DEPARTAMENTO DE POSTGRADO
Universidad Nacional del Comahue
Centro Regional Universitario Bariloche
Quintral 1250
Tel: 0294 – 4423374 / 4428505- Interno 454
deptopostgradocrub@gmail.com

PROGRAMA PARA ASIGNATURAS

DENOMINACIÓN DE LA ASIGNATURA: Modelos en ecología

AÑO ACADÉMICO: 2025

CARRERA: DOCTORADO EN BIOLOGÍA

Plan de Estudios Ord. Nº 556/86, Modif. 557/10 y 807/17

DOCENTE/S A CARGO: Juan Manuel Gurevitz

DOCENTE/S AUXILIAR/ES:

MODALIDAD: Presencialidad física: se desarrolla en edificios e instalaciones institucionales (presencialidad convencional).

FECHA PROPUESTA: 11/8/2025 al 28/11/2025

DESTINATARIOS: Estudiantes de posgrado y profesionales

FUNDAMENTACIÓN: Los modelos subyacen al pensar mismo. Al pensar mecanismos o relaciones entre elementos ya estamos elaborando un modelo. Traducir dicho modelo mental a uno formal nos ayuda a reflexionar, comunicar, analizar y contrastar con datos aquello que pensamos. Los modelos han sido y siguen siendo fundamentales en el desarrollo de la ecología y en su aplicación (por ej., modelos de dinámica poblacional, interacciones entre especies, transmisión de enfermedades, regresiones lineales). A diferencia del análisis estadístico clásico (ANOVA, test diversos), un enfoque centrado en modelos permite generar predicciones para guiar la acción o contribuir a nuevas teorías. Así, los modelos, en general, y en ecología, en particular, contribuyen de una manera única a la formación en biología, tanto por la comprensión de la teoría que se logra a través de su uso como por su utilidad en la práctica profesional.
En la carrera de Ciencias Biológicas existen diversas materias de ecología en las que se abordan diferentes conceptos y teorías, valiéndose de modelos clásicos. Sin embargo, no se suele problematizar explícitamente la elaboración de modelos, su análisis y su conexión con los datos. La presente materia de modelos en ecología aborda específicamente estas cuestiones. Se trata, así, de una materia transversal a las diferentes ramas de la ecología, que integra conceptos de ecología, matemática y estadística.
En esta materia los estudiantes desarrollarán las habilidades necesarias para construir modelos, analizarlos y contrastarlos con datos. Para ello, se explorará el espectro de modelos que va desde los fenomenológicos (por ej., regresiones) hasta los mecanísticos y su conexión con datos a través de los enfoques frecuentista y, con especial atención, bayesiano, ya que es más versátil e intuitivo y permite describir más detalladamente la incertidumbre. Se buscará comprender los

fundamentos de cada enfoque para poder evaluar críticamente su campo de aplicación. Se entrenará el análisis de modelos, evaluando su comportamiento y sus implicancias, con un fuerte énfasis en la implementación computacional. Consideramos que el desarrollo de estas capacidades contribuye a la formación de profesionales creativos, autónomos y críticos, capaces de interpretar la realidad para formular y resolver problemas.

OBJETIVOS: La materia se concentrará en contribuir al desarrollo de las siguientes competencias:
- Formalizar en diferentes tipos de modelos las ideas o preguntas sobre un sistema ecológico.
- Analizar el desempeño y las implicancias de los principales tipos de modelos en ecología.
- Manejar con fluidez y comprender críticamente los fundamentos de los principales enfoques y herramientas estadísticas para conectar modelos con datos.
- Comunicarse y discutir con diferentes audiencias los modelos desarrollados y analizados, a través de diferentes modalidades (oral, escrita).
- Implementar computacionalmente la formulación y el análisis de modelos, así como las herramientas estadísticas para ajustarlos a datos.

PROGRAMA ANALÍTICO:
Unidad 1: Los modelos como representación del pensamiento. Generación de modelos para sistemas ecológicos. Espectro de modelos fenomenológicos a mecanísticos. Explicar y predecir.

Unidad 2: Diversidad y construcción de modelos. Modelos cualitativos, DAGs. Formulaciones matemáticas, ecuaciones, matrices, ODEs. Variables continuas y categóricas. Algoritmos, modelos de simulación, modelos basados en agentes. Modelos dinámicos, tiempo continuo y discreto. Modelos espacialmente explícitos, espacio continuo y discreto. Interacciones. Formulación de modelos a partir de preguntas, hipótesis o conceptos. Lineamientos para formalizar ideas en modelos.

Unidad 3: Análisis de modelos. Análisis de estabilidad, equilibrio y sensibilidad. Abordajes analíticos y numéricos. Diagramas de fase, ciclos, caos. Aplicaciones a cada tipo de modelo.

Unidad 4: Determinismo y aleatoriedad. Distribuciones de probabilidad, continuas y discretas. Modelos estocásticos. Modelos generativos y simulación de datos.

Unidad 5: Conexión entre modelos y datos (teoría). Estrategias de optimización, ajuste de modelos a datos, sobreajuste y generalidad. Enfoque frecuentista, estimadores puntuales de máxima verosimilitud, intervalos de confianza. Enfoque bayesiano, función de verosimilitud, distribuciones previa y posterior. Estimación de incertidumbre. Fundamentos de evaluación de modelos, análisis de residuos, diagnóstico de la variabilidad, chequeos predictivos previo y posterior.

Unidad 6: Conexión entre modelos y datos (métodos). Métodos de optimización basados en derivadas, métodos no basados en derivadas. Optimización estocástica global. Muestreo de distribuciones posteriores. Implementación de cadenas de Markov y Montecarlo (MCMC) y algoritmos de muestro Metropolis-Hastings, Gibbs, Hamiltonian Montecarlo. Computación bayesiana aproximada (ABC).

Unidad 7: Modelos multinivel. Niveles de fuentes de variabilidad en ecología. Modelos espacio-estado, detección imperfecta.

Unidad 8: Utilidad de modelos y comparación de modelos alternativos. Validación y soporte de modelos. Pruebas de hipótesis. Prueba del cociente de verosimilitudes. Criterios de información. Factores de Bayes. Contraste de predicciones de probabilidades posteriores. Validación cruzada.

ACTIVIDAD PRÁCTICA / SALIDA DE CAMPO: La materia se centrará en un enfoque orientado a la acción que propicie una genuina comprensión de los conceptos y las herramientas, a la vez que estimule la autonomía para definir y resolver problemas. Este enfoque va en línea con el continuo aprendizaje a través del hacer que ocupa gran parte de nuestra vida profesional. Se partirá de los conocimientos previos de los estudiantes, teniendo en cuenta sus intereses y necesidades. A lo largo de la cursada se trabajará con problemas reales, de interés para los estudiantes y de relevancia local ecológica, social o productiva. Se los abordará como ejemplos, ejercicios y estudios de caso. Como la mayoría de los modelos rápidamente requieren una implementación informática para su análisis y ajuste a datos, se trabajará en desarrollar un manejo fluido de programación en computadora que permita flexibilidad y eficiencia en el manejo de modelos. En todo momento, se propiciará un ambiente reflexivo, asistido por breves tareas semanales de autoevaluación.
En línea con la elección de un enfoque orientado a la acción, las clases teóricas se centrarán en la discusión grupal de los diferentes temas y conceptos a partir de la bibliografía obligatoria. Para cada material bibliográfico se contará con una guía de lectura. En clase se abordarán las dudas que surgieran de las lecturas y se elaborará grupalmente, poniendo el foco en ejemplos concretos, en constante relación con los intereses y las experiencias de cada participante. También se contará con invitados para conocer y discutir sobre su modo de desarrollar y aplicar modelos a situaciones específicas. A lo largo de la cursada, cada estudiante presentará brevemente en forma oral algún aspecto de los temas de la materia o resultados parciales de sus propias elaboraciones.
En las clases prácticas los estudiantes aplicarán a través de la implementación informática los conceptos vistos en las clases teóricas. Se usará el programa R (con sus diversos paquetes); para análisis bayesianos se introducirá el uso en R de Stan. Estos programas y paquetes son de uso libre y gratuito. Se verán criterios y normas generales de programación. Cada estudiante deberá traer su computadora portátil con los programas instalados.
Luego del primer mes de clases, cuando ya se hayan estudiado diferentes tipos de modelos y ejemplos de ellos, cada estudiante deberá elegir un sistema de interés para modelar y analizar. Con ayuda del docente y en discusión con los demás estudiantes, cada estudiante definirá un modelo a desarrollar e implementar durante el resto de la cursada. En caso de utilizar datos, podrán ser datos propios o de bancos de datos públicos. Antes de finalizar la cursada, cada estudiante compartirá oralmente su trabajo a modo de presentación en congreso. Además, al fin de la cursada, cada estudiante entregará por escrito con formato de breve artículo científico el trabajo realizado. Para ello, durante la cursada se abordarán los lineamentos para la elaboración de un artículo científico y se acompañará en su elaboración, con entregas parciales preliminares por cada sección del artículo científico y devoluciones del docente.

EVALUACIÓN Y ACREDITACIÓN: La evaluación se realizará a través de dos

modalidades: formativa y sumativa.
La evaluación formativa buscará mejorar el proceso de aprendizaje y el desarrollo de los estudiantes mediante la identificación de necesidades y ajustes continuos. A través de las interacciones grupales, autoevaluaciones, coevaluaciones y el análisis del trabajo de los estudiantes, se irá adecuando el abordaje de los temas del programa, tomando en cuenta las habilidades, los conocimientos y los intereses de los estudiantes.
La evaluación sumativa se realizará de acuerdo con lo estipulado en la normativa vigente (Ordenanza UNCo 0273/18), a lo largo de la cursada y al final de ella. Constará de:
• Dos exámenes parciales teórico-prácticos: en ellos se evaluará la comprensión y la aplicación de los principales contenidos abordados en clase, analizando situaciones del ámbito ecológico y proponiendo posibles abordajes.
• Trabajos prácticos: realizados en las clases prácticas, basados en la implementación en R de modelos y su análisis.
• Un trabajo final: cada estudiante desarrollará un estudio de caso que presentará por escrito en formato de publicación científica y de manera oral como en un congreso científico.
Previamente a cada parcial, habrá una clase de consulta y se definirán horarios adicionales para consultar al docente. Luego de cada parcial, con la entrega de la nota, habrá una instancia de intercambio sobre el parcial y su resolución. También habrá una instancia de recuperación.
Para regularizar la materia, se deberá: i) asistir, al menos, al 70% de los trabajos prácticos, ii) entregar la totalidad de los trabajos prácticos y aprobar el 70% de ellos, iii) aprobar los dos parciales teórico-prácticos, y iv) realizar satisfactoriamente el trabajo final, cumpliendo con su presentación escrita y oral.
Para promocionar la materia, se deberá: i) regularizar la materia, y ii) obtener en ambos parciales y el trabajo final una nota mayor o igual a siete (7), con un promedio mayor o igual a ocho (8) entre las tres instancias de evaluación.
Quien haya regularizado la materia y no logre la promoción deberá rendir un examen final oral que se aprobará con una nota mínima de siete (7).

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:

- Bolker, B. 2008. Ecological Models and Data in R. Princeton University Press.
- Clark, J. S. 2007. Models for Ecological Data: An Introduction. Princeton University Press.
- Gelman, A. & Hill, J. 2006. Data Analysis Using Regression and Multilevel/Hierarchical Models. Cambridge University Press.
- Matthiopoulos, J. 2011. How to be a Quantitative Ecologist: The 'A to R' of Green Mathematics and Statistics. John Wiley & Sons.
- Maynard-Smith, J. 1978. Models in Ecology. Cambridge University Press.
- McElreath, R. 2020. Statistical Rethinking: A Bayesian Course with Examples in R and Stan. 2nd Edition. CRC Press.
- Otto, S. P. & Day, T. 2007. A Biologist Guide to Mathematical Modeling in Ecology and Evolution. Princeton University Press.
(El material estará disponible en formato digital)

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA U OPTATIVA:

- Gelman, A., J. Carlin, H. Stern, D. Dunson, A. Vehtari, and D. Rubin. 2014. Bayesian Data Analysis. 3rd edition. Chapman & Hall/CRC.
- Stan Development Team. 2024. Stan User's Guide. Version 2.36. https://mc-stan.org/docs/2_36/stan-users-guide/

- Stan Development Team. 2024. Stan Reference Manual. Version 2.36. https://mc-stan.org/docs/2_36/reference-manual/

APOYO TÉCNICO REQUERIDO:

SOPORTE: PEDCO

CARGA HORARIA TOTAL: 160
Horas Asincrónicas:

CRONOGRAMA:

Se adjunta.

Juan M. Gurevitz