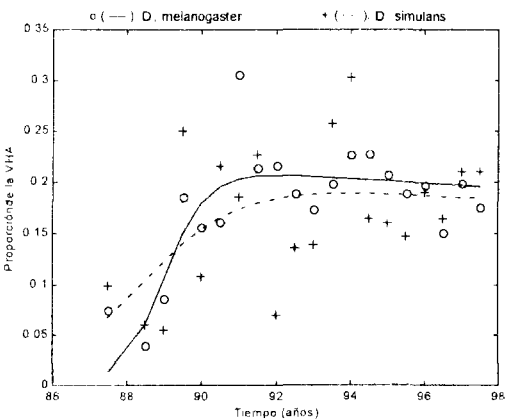
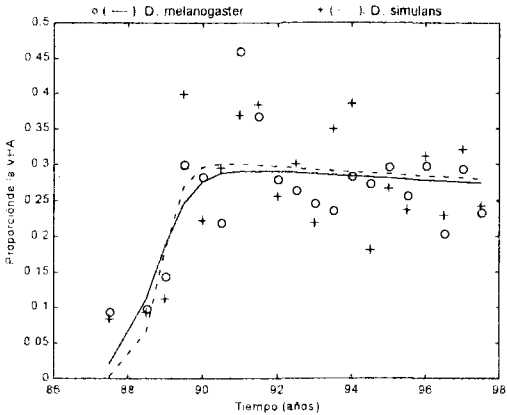


Figura 2. Curvas de la VHA de ambas especies del sitio II después de los tratamientos con: a) 4, b) 6 y c) 8 Gy.



Para verificar la bondad del ajuste, se obtuvo el coeficiente de correlación y los residuales, la desviación estándar y varianza de los mismos (Tabla 2). Teniendo los residuales, se obtuvo la media de los mismos y con la desviación estándar respectiva se construyeron intervalos de $\pm 2\sigma$, posteriormente se graficaron los residuales para observar tanto el comportamiento de los mismos, como el que la mayoría de ellos estuvieran contenidos en el intervalo construido.

Sitio, especie	Dosis (Gy)	ρ^2	varianza	σ^3
I, (1)	8	0.3753	0.0012	0.0345
I, (2)	8	0.5828	7.7514×10^{-4}	0.0278
II, (1)	4	0.7324	0.0031	0.0561
II, (2)	4	0.7156	0.0044	0.0662
II, (1)	6	0.8094	0.0012	0.0343
II, (2)	6	0.4833	0.0034	0.0581
II, (1)	8	0.8201	4.1601×10^{-4}	0.0204
II, (2)	8	0.4134	0.0023	0.0475

Tabla 2. Parámetros estadísticos de las curvas de los sitios I y II.

² Coeficiente de correlación.

³ Desviación estándar.

Es importante señalar que debido a que los grupos irradiados del sitio II muestran un comportamiento lineal ascendente durante los primeros años de estudio, se propuso ajustar un polinomio de grado uno en dichos puntos. Para realizar lo anterior, se tomaron en cuenta los primeros 8 datos para los grupos irradiados con 4 y 6 Gy respectivamente y para el caso de tratamiento con 8 Gy, se consideraron 15 datos. Adicionalmente se obtuvo el promedio del incremento anual para cada grupo.

Método de Levenberg-Marquardt

El método para resolver el ajuste por mínimos cuadrados no lineales fue el de Levenberg-Marquardt. Existen diferentes versiones de códigos que lo emplean, en este trabajo se empleó una modificación del método incluida en el paquete MINPACK en la que no es necesario proporcionar la matriz Jacobiano en forma explícita, debido a que se hace una aproximación con diferencias divididas hacia adelante, empleando para ello la rutina FDJAC.

Conclusiones

Se observó un comportamiento estrictamente creciente en las primeras colectas; el grado de incremento dependió de la dosis que recibieron los grupos, de tal manera que a mayor radiación el periodo de incremento es mayor. En el ajuste lineal realizado del sitio II, se observó un incremento de la viabilidad inversamente proporcional a la radiación aplicada.

El modelo refleja el fenómeno adecuadamente, lo que fue confirmado con los valores de la norma de los residuales, más aún, que la mayoría de ellos se encuentran contenidos en los intervalos construidos y gráficamente su comportamiento es aleatorio.

Bibliografía

Sankaranarayanan, K. (1965). Further data on the genetic loads in irradiated populations of *Drosophila melanogaster*. *Genetics* 52: 153-164.

Ayala, F. J. (1966). Evolution of fitness I. Improvement in the productivity and size of irradiated populations of *Drosophila serrata* and *D. birchii*. *Genetics* 53: 883-895.

Pimentel, E. et al. (1999). Viability Studies on Natural Populations of *Drosophila* Sidling Species from Laguna Verde, Veracruz. Informe Técnico Científico CB-022/99: 23.

Levine, et. al. (1992). Effects of Nuclear Plant Operations on Surrounding Natural Populations. Chernobyl Ecological Science Network (CESM) Task Force Meeting.

Moré, J. J. (1970). The Levenberg-Marquardt algorithm. Implementation and Theory. Numerical Analysis-Proceedings Dundee. Lectures notes in mathematics, vol 630, Springer-Verlag.

Barrera, P. y Olvera E. (1993). Cuadrados mínimos no lineales. Desarrollos recientes, I. Universidad Autónoma del Estado de México: 27-42.

Dennis, J. E. and Schnabel R. B. (1978) Numerical Methods for Unconstrained Optimization and Nonlinear Equations. Prentice hall: 218-233.

Steel, R. G. and Torrie J. H. (1980). Principles and procedures of statistics, a biometrical approach. McGraw Hill: 311-333.