

Modelización Matemática en Epidemiología

Curso 1: Modelos Determinísticos

Unidad académica: Centro de Investigación en Matemática Pura y Aplicada, CIMPA.

Vigencia de la actividad: 5 semanas, fechas por definir.

Objetivo general

El propósito de este curso es dar una introducción de los principales modelos matemáticos utilizados en el estudio de enfermedades infecciosas, la interpretación de resultados, la vinculación de estos con datos reales y la interpretación epidemiológica de conceptos como el número reproductivo básico (R_0).

Objetivos específicos

1. Proporcionar herramientas básicas de modelización matemática para el estudio de enfermedades infecciosas.
2. Plantear e interpretar diferentes escenarios que permitan entender los alcances y limitaciones de los modelos determinísticos.
3. Vincular los modelos en ecuaciones diferenciales con datos reales a través de la estimación de parámetros.
4. Estimar el número reproductivo básico para un modelo determinístico.

Alcance:

Este es un curso básico, dirigido a todas aquellas personas curiosas, con deseos de aprender e interesadas en esta área del conocimiento. Para su desarrollo no se requiere de un amplio dominio de las matemáticas o habilidades en programación, pero sí conocimientos básicos en cálculo y ecuaciones diferenciales.

Se espera que al final del curso, el (la) estudiante esté en la capacidad de formular sus propios modelos matemáticos y vincularlos con un contexto epidemiológico que le permita formular preguntas e interpretar resultados.

Justificación:

Actualmente, los modelos matemáticos se han convertido en herramientas valiosas para abordar problemas en diferentes áreas del conocimiento, no sólo con fines académicos, sino también en la solución de problemas de la vida real.

En el campo de la salud pública, los modelos matemáticos son utilizados con mayor frecuencia en el estudio de las enfermedades, convirtiéndose en un instrumento adicional en la toma de decisiones para el control y prevención de las mismas.

La reciente emergencia sanitaria que se vive a nivel mundial por la Covid-19 ha despertado, tanto en académicos como en curiosos, el interés por entender cómo funcionan este tipo de modelos. Además, ha quedado en evidencia la utilidad de las herramientas matemáticas a la hora de tomar decisiones o estudiar la dinámica de transmisión de un virus como el SARS-CoV-2. La coyuntura

del momento ofrece un escenario idóneo para acercar al estudiante con un nivel más práctico de la matemática.

Descripción

Este es el primero de tres cursos orientados a la modelización matemática de enfermedades utilizando diferentes paradigmas de modelización.

Curso 1: Modelos Determinísticos.

Este es un curso introductorio en el que se abordarán los principales conceptos para el planteamiento de modelos tipo SIR en ecuaciones diferenciales ordinarias y es la base para los dos cursos siguientes.

Curso 2: Introducción a los modelos estocásticos en Epidemias

En este módulo se hará una breve introducción a los modelos estocásticos en epidemias. Se discutirán las diferencias con los modelos determinísticos y se realizarán diferentes escenarios, utilizando implementaciones hechas en R que lleven a la interpretación y análisis de resultados bajo un contexto.

Curso 3: Modelos Computacionales

En este módulo se hará una introducción a los modelos de redes, se discutirán sus características, ventajas y desventajas con respecto a los modelos estudiados en los módulos anteriores.

Requisitos

El estudiante debe tener un conocimiento básico de cálculo, ecuaciones diferenciales y probabilidad. Además, debe tener la disposición y disciplina para realizar las actividades propuestas como lecturas, consultas, ejercicios, entre otros.

Perfil de los participantes

El curso está dirigido a estudiantes de ingeniería, biología, medicina, salud pública, o profesionales del área de la salud interesados en aprender sobre este tipo de herramientas.

Metodología

En la primera clase se formulará una situación problema de una enfermedad para la que se tienen datos reales, se creará un contexto epidemiológico y este será el eje central de todos los módulos. Un mismo problema será abordado desde diferentes paradigmas de modelización.

El curso es virtual y consta de una parte teórica y otra práctica. Se grabarán clases en las que se explicarán y ejemplificarán los conceptos. Al inicio del curso se le presentarán dos o tres problemas diferentes a los estudiantes, quienes deberán elegir uno y desarrollarlo a lo largo de los tres módulos. En cada fase se le dará un instructivo al estudiante de los pasos que debe llevar a cabo para abordar el problema que eligió en un inicio.

El (la) estudiante contará con espacios de asesoría y discusión. Se espera que su participación sea activa y lleve a cabo cada una de las actividades propuestas. No es suficiente con escuchar y leer la teoría, es necesario volverse agente activo del aprendizaje, enfrentarse a problemas reales y poner en práctica los conceptos teóricos desarrollados.

El (la) estudiante tendrá acceso a los videos explicativos y a las notas de clase, así como, a un conjunto de interfaces desarrolladas en R y Matlab, con la que podrá interactuar fácilmente para plantear escenarios y encontrar la solución de los modelos implementados.

Modalidad

Dadas las restricciones actuales derivadas de la pandemia, se trabajará de manera remota usando la plataforma UCR Global, el sistema de reuniones virtuales Zoom y otras herramientas para el trabajo remoto.

Horario de clase

Por definir

Certificación

Al final de los tres cursos se entregará un certificado de (participación/aprovechamiento) por X horas.

Contenidos

- Clase 1: Introducción a los modelos matemáticos. Un poco de historia, qué es un modelo matemático, definición y descripción de un problema particular, definición de variables, parámetros y supuestos. Planteamiento del modelo en ecuaciones diferenciales.
- Clase 2: Definición del Número Reproductivo Básico. Puntos de equilibrio. Definición, interpretación y cálculo del R_0 .
- Clase 3: Definición de Escenarios. Planteamiento de preguntas, solución e interpretación de resultados (se hará uso de una app desarrollada en R).
- Clase 4: Estimación de parámetros. Vinculación entre datos reales y modelos matemáticos a través de la estimación de parámetros (se hará uso de una app desarrollada en R).
- Clase 5: Introducción de nuevas variables en los modelos. Cómo incorporar compartimentos adicionales para representar los efectos de intervenciones como vacunación, cuarentena, etc.

Facilitadores

- Fabio Sanchez, Ph.D.
- Yury E. García, Ph.D.
- Juan Gabriel Calvo, Ph.D.

Bibliografía

1. Brauer, F., Castillo-Chavez, C. (2012). Mathematical models in population biology and epidemiology, Springer **2**, Second Edition.
2. Brauer, F., Van den Driessche, P., Wu, J. (2008). Mathematical Epidemiology, Springer **1945**.
3. Hethcote, H.W. (2000). The mathematics of infectious diseases. *SIAM review*, **42**(4), 599-653.
4. Castillo-Chavez, C., Feng, Z., Huang, W. (2002). On the computation of R_0 and its role in global stability. *IMA Volumes in Mathematics and Its Applications*, **125**, 229-250.

5. Van den Driessche, P., Watmough, J. (2002). Reproduction numbers and sub-threshold endemic equilibria for compartmental models of disease transmission. *Mathematical biosciences*, **180**(1-2), 29-48.