

Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco

Facultad de Ingeniería – Sede Puerto Madryn



Curso de Posgrado - Resolución DFI N°744/18

# **Ecología matemática: principios y aplicaciones**

Objetivos: - Brindar las herramientas básicas de modelización matemática de procesos ecológicos en ecología de poblaciones y de comunidades. - Explorar aspectos de aplicación (conservación, producción, desarrollo sostenible, cambio climático, manejos de ecosistemas).

El curso está dirigido a biólogos, agrónomos, matemáticos, físicos u otros profesionales de las ciencias naturales interesados en la aplicación de modelos matemáticos a la ecología.

## **Profesores Responsables:**

Dr. Fernando Momo y Dr. Leonardo Saravia (*UNGS*)

## **Modalidad de cursado:**

40 hs. Presenciales del **10 al 14 de Diciembre de 2018**.  
UNPSJB – CENPAT, Puerto Madryn, Chubut.

Se entregarán certificados de asistencia y aprobación

## **Curso arancelado, cupos limitados.**

Inscripción abierta hasta el **2 de Noviembre de 2018**.

**Consultas e inscripción:** mferrari7@gmail.com

FUNDAMENTACIÓN: El curso cubre un área de vacancia en la ciencia argentina ya que los temas de ecología matemática, sobre todo en aspectos aplicados, tienen cada vez más demanda tanto en investigación como en el campo de la decisión y el diseño de políticas de manejo de ambientes naturales y el control de las enfermedades.

La formación de postgrado en el área de las Ciencias Biológicas y disciplinas afines se beneficia con el aprendizaje del manejo de los modelos matemáticos aplicados a la ecología tanto para la investigación básica como para el manejo y la transferencia.

El curso está planteado para brindar conceptos teóricos básicos, un panorama general de aplicaciones a casos concretos, herramientas de simulación y ajuste, y criterios para la utilización de modelos matemáticos en ecología con diferentes objetivos.

Se trata de un curso Teórico-Práctico que involucra clases teóricas acerca de cada unidad, ejercitación, discusión de publicaciones y formulación de modelos a partir de problemas propuestos por los profesores y por los participantes.

OBJETIVOS: Brindar a los estudiantes una formación en las herramientas básicas de modelización matemática de procesos ecológicos en ecología de poblaciones y de comunidades.

Enseñarles las diferentes maneras de formular, analizar y ajustar los modelos matemáticos en ecología.

Explorar aspectos de aplicación (conservación, producción, desarrollo sostenible, cambio climático, manejos de ecosistemas).

#### PROGRAMA:

##### Unidad I

Introducción a los modelos matemáticos. ¿Para qué sirven los modelos? Tipos de modelos matemáticos. Secretos de cocina: cómo plantearse y construir un modelo matemático: las preguntas, las hipótesis, el objetivo. Determinación de variables y de parámetros. Razonabilidad de los supuestos. Condiciones de borde. Imposibilidades biológicas. Y una vez que tenemos el modelo, ¿qué?

Modelos continuos de crecimiento poblacional. Variables y parámetros. Equilibrio y estabilidad en modelos continuos. Ajuste de parámetros: aproximación clásica y aproximación bayesiana. Análisis de sensibilidad. Comportamientos asintóticos y fluctuantes. Aplicaciones de modelos matemáticos continuos. Métodos de análisis. Ejemplos.

Práctica: propuesta de modelos y aproximación numérica de los mismos: ¿cómo y por qué se producen las floraciones de algas tóxicas?

##### Unidad II

Modelos continuos de interacción entre poblaciones. Formulación y análisis de los modelos. Depredación, competencia, mutualismo, interacciones indirectas. Modelos con desenlaces variables: teoría generalizada de las interacciones. Equilibrios, estabilidad, fluctuaciones. La matriz jacobiana y su empleo. Simulaciones. Variaciones sobre los modelos continuos. Sistemas presa-depredador en ambientes variables. Efecto Allee y sus consecuencias. Diferentes respuestas funcionales y numéricas: matemática y biología de la depredación. Depredación en cadenas de detritívoros. Sistemas bajo explotación. Variables forzantes. Interacciones no lineales y respuestas abruptas. Teoría de catástrofes. Puntos de quiebre y equilibrios múltiples. El ejemplo del sobrepastoreo. Ecuaciones de Hill y respuestas no lineales generalizadas.

Estudio de casos: 1. Competencia y depredación en poblaciones de crustáceos de agua dulce; 2. Competencia con disturbios ambientales en bentos marino.

Práctica: determinación de umbrales en modelos con interacciones variables.

### Unidad III

Modelos poblacionales discretos. Ecuaciones en diferencias. El crecimiento discreto y los modelos no lineales. Puntos fijos, fluctuaciones y caos. Modelos discretos de interacciones entre poblaciones. Modelos para poblaciones con estructura espacial y/o etaria. Los modelos matriciales. Análisis básico de modelos matriciales. Sensibilidad y elasticidad. Proyección de matrices. Cálculo de estructura estable de edades y de valor reproductivo. ¿Cómo formulamos modelos con estadíos? Estudio de caso: efectos subletales del glifosato sobre lombrices de tierra.

Práctica: Modelos matriciales para control de especies invasoras.

### Unidad IV

Modelos matemáticos en ecología de comunidades. Las medidas de complejidad de una comunidad: riqueza, estimadores, importancia; diversidad específica, interpretación en términos de información, partición de índices, combinación; las funciones de distribución de abundancias relativas, serie exponencial (Fisher), serie geométrica (Motomura), modelo del bastón roto (MacArthur), modelo log normal (Preston), modelo de Mandelbrot. Propiedades sintéticas de las comunidades. Producciones, potencia, exergía, transformidad, ascendencia. Planteo de hipótesis y modelos a nivel de comunidades. Modelos de redes tróficas: una introducción.

Práctica: cálculos básicos sobre redes tróficas; aplicación de índices.

### Unidad V

Escala espaciales y temporales. Anidamiento jerárquico. Teoría fractal y caos en ecología. Qué es una estructura fractal. Ejemplos: Perifiton y multifractales; macrofitas e invertebrados; distribución fractal de la biomasa; patrones fractales en ecosistemas marinos, de agua dulce, terrestres. Métodos de cuantificación de patrones y de fragmentación. Propiedades relacionadas con medios heterogéneos. Fragmentación y disipación: encadenamiento entre fractalidad y conceptos termodinámicos. Escalas espaciales y temporales dominantes, ¿qué nos enseñan respecto a los flujos y procesos principales? Otras funciones de distribución de abundancias relativas (modelo de Mandelbrot, ley de Zipf). Percolación.

### METODOLOGIA DIDÁCTICA:

El curso se dictará con una carga horaria total de 40 horas presenciales más tarea para el hogar. En las mañanas se dictarán preferentemente las clases teóricas, por la tarde se realizarán las prácticas y la discusión de trabajos.

### SISTEMA DE EVALUACIÓN:

Para aprobar el curso los estudiantes deberán asistir al menos al 80% de las clases y aprobar un examen final escrito de doble instancia: una primera instancia presencial con un breve cuestionario individual de los contenidos básicos del curso; una segunda instancia no presencial, que puede ser grupal y que consistirá en la formulación de un proyecto que incluya un modelo matemático con tema a elección del estudiante o grupo. El plazo de entrega para la segunda instancia será de dos semanas.

## BIBLIOGRAFÍA:

1. ALLIGOOD, K. T., T. D. SAUER, J. A. YORKE. Chaos. An introduction to dynamical systems. Springer-Verlag, New York. 1997.
2. ARNLOD, V. 1987. Teoría de Catástrofes. Alianza Universidad.
3. BASCOMPTE, FLOS, GUTIÉRREZ, JOU, MARGALEF, SIMÓ y SOLÉ. Ordre i caos en ecología. Universitat de Barcelona. 1995.
4. BASSANEZI, R. 2002. Ensino-aprendizagem com Modelagem Matemática. Editorial Contexto.
5. ÇAMBEL. Applied chaos theory. A paradigm for complexity. Academic Press. 1993.
6. CASWELL (ed.). Advances in ecological research: food webs: from connectivity to energetics. Elsevier – Academic Press. 2005.
7. CASWELL, H. 1989. Matrix Population Models. Sinauer Associated Inc.
8. CUSHING, COSTANTINO, DENNIS, DESHARNAIS, HENSON. Chaos in ecology. Experimental nonlinear dynamics. Academic Press. 2003.
9. DEVANEY. An introduction to chaotic dynamical systems. 2d Ed. Addison-W. 1989.
10. ESTEVA, L. y FALCONI, M. compiladores. 2002. Biología Matemática. Un enfoque desde los sistemas dinámicos. UNAM.
11. FLOS. Ecología. Entre la Magia y el Tópico. Omega. 1984
12. GILLMAN, M. y R. HAILS. An introduction to ecological modelling: Putting practice into theory. Victoria, Blackwell Science. 1997.
13. GONZÁLEZ GUZMÁN, J. 1999. Ecología Matemática. Tomo I. Modelos de tiempo discreto de poblaciones sin estructura. Editorial de la Facultad de Ciencias Básicas y Matemáticas de la Universidad Católica de Valparaíso.
14. GONZÁLEZ GUZMÁN, J. 2001. Ecología Matemática. Tomo II. Modelos de tiempo discreto con estructura etárea, genética y espacial. Editorial de la Facultad de Ciencias Básicas y Matemáticas de la Universidad Católica de Valparaíso.
15. GONZÁLEZ MANTEIGA, M.T. 2003. Modelos matemáticos discretos en las ciencias de la naturaleza. Teoría y problemas. Editorial Díaz de Santos. Madrid.
16. HADELER, K. 1982. Matemáticas para Biólogos. Editorial Reverté.
17. HALL (Ed.). Maximum power. The ideas and applications of H. T. Odum. University Press of Colorado. 393 pp. 1995.
18. HALLAM, T. G. & S. A. LEVIN (Eds.) 1986. Mathematical Ecology. An Introduction. Springer-Verlag. Biomathematics Vol. 17.
19. HARTE. Multifractals. Theory and applications. Chapman & Hall. 2001.
20. HASTIN y SUGIHARA. Fractals. A user's guide for the natural sciences. Oxford University Press. 2002.
21. HASTINGS, A. 1996. Population Biology. Concepts and Models. Springer, New York.
22. HUTCHINSON, G.E. Introducción a la Ecología de Poblaciones Animales. Blume. 1981.
23. JEFFERS, J. Modelos en ecología. Oikos-Tau, Barcelona. 1991.
24. JORGENSEN y SVIREZHEV. Towards a thermodynamic theory of ecological systems. Elsevier. 2002.
25. LEVIN, S. A.; T. G. HALLAM & L. J. GROSS (eds). Applied Mathematical Ecology. Springer-Verlag. Biomathematics Vol. 18. 491 pp. 1988.
26. MAC ARTHUR y WILSON. The Theory of Island Biogeography. Princeton University Press. 1967.
27. MAGURRAN, A.E. Diversidad ecológica y su medición. Ediciones Vedra. 1989.
28. MARGALEF, R. Ecología. Omega. 1981.
29. MARGALEF, R. La Biosfera. Entre la Termodinámica y el Juego. Omega. 1981.

30. MARGALEF. Teoría de los sistemas ecológicos. Alfaomega. 2002.
31. MCCALLUM, H. 2000. Population Parameters: Estimation for Ecological Models. Blackwell Science.
32. MCGLADE, J. (Ed.) 1999. Advanced Ecological Theory: Principles and Applications. Blackwell Science.
33. MOMO, F. y A. CAPURRO. 2006. Ecología Matemática. Principios y Aplicaciones. Ediciones Cooperativas. 114 pp.
34. NEWMAN, E. 1993. Applied Ecology. Blackwell Science.
35. PEITGEN, JÜRGENS y SAUPE. Chaos and fractals. New frontiers of science. Springer-Verlag. 1992.
36. ROUGHGARDEN, J.; R. MAY y S. LEVIN. 1989. Perspectives in Ecological Theory. Princeton University Press.
37. SÁNCHEZ GARDUÑO, F. MIRAMONTES, P. y GUTIÉRREZ SÁNCHEZ, J.L. Coordinadores. Clásicos de la biología matemática. Siglo Veintiuno editores. 2002.
38. SORNETTE. Critical phenomena in natural sciences. Chaos, fractals, self-organization and disorder: concepts and tools. 2nd Ed. Springer. 2004.
39. SOUTHWOOD, T. y P. HENDERSON. 2000. Ecological Methods. 3ª edición. Blackwell Science.
40. VALDERRAMA BONNET, M. 1995. Modelos matemáticos en las ciencias experimentales. Madrid, Ediciones Pirámide.