

Máster en Epidemiología  
Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública y  
Microbiología  
Universidad Autónoma de Madrid

## **Aplicaciones de la dinámica de sistemas a la epidemiología**

### **Guía de estudio**

Enrique ÁLVAREZ GÓMEZ

Juan de Mata DONADO CAMPOS (director del módulo)

Sebastián DORMIDO CANTO

Fernando MORILLA GARCÍA

**23 de marzo de 2020**

[http://www.proyectosame.com/ds\\_cursos/DS\\_Doctorado\\_UAM.htm](http://www.proyectosame.com/ds_cursos/DS_Doctorado_UAM.htm)

## **1. CONTEXTUALIZACIÓN DEL MÓDULO.**

Este módulo “en la red” sustituye al curso presencial que se iba a celebrar entre los días 16-27 de marzo de 2020 y que se ha suspendido por la crisis del coronavirus. Tiene un componente teórico-práctico, de estudio de las aplicaciones de la dinámica de sistemas a la epidemiología.

El aspecto fundamental que define a la sociedad del siglo XXI es la globalización. La globalización es un proceso dinámico de carácter económico, tecnológico, social y cultural a gran escala, que consiste en la creciente comunicación e interdependencia entre los distintos países del mundo unificando sus mercados, sociedades y culturas, a través de una serie de transformaciones sociales, económicas y políticas que les dan un carácter global. Estas transformaciones tienen como una de sus consecuencias la aparición y difusión de enfermedades en lugares donde antes no existían. Enfermedades que son transmitidas por virus, bacterias, vectores, ... o “transmitidas” por los estilos de vidas como el sedentarismo, las dietas desequilibradas, tabaco, .... Para evitar o controlar la difusión de las enfermedades la 58ª Asamblea Mundial de la Salud, en 2005, actualizó el Reglamento Sanitario Internacional cuya finalidad y alcance son prevenir la propagación internacional de enfermedades, proteger contra esa propagación, controlarla y darle una respuesta de salud pública proporcionada y restringida a los riesgos para la salud pública y evitando al mismo tiempo las interferencias innecesarias con el tráfico y el comercio internacionales. En estas afirmaciones podemos incluir tanto a las enfermedades no transmisibles como a las transmisibles. El Reglamento establece la obligación de los Estados Parte de instalar un mínimo de capacidades básicas en materia de salud pública y de notificar a la OMS los eventos que puedan constituir una emergencia de salud pública de importancia internacional de acuerdo con criterios definidos. En esas tareas colaboran distintos profesionales de Ciencias de la Salud, cuyas decisiones estarán mejor fundamentadas si éstos conocen cómo se propagan las enfermedades y qué medidas de prevención (primaria, secundaria o terciaria)

pueden resultar más eficaces para evitar o controlar su propagación a nivel local e internacional. Muchos de estos aspectos se cubren bien desde la epidemiología, pero hay otros aspectos que se cubren mejor desde la visión sistémica que aporta la dinámica de sistemas.

Al plantearnos el estudio de los factores determinantes de las enfermedades que afectan a una comunidad desde esta perspectiva tenemos que considerar los siguientes aspectos:

1. Las interrelaciones entre las personas que forman parte de una comunidad influyen en la conducta o comportamiento de estos.
2. Esto implica que estas personas no se comportan de manera espontánea, sino que su conducta es debida en gran medida a la presión que impone la estructura del sistema social a la que pertenecen.
3. Estas conductas influyen sobre los estilos de vida de las personas como por el ejemplo el tipo de dieta que siguen, actitudes antes el consumo de drogas, relaciones sexuales de riesgo, consumo de alcohol y tabaco, etc., estilos de vida que influyen en el desarrollo de las enfermedades.
4. Estas interrelaciones entre las personas no tienen una forma unidireccional en la que un determinado comportamiento provoca un determinado resultado o acción, sino que a su vez este resultado o acción influye a su vez en los comportamientos que a su vez vuelve a influir en los resultados. Es decir, el tipo de interrelaciones que tienen unas personas con otras y con ellas mismas tienen un comportamiento circular o de realimentación (*feedback*)
5. Sin embargo, aunque existan comportamientos e interrelaciones individuales las comunidades se comportan como un todo homogéneo, siendo posible discernir claramente el tipo de grupo social dentro de una región o nación. Este "conjunto de partes que al interactuar unos con otros funcionan como "un todo" recibe el nombre de *sistema*.

Un grupo social con estas características muestra un comportamiento complejo. Un comportamiento complejo significa que un mismo sistema puede aparecer

bajo aspectos muy distintos. Los sistemas complejos presentan un comportamiento que puede ser, en muchos casos, precisamente el opuesto al que sería intuitivo esperar.

El estudio de este tipo de sistemas se puede realizar mediante la técnica del reduccionismo o mediante la dinámica de sistemas (técnica globalizadora u holística)

Con la técnica del reduccionismo en primer lugar descomponemos el sistema sus elementos constituyentes y a continuación analizamos sus propiedades. Finalmente reconstruimos el sistema completo mediante la superposición de sus elementos. Esta metodología es la que utiliza la estadística. Este enfoque reduccionista lleva consigo una profunda relación con la teoría lineal, que asimismo constituye otro de los pilares en los que se apoya la ciencia e ingeniería de hoy día. Y esto ocurre así debido a que en la teoría lineal se cumple el principio de superposición, que viene a significar en pocas palabras que la suma de las soluciones de un problema es también una solución.

Sin embargo, los sistemas complejos presentan un comportamiento que puede ser, en muchos casos, precisamente el opuesto al que sería intuitivo esperar. Así, en los sistemas simples, la causa y el efecto se suelen producir, normalmente, de forma cercana en el espacio y en el tiempo. Por el contrario, en los sistemas complejos, las causas y los efectos no se encuentran cercanos, a menudo ni en el espacio ni en el tiempo. En los sistemas complejos existe una gran multiplicidad de bucles de realimentación en interacción. De ellos, algunos son positivos y gobiernan los procesos de crecimiento, mientras que otros son negativos y gobiernan los procesos estabilizadores. Estas características definen a un *modelo ecológico complejo*, según M. Susser, en el que el agente el huésped y el medioambiente participan en interacciones continuas en un determinado ambiente. El comportamiento de un sistema dependía del tipo de relaciones que puedan existir entre las distintas variables del modelo. Si desconocemos las

relaciones difícilmente podríamos conocer como influirían unas variables en otras.

Debido precisamente a la complejidad de las interacciones, la causa de un cierto problema puede estar situada muy lejos en el tiempo de los síntomas que produce, o puede estar situada en una parte completamente diferente y remota del sistema. Uno de los aspectos que resalta la dinámica de sistemas es que las causas de los problemas sociales se encuentran habitualmente, no tanto en sucesos previos, como en la estructura misma del sistema. Debido a esta complejidad el desarrollo de modelos es indispensable para poder estudiar los sistemas complejos

La característica principal de los sistemas sociales, bajo la óptica de la dinámica de sistemas, reside en la consideración de que en el interior de estos se generan las fuerzas que determinan su evolución en el tiempo. Es decir, en el interior de un sistema social se realizan una serie de interacciones entre sus elementos constituyentes que generan el comportamiento dinámico del mismo. El estudio, análisis e integración de todas estas interacciones elementales para explicar en conjunto el comportamiento global del sistema constituye uno de los objetivos básicos de la dinámica de sistemas.

## **2. RESULTADOS DEL APRENDIZAJE**

- \* Describir qué son los sistemas complejos y la dinámica de sistemas.
- \* Analizar qué factores influyen en el comportamiento de un sistema.
- \* Comprender los diagramas de influencia y de Forrester.
- \* Comprender los modelos matemáticos.
- \* Aplicar estos conceptos a distintos problemas de epidemiología y salud pública

### **3. CONTENIDOS DEL MÓDULO**

#### **TEMA 1. SALUD PÚBLICA Y DINÁMICA DE SISTEMAS.**

- 1.1 Introducción
- 1.2 ¿Qué es salud, salud pública, salud global y epidemiología?
  - 1.2.1 Salud
  - 1.2.1 Salud pública
  - 1.2.3 Salud global
  - 1.2.4 Epidemiología
- 1.3 Dinámica de sistemas
- 1.4 Representación de la estructura de los sistemas mediante diagramas
  - 1.4.1 Diagrama de influencias
  - 1.4.2 Diagramas de Forrester
  - 1.4.3 ¿Cómo hacer diagramas en Vensim?
    - 1.4.3.1 Diagrama de influencias
    - 1.4.3.2 Diagramas de Forrester
- 1.5 Bibliografía

#### **TEMA 2. ESTRUCTURAS DINÁMICAS BÁSICAS PARA LOS MODELOS EN SALUD PÚBLICA**

- 2.1 El concepto de realimentación
- 2.2 Bucle elemental de realimentación positiva (BERP)
  - 2.2.1 Características del comportamiento dinámico del BERP
  - 2.2.2 Modelo dinámico para la simulación de los depósitos bancarios a plazo fijo
- 2.3 Bucle elemental de realimentación negativa (BERN)
  - 2.3.1 Características del comportamiento dinámico del BERN
  - 2.3.2 Modelo dinámico para simulación del enfriamiento en una vivienda

- 2.4 El concepto de retraso
  - 2.4.1 Modelo para simulación discreta de los depósitos bancarios a plazo fijo
- 2.5 Modelo elemental de un brote de faringitis
- 2.6 Modelo de población distribuida en grupos de edad
- 2.7 Bibliografía

## **APÉNDICE A: VENSIM**

- A.1 Introducción
- A.2 La interfaz de usuario en Vensim
- A.3 Un ejemplo práctico
- A.4 Algunas consideraciones prácticas

## **4. MATERIAL DE APRENDIZAJE**

El material de aprendizaje de la teoría serán los dos primeros capítulos del libro "[Modelo dinámicos en salud pública](#)". En el Anexo de este manual encontrará un tutorial de aprendizaje de Vensim. Los contenidos están descritos en el apartado anterior.

El software que se utilizará será [Vensim](#). Desde su página web se podrá descargar la última versión. La versión académica se puede utilizar libremente. Se puede descargar una versión portable desde la página web del curso.

## **5. BIBLIOGRAFÍA**

Se indica en:

[http://www.proyectosame.com/ds\\_cursos/DS\\_Doctorado\\_UAM/Bibliografia.htm](http://www.proyectosame.com/ds_cursos/DS_Doctorado_UAM/Bibliografia.htm)

## **6. METODOLOGÍA Y ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE**

- a) Lea con atención los objetivos que se quieren alcanzar y póngalos en relación con el contenido que tiene cada uno de ellos.
- b) Lo importante del material son los conceptos que hay en cada apartado, no son las fórmulas que los expresan.
- c) Cuando estudie una fórmula, no la memorice, analícela e intente comprender de donde provienen todos sus términos.
- d) Estudie atentamente los modelos que se le proponen. Intente relacionar el comportamiento observado con los conceptos y las fórmulas en los que se basan.

## **7. EVALUACIÓN**

Tendrá que realizar y enviar al director del curso ([juandemata.donado@uam.es](mailto:juandemata.donado@uam.es)) los ejercicios que se le indican en la página web del curso:

[http://www.proyectosame.com/ds\\_cursos/DS\\_Doctorado\\_UAM/Programa.htm](http://www.proyectosame.com/ds_cursos/DS_Doctorado_UAM/Programa.htm)

El plazo de envío de trabajos finalizará el 30 de mayo de 2020