



FACULTAD DE CIENCIAS
EXACTAS Y NATURALES

Universidad Nacional de La Pampa

2025: 40 años ininterrumpidos de
ingreso irrestricto en la UNLPam.
10 años Ley 27204 de Responsabilidad
principal e indelegable del Estado
Nacional sobre la Educación Superior

Resolución Consejo Directivo FCEyN N° 457 / 2025

Santa Rosa, 24 de octubre de 2025

VISTO:

El Expediente. N° 633/2025, iniciado por Secretaría Académica, Programas actualizados Dpto. de Matemática - año 2025, y

CONSIDERANDO:

Que el docente Dr. Cristian SCAROLA y la docente Dra. Sonia ACINAS a cargo de la asignatura “Optativa II -Introducción a los modelos epidemiológicos” que se dicta para la carrera Licenciatura en Matemática (Plan 2015), elevan el programa de la citada asignatura para su aprobación a partir del ciclo lectivo 2025 en adelante.

Que el mismo cuenta con el aval de la Mg. Marisa REID y de la Mesa de Carrera de la Licenciatura en Matemática.

Que en la sesión ordinaria del 23 de octubre de 2025 el Consejo Directivo aprobó, por unanimidad, el despacho presentado por la Comisión de Enseñanza.

POR ELLO:

EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

R E S U E L V E:

ARTÍCULO 1º: Aprobar el programa de la asignatura “Optativa II - Introducción a los modelos epidemiológicos” correspondiente a la carrera Licenciatura en Matemática (Plan 2015), a partir del ciclo lectivo 2025 en adelante, que como Anexos I, II, III, IV, V, VI y VII forma parte de la presente Resolución.



FACULTAD DE CIENCIAS
EXACTAS Y NATURALES

Universidad Nacional de La Pampa

2025: 40 años ininterrumpidos de ingreso irrestricto en la UNLPam.
10 años Ley 27204 de Responsabilidad principal e indelegable del Estado Nacional sobre la Educación Superior

ARTÍCULO 2º: Regístrese, comuníquese. Pase a conocimiento de Secretaría Académica, Departamento de Asuntos Estudiantiles, Departamento de Matemática y Computación, del docente Dr. Cristian SCAROLA, de la docente Dra. Sonia ACINAS, y del CENUP. Cumplido, archívese.

Maite BETELU – Secretaria Académica – FCEyN - UNLPam

Nora Claudia FERREYRA – Decana – FCEyN - UNLPam

ANEXO I

DEPARTAMENTO DE: Matemática y Computación.

ASIGNATURA: Optativa II - Introducción a los modelos epidemiológicos

CARRERA - PLAN/ES: Licenciatura en Matemática - Plan 2015.

CURSO: Quinto Año.

RÉGIMEN: Cuatrimestral (Segundo Cuatrimestre).

CARGA HORARIA SEMANAL:

Teórico/Práctico: 8 horas semanales

CARGA HORARIA TOTAL: 120 hs

CICLO LECTIVO: 2025

EQUIPO DOCENTE DE LA CÁTEDRA:

Dr. Cristian SCAROLA

Profesor Adjunto Interino con Dedicación Exclusiva con asignación de funciones.

Dra. Sonia Ester Acinas

Profesora Adjunta Regular con Dedicación Exclusiva con asignación de funciones.

FUNDAMENTACIÓN:

La epidemiología es la materia que estudia los patrones de salud y enfermedad de poblaciones humanas y factores asociados al nivel poblacional. Si bien Hipócrates es reconocido como el padre de la epidemiología por haber descripto la relación entre enfermedad y ambiente (400 a.C.), el término epidemiología recién fue usado por primera vez para describir epidemias en 1802 por el médico español Villalba en Epidemiología Española. Hasta el siglo XX, los estudios epidemiológicos trataban fundamentalmente sobre enfermedades infecciosas.

Una enfermedad infecciosa es aquella clínicamente evidente causada por un agente microbiano patógeno que puede ser una bacteria, un virus, un parásito, un hongo o una proteína tóxica. A menudo, las enfermedades infecciosas se denominan enfermedades transmisibles debido a su potencial de transmisión de una persona a otra. La transmisión de enfermedades infecciosas puede ocurrir a través de diversas vías: de persona a persona, por inhalación de aire infectado; por la ingestión de alimentos o

agua contaminados; por vectores; o a través de la placenta de una madre a un hijo antes o durante el parto.

Muchas enfermedades infecciosas tienen más de una vía de transmisión.

Existen diversos conceptos en epidemiología estrictamente relacionados con las enfermedades infecciosas que desempeñan un papel importante en la construcción de modelos matemáticos. A saber, Individuos expuestos, infectados, infecciosos o latentes; período de incubación y período de latencia; incidencia y prevalencia; proporción de letalidad y mortalidad inducida por la enfermedad.

Aunque la epidemiología en sí tiene una larga historia, el estudio matemático de las enfermedades y su propagación tiene solo unos 350 años. El primer estudio estadístico de enfermedades infecciosas se atribuye a John Graunt (1620-1674) en su libro "Observaciones naturales y políticas sobre las cuentas de mortalidad" que se centra en los métodos estadísticos de salud pública. Un siglo después, Daniel Bernoulli utilizó métodos matemáticos para analizar la mortalidad por viruela. Argumentó que la inoculación con virus vivos obtenidos de un caso leve de viruela reduciría la tasa de mortalidad y, por lo tanto, aumentaría la población recuperada, incluso si la inoculación en sí misma pudiera ser mortal en ocasiones. Una reformulación contemporánea del enfoque de Bernoulli emplea ecuaciones diferenciales.

A mediados del siglo XIX, Louis Pasteur realizó avances notables en las causas y la prevención de enfermedades. Redujo la mortalidad por fiebre puerperal y creó las primeras vacunas contra la rabia y el ántrax. Casi al mismo tiempo, Robert Koch (fundador de la bacteriología moderna), identificó los agentes causales específicos de la tuberculosis, el cólera y el ántrax, dando así respaldo experimental al concepto de enfermedad infecciosa.

A finales del siglo XIX, la ciencia finalmente pudo explicar el mecanismo por el cual una persona se enferma. Se conoció el concepto de transmisión de una enfermedad bacteriana a través del contacto entre una persona infectada y una sana. Esto allanó el camino para la modelización matemática de las enfermedades infecciosas.

La modelización matemática de las enfermedades infecciosas logró avances significativos a principios del siglo XX gracias al trabajo de William Hamer, quien fue el primero en utilizar la *ley de acción de masas* para modelar enfermedades infecciosas. Pero, Sir Ronald Ross es considerado el padre de la epidemiología matemática moderna por realizar un trabajo pionero sobre la malaria y descubrir que se transmite entre humanos y mosquitos. Su trabajo le valió el Premio Nobel en 1902. En la segunda edición de su libro "La prevención de la malaria" (1911), desarrolló modelos matemáticos de la transmisión de esta enfermedad y derivó una cantidad umbral, hoy conocida como el número básico de reproducción. En la época de Ross, la modelización matemática de enfermedades infecciosas no fue bien aceptada. Sin embargo, él defendía el uso de herramientas matemáticas en epidemiología. En 1927, Kermack y McKendrick, publicaron el artículo "Una contribución a la teoría matemática de las epidemias", donde presentaban un modelo epidémico determinista que incluía individuos susceptibles, infectados y eliminados. Este modelo no incluye las tasas naturales de natalidad y mortalidad y, en consecuencia, solo



resulta adecuado para brotes de enfermedades. Algunos años después, publicaron la Parte II y la Parte III de su trabajo para modelar enfermedades que pueden establecerse en una población y persistir.

Modelado

El modelado matemático de enfermedades infecciosas adquirió importancia en la década de 1980 con la llegada de la epidemia del VIH. Desde entonces, se han creado, analizado y empleado numerosos modelos para estudiar la propagación de enfermedades infecciosas. Hoy en día, la epidemiología matemática tiene una presencia constante en la literatura científica, y el modelado matemático está realizando contribuciones significativas a las matemáticas y la salud pública.

Un modelo matemático es la descripción de un sistema mediante herramientas y lenguaje matemático. Estos se desarrollan para ayudar a explicar un sistema, estudiar los efectos de sus diversos componentes y realizar predicciones sobre su comportamiento. En este espacio curricular nos centraremos en el modelado de enfermedades infecciosas y su propagación en poblaciones.

El proceso de modelado requiere la traducción de un escenario biológico a un problema matemático, y suele comenzar con una descripción clara de los procesos basada en la comprensión científica del sistema. La traducción a ecuaciones matemáticas debe realizarse con un objetivo específico o una pregunta biológica en mente, y debe incorporar únicamente aquellas características relevantes para el objetivo o la pregunta biológica específica.

Una vez formulado el modelo, se puede analizar para obtener magnitudes críticas que rijan el comportamiento general de las soluciones; ajustarse a datos disponibles o utilizar para estimular experimentos que puedan producir nuevos datos. Una vez comprendido el modelo, debemos interpretar sus resultados a la luz del escenario biológico considerado y, potencialmente, buscar la respuesta a la pregunta biológica planteada inicialmente.

Los modelos pueden clasificarse de diversas maneras: lineales/no lineales, estáticos/dinámicos, discretos/continuos, deterministas/estocásticos. En este espacio curricular, utilizaremos principalmente modelos de ecuaciones diferenciales para describir la distribución de enfermedades infecciosas en una población.

OBJETIVOS Y/O ALCANCES DE LA ASIGNATURA:

Se pretende que el estudiantado:

- conozca modelos de propagación de enfermedades infecciosas;
- estudie métodos de resolución de cada tipo de problema;
- analice la validez de soluciones.

ANEXO II

ASIGNATURA: Optativa II – Introducción a los modelos epidemiológicos

Ciclo lectivo: 2025

PROGRAMA ANALITICO

Unidad 1 - Modelo SIR: Modelo SIR y sus propiedades matemáticas. Modelo SIR con poblaciones cambiantes. Modelo de Malthus. Modelo logístico. Análisis de sistema de dimensión dos. Análisis de modelo SIR adimensional. Estabilidad global. Oscilaciones en modelos epidémicos.

Unidad 2 - Modelos simples de enfermedades transmitidas por vectores: Modelo SIS: ecuación logística, saturación, reducción a una ecuación. Modelos SI y SIS con demografía. Modelos con ecuaciones diferenciales con retardo. Modelo con inmunidad temporal.

Unidad 3 - Modelos epidemiológicos complejos: Modelos con períodos de latencia SEI, SEIR, SEIS, SEIRS. Modelo con etapa asintomática SEIAR. Modelo con etapa de portador SCIR. Modelo con inmunidad pasiva MSIR. Modelo con cuarentena/aislamiento SIQR. Modelo con tratamiento SEIT. Modelo que incorpora vacunación. Enfoque de próxima generación.

Unidad 4 - Validación de modelos: Análisis local del modelo SEIR. Estabilidad global en el modelo SEIR. Modelo SIR con dos cepas. Casos de mutación, superinfección, coinfección, inmunidad cruzada.

ANEXO III

ASIGNATURA: Optativa II – Introducción a los modelos epidemiológicos

CICLO LECTIVO: 2025

BIBLIOGRAFÍA

1. Amster, P., 2020, *La Matemática de las Epidemias*, Revista de Educación Matemática, Volumen 35, N° 2, páginas 5–20, Unión Matemática Argentina - Famaf (UNC).
2. García Rovira, L., 2017, *Modelos matemáticos compartimentales en epidemiología*, Universidad de la Laguna.
3. Martcheva, M., 2015, *An Introduction to Mathematical Epidemiology (1ra Ed.)*, Springer Publishing Company, Incorporated.
4. Pedersen, S., 2015, *(Algunos) Modelos matemáticos para (algunas) enfermedades contagiosas: transmisión, infección, tratamiento*, Tesis de Licenciatura en Matemática, Universidad de Buenos Aires.
5. Velasco Hernández, J.X., 2007, *Modelos matemáticos en epidemiología: enfoques y alcances*, Miscelánea Matemática, N° 44, páginas 11–27.

ANEXO IV

ASIGNATURA: Optativa II – Introducción a los modelos epidemiológicos

CICLO LECTIVO: 2025

PROGRAMA DE TRABAJOS PRACTICOS

Buscaremos profundizar y afianzar los conceptos teóricos mediante la resolución de ejercicios y problemas propuestos de acuerdo con el programa analítico, para que el estudiantado alcance un correcto manejo de los conocimientos adquiridos.

Los Trabajos Prácticos consisten en una selección de ejercicios de naturaleza teórico-práctica en los cuales se requiere modelar el proceso de transmisión de enfermedades infecciosas, indagar métodos de resolución y analizar la validez de las soluciones en su contexto.

Trabajo Práctico N° 1: Modelo SIR.

En este trabajo práctico se abordarán los contenidos de la Unidad N° 1 del programa analítico. Se busca que cada estudiante adquiera conocimientos sobre el Modelo SIR, sus propiedades y la relación con modelos clásicos tales como el malthusiano y el logístico.

Trabajo Práctico N° 2: Modelos SI y SIS.

En este trabajo práctico se abordarán los contenidos de la Unidad N° 2 del programa analítico. Se pretende que el estudiantado analice los modelos simples SI y SIS para enfermedades transmitidas por vectores, que contemplan los cambios demográficos o el impacto debido a la inmunidad temporal.

Trabajo Práctico N° 3: Modelos complejos.

En este trabajo práctico se abordarán los contenidos de la Unidad N° 3 del programa analítico. Se procura que el estudiantado conozca modelos epidemiológicos complejos en los cuales se consideran relevantes el período de latencia, las etapas asintomáticas, la inmunidad pasiva, la cuarentena, el tratamiento o la incorporación de vacunación.

Trabajo Práctico N° 4: Validación de modelos.

En este trabajo práctico se abordarán los contenidos de la Unidad N° 4 del programa analítico.

Se espera que el estudiantado conozca y analice el modelo SEIR, su estabilidad global, el modelo SIR con dos cepas, y casos de mutación, superinfección, coinfección, inmunidad cruzada.

ANEXO V

ASIGNATURA: Optativa II – Introducción a los modelos epidemiológicos

CICLO LECTIVO: 2025

ACTIVIDADES ESPECIALES QUE SE PREVEN

No se prevén actividades especiales.

ANEXO VI

ASIGNATURA: Optativa II – Introducción a los modelos epidemiológicos

CICLO LECTIVO: 2025

PROGRAMA DE EXAMEN

Coincide con el Programa Analítico y el Programa de Trabajos Prácticos.

ANEXO VII

Asignatura: Optativa II – Introducción a los modelos epidemiológicos

Ciclo lectivo: 2025

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

Esta asignatura puede ser cursada bajo el **Régimen de cursado por promoción sin examen final**. Para el cursado regular y bajo el régimen de cursado por promoción sin examen final se determinan instancias de evaluación, de acuerdo a la reglamentación vigente y cuyo objetivo principal es brindar una guía para el mejoramiento de la producción académica de cada estudiante.

La metodología de evaluación consistirá en una evaluación continua y un coloquio/trabajo final integrador.

- Evaluación continua:
 1. Consiste en la entrega de una serie de ejercicios seleccionados por el docente responsable. Al finalizar cada unidad, se le informará a cada estudiante qué ejercicios del trabajo práctico correspondiente a la unidad debe entregar y la fecha de entrega.
 2. Se tomarán dos exámenes parciales, los cuales consistirán en la presentación oral en el pizarrón de alguno de los ejercicios resueltos en los trabajos prácticos.
- Coloquio/Trabajo Final Integrador (para promocionar): Al final del curso los/as estudiantes deberán presentar un Trabajo Final integrador, y realizar una exposición oral sobre algunos de los temas estudiados en el curso. Esto se acordará entre el/la estudiante y el docente.

Por Promoción sin Examen Final:

Los requisitos son:

1. Cumplir con lo establecido en el artículo 25 del Reglamento de cursada vigente.
2. Obtener una Nota Final igual o superior a 7 (siete) puntos. Esta Nota Final se obtiene de la siguiente forma:
 - El 20% de la Nota Final corresponde al promedio de las notas de los dos exámenes parciales.
 - El 40% de la Nota Final corresponde al promedio de las notas de los ejercicios entregados en cada trabajo práctico.
 - El 40% de la Nota Final corresponde a la nota del coloquio/trabajo integrador final.

Hoja de firmas