



Todos los artículos publicados en esta sección de La Unión de Morelos han sido revisados y aprobados por el comité editorial de la Academia de Ciencias de Morelos, A.C., cuyos integrantes son: Dr. Enrique Galindo Fentanes (Coordinador), Dr. Edmundo Calva, Dr. Hernán Larralde, Dr. Sergio Cuevas y Dr. Gabriel Iturriaga
¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTACTANOS: edacmor@ibt.unam.mx

Cómo modelar una epidemia: el caso de la influenza

Marco V. José

Miembro Fundador de la Academia de Ciencias de Morelos
Instituto de Investigaciones Biomédicas, UNAM
Director del Centro Internacional de Ciencias, Cuernavaca, Morelos

Un poco de historia de los modelos epidemiológicos

El 20 de Abril de 1760 (antes de la primera vacuna en contra de la viruela elaborada en 1776 por Edward Jenner) el matemático suizo Daniel Bernoulli presentó en la Academia Real de Ciencias de París un análisis matemático acerca de los riesgos y beneficios de la vacunación de la viruela mediante la "variación", que es la exposición de una persona sana a un inóculo de infección de una persona infectada lo cual producía una benigna enfermedad en el sujeto sano que al recuperarse adquiría inmunidad a la viruela por el resto de su vida. El primer registro escrito de la "variación" es de alrededor de

1000 AD. En la discusión de su trabajo Bernoulli formuló y resolvió las ecuaciones diferenciales relevantes y evaluó los resultados en términos de medidas de control. Así, la epidemiología matemática nació como una ciencia cuantitativa a partir de un problema real de salud y directamente orientada a la acción práctica. La primera contribución relevante de la teoría epidemiológica contemporánea la realizó W. Hamer en 1906, quien postuló el llamado principio acción de masas de la epidemiología de enfermedades infecciosas. Este principio establece que la tasa de propagación de una enfermedad infecciosa es directamente proporcional al producto del número de individuos infectados por el número de individuos susceptibles (individuos sanos). Ronald Ross (quien ganó el Premio Nobel por descubrir el mosquito anófeles que transmite el paludismo o malaria) utilizó el principio de acción de masas en un modelo de tiempo continuo en su trabajo clásico de la dinámica de la malaria, publicado en 1908. En el modelo



Sir Ronald Ross, descubridor del mosquito anófeles que transmite el paludismo y que ganó por ello el Premio Nobel.



Diplomado Pensamiento científico en el aula



ACADEMIA DE CIENCIAS
DE MORELOS, A.C.

Este Programa tiene como objetivo la **actualización y capacitación en Ciencias para los profesores de Secundaria y Preparatoria/Bachillerato del Estado de Morelos. Las sesiones son impartidas por científicos de primer nivel en los Institutos y Centros de Investigación de la UNAM Campus Morelos (Cuernavaca).**

Acreditación por parte de la Academia de Ciencias de Morelos y la Secretaría de Educación del Estado de Morelos, con valor escalafonario. Certificado por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (Nº ACM- 930330-RW2-0013).

Inicio del Diplomado: Septiembre de 2009

Más información: almadcaro@yahoo.com.mx

Tel: 3 11 08 88 y Cel: 777 15 57 221

Módulos

Se imparten en forma intercalada:
Biología, Física, Matemáticas, Química e Historia de las Ideas Científicas.

Plan de trabajo

- Semiescolarizado y sabatino.
- Horario de 9:00 a 13:00 horas - Secundaria.
10:00 a 14:00 horas - Preparatoria/Bachillerato.
- Se realizarán conferencias especializadas para docentes y conferencias de divulgación para todo público.
- Se llevarán a cabo proyectos de investigación por los profesores con participación de sus alumnos.

Las instalaciones están ubicadas dentro del Campus de la UAEM.
Secundaria-Auditorio del Instituto de Biotecnología, UNAM. De 9-13hrs.
Preparatoria/Bachillerato- Auditorio del Centro de Ciencias Genómicas, UNAM. De 10-14 hrs.



estructurado de Ross se usaba por primera vez una teoría matemática, como una poderosa herramienta de investigación en epidemiología. Las ideas de Hamer y Ross fueron ampliadas con más detalle por H. Soper en 1929, quien dedujo mecanismos fundamentales de la periodicidad en la incidencia de varias enfermedades infecciosas. Asimismo, W. Kermack y A. Mckendrick, en 1927 formularon el famoso teorema de umbrales de epidemias que establece que se requiere de un cierto valor crítico del número de susceptibles arriba del cual puede originarse una epidemia. Este teorema junto con el principio de acción de masas constituyeron durante el Siglo XX las piezas angulares de la epidemiología teórica moderna.

R. Anderson y R. M. May publicaron en 1982 un artículo en la prestigiada revista Science en el que lograron la estimación de la propagación de enfermedades infecciosas en comunidades humanas, así como del número reproductivo básico de la infección denotado por R_0 , y el uso de esta medida para determinar los niveles de inmunización necesarios para controlar e inclusive erradicar las enfermedades prevenibles por vacunación.

¿Cómo elaborar un modelo?

Los modelos matemáticos no necesitan incluir todos los detalles del mundo real (dejarían de ser modelos). En verdad, el formular modelos sobre fenómenos biológicos tiene su arte. Lo ideal es desarrollar un modelo sencillo. No es recomendable que los modelos sean complicados o que involucren matemáticas muy sofisticadas para captar la esencia del problema biológico. Aunque modelos complicados pueden ajustar mejor los datos, es posible que, con ellos, los elementos relevantes que determinan la dinámica sean más difíciles de identificar. El propósito de un modelo matemático no es simplemente ajustar los datos, sino contestar o refinar las preguntas que se le hacen al sistema. Un modelo sencillo que ofrece una aproximación razonable a la realidad resulta más útil que uno complicado, porque es más fácil de interpretar. En general la estrategia depende del conocimiento biológico que se tenga de antemano. Si se sabe poco del fenómeno a modelar, entonces se requiere reunir la mayor cantidad posible de datos y usar la estadística con la que se pueden hacer proyecciones confiables a corto plazo. Si se tiene algún conocimiento del fenómeno en cuestión, entonces el uso de la probabilidad es lo recomendable y se necesita una cantidad intermedia de datos. Con los modelos probabilísticos se pueden realizar pronósticos confiables a corto y mediano plazo. Si se conoce a fondo la historia natural de la enfermedad entonces a veces no se requiere tener datos para reproducir la dinámica y se pueden hacer predicciones confiables a largo plazo aunque en ocasiones esto conlleva el costo de no ser precisos, sobretodo en el corto plazo. La matemática usada en este último caso depende también del propósito del modelo. Un primer uso es el de tener una idea de cómo puede ocurrir una epidemia y resaltar cuáles son las variables y parámetros relevantes. Es importante estimar la magnitud del problema y hacer predicciones de la epidemia en curso.

Típicamente, para construir un modelo matemático de una epidemia se divide a la población en distintos compartimentos dependiendo de la infección en particular. En general los individuos se mueven a través de estos compartimentos con distintas tasas (ver figura 1).

Una vez que el número de individuos infectados es lo suficientemente grande como para que los efectos debidos al azar sean despreciables, se suscita una reacción en cadena que genera un crecimiento exponencial de la epidemia. Esta fase exponencial empieza a desaparecer una vez que empiezan a agotarse los susceptibles. Este efecto se resume por el número reproductivo básico, R_0 , hasta que se agotan los susceptibles. En la figura 2 se ilustra una simulación de un ciclo epidémico hipotético de influenza con un $R_0=1.6$, una población de 20 millones de individuos, una tasa de transmisión exponencial y un período de infecciosidad de 4 días, usando un modelo discreto donde la unidad de tiempo es un día (en base a lo postulado por el autor en una publicación científica, ver referencia 1 al final del texto).

La influenza en México y el efecto del retraso en la notificación

En la actualidad estamos viviendo en México una epidemia de influenza del subtipo H1N1 que ha alcanzado dimensiones de pandemia. La necesidad del monitoreo de casos y defunciones es un problema fundamental. En todas las epidemias existen retrasos inherentes a la notificación. La distribución probabilística de los retrasos entre las fechas de inicio del diagnóstico y las fechas

de notificación de un caso de influenza a un cuerpo central de notificación, posee características inherentes para cada país o región: los retrasos en la notificación son variables y dependen de diversos factores tales como la región geográfica donde se llevó a cabo el diagnóstico y el tiempo calendario de diagnóstico. Ante una nueva epidemia como esta, ciertos factores como una demanda no oportuna de los servicios de salud, escasos recursos de unidades y material de diagnóstico para la confirmación de casos y una baja eficiencia de la vigilancia epidemiológica, pueden tener como consecuencia retrasos significativos en la notificación.

El retraso en la notificación provoca una reducción aparente en las curvas de incidencia del padecimiento. Las medidas de prevención deben, por lo tanto, continuar. Los efectos de las excelentes medidas recomendadas por el gobierno federal orientadas a cortar la transmisión del virus y la magnífica respuesta de la sociedad, podrán evaluarse en forma definitiva y con precisión cuando conozcamos cómo se distribuye en el tiempo el retraso en la notificación de la epidemia (y sepamos el valor de R_0), ya que la reducción en el número de casos, como se vió, es aparente.

1. Lara-Sagahón A, Kharchenko V, José MV (2007) Stability analysis of a delay-difference SIS epidemiological model. Appl. Math. Sci. 1:1277-1298.

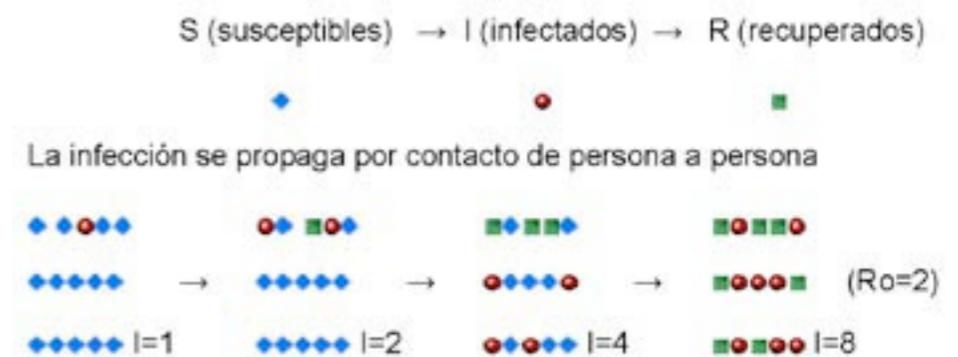


Figura 1. Esquema básico de una epidemia, en donde la población se distribuye en varios compartimentos y en donde los individuos se mueven a través de ellos.



Figura 2. Simulación de un ciclo epidémico de influenza.