

Análisis cuantitativo y modelización en Ecología
Semestre B-2013

Horario: Lunes: 2 horas teóricas (8-10am) y 6 horas de prácticas (10am-12pm y 2 pm-6 pm) 5 UC

Profesores: Mayanín Rodríguez y Lina Sarmiento.

Duración del curso: Inicio: 21 de octubre de 2013. Finalización de clases: 10 de marzo de 2014.

PROGRAMA

La Ecología como Ciencia se caracteriza por analizar problemas en una serie de niveles de integración, desde el individuo hasta los ecosistemas y la ecosfera y por utilizar escalas espaciales que van de unos pocos centímetros cuadrados hasta cientos de kilómetros. Asimismo las escalas de tiempo van de los segundos a los millones de años. Por otro lado la comprobación de hipótesis y teorías concerniendo problemas ecológicos utiliza ya sea enfoques experimentales de campo y de laboratorio, junto con observaciones directas. La magnitud del trabajo y las circunstancias de la realidad hacen a veces difícil la replicación. Por otro lado la variabilidad intrínseca de los sistemas ecológicos a veces dificulta la detección de las tendencias generales, al confundirse el efecto de múltiples variables. Por todo esto el análisis estadístico de datos ecológicos presenta un grado particular de dificultad. Los experimentos requeridos para responder las preguntas planteadas pueden tener diseños complejos y requerir técnicas estadísticas avanzadas. Este curso, por su naturaleza introductoria, solo pretende presentar al estudiante de ecología unas primeras herramientas para la organización de su información y su procesamiento estadístico, camino que deberán seguir recorriendo y profundizando si desarrolla una carrera en la investigación ecológica. Actualmente, existen una serie de programas de computación que han facilitado la labor de procesar datos, graficarlos y analizarlos, pero muchas veces se utilizan de forma inapropiada y nos pueden llevar a sacar falsas conclusiones y cometer errores. A lo largo del curso se aprenderá a utilizar hojas de cálculo para organizar los datos y realizar un procesamiento básico de los mismos, programas estadísticos para un procesamiento más avanzado, incluyendo el análisis multivariado tan utilizado en ecología. Luego veremos herramientas de análisis espacial, cada vez más utilizadas para el monitoreo de los ecosistemas y su grado de degradación.

Otra herramienta por excelencia de la ecología es la modelización matemática, la cual nos ayuda a sintetizar gran cantidad de información sobre el funcionamiento de los sistemas bajo estudio, poner a prueba el conocimiento que tenemos sobre estos sistemas, definir áreas prioritarias de investigación y, en una etapa posterior, predecir el comportamiento futuro o encontrar estrategias para optimizar el funcionamiento de los sistemas de acuerdo a objetivos específicos. También en esta área, el avance de la computación nos provee de herramientas que han hecho accesible a la comunidad general de ecólogos no solo la posibilidad de utilizar modelos sino también de incursionar en la formulación de sus propios modelos sin necesidad de un conocimiento avanzado en programación digital.



TEORIA

Clase Introdutoria

La naturaleza de los datos ecológicos. Importancia de un diseño cuidadoso de la toma de datos. El detective ecológico o como descubrir lo que ocultan los datos. La necesidad de herramientas estadísticas para la prueba de hipótesis. ¿Una o varias hipótesis? Los datos espaciales. Los modelos de simulación. El uso de programas de computación. Estructura del curso.

UNIDAD 1. USO DE PROGRAMAS BÁSICOS PARA EL MANEJO DE DATOS Y GRAFICACIÓN

Objetivo

Aprender y/o profundizar en el manejo de programas básicos para la compilación, organización, procesamiento, visualización y análisis de datos numéricos y categóricos.

Contenido

1.1 Hojas de cálculo. Introducción al uso de Excel, familiarización con las herramientas del programa y su utilidad en el procesamiento de datos ecológicos y climáticos.

1.2 Graficadores. Tipos de gráficos. Introducción al uso de Sigma Plot, funciones y herramientas del programa.

UNIDAD 2. ESTADÍSTICA APLICADA A LA ECOLOGIA

Objetivo

Utilización de programas de computación avanzados para análisis estadísticos descriptivos y complejos. Realizar análisis de estadística descriptiva. Análisis de varianza. Análisis de regresión y correlación. Interpretar las salidas de datos en función de los principales parámetros estadísticos.

Contenido

2.1 Estadística básica. Variabilidad de las mediciones. Distribución de frecuencia. La población y la muestra. Media, mediana y moda. Parámetros de dispersión, la varianza y la desviación estándar. El error estándar de la media. Intervalos de confianza. Grados de libertad. Skewness. Kurtosis. Test estadísticos y significancia. La hipótesis nula. Errores tipo I y II. La distribución t de student. Probabilidad y poder. Comparación de dos medias. Regresiones lineales. Correlaciones.

2.2 Estadística avanzada. Análisis de varianza. Transformación de los datos. Tests post hoc. Experimentos factoriales. Estadística no paramétrica. Regresiones no lineales. Regresiones múltiples lineales y no lineales.

UNIDAD 3. ESTADÍSTICA MULTIVARIADA



Objetivo

Introducir al estudiante en el conocimiento y manejo de programas especializados de análisis de ordenamiento y clasificación de datos ecológicos. Lograr que el estudiante construya matrices generales y aplique métodos de ordenamiento y clasificación de la vegetación utilizando programas especializados como PC-ORD

Contenido

3.1. Análisis de ordenamiento. La multidimensionalidad de los datos ecológicos. ¿Por qué ordenamiento? Gradientes en las comunidades. Promedios ponderados. Interpretación ecológica de gradientes. Datos primarios. Tipos de análisis de ordenamiento (indirectos y directos).

UNIDAD 4. INTRODUCCIÓN AL USO DE PROGRAMAS DE ANÁLISIS ESPACIAL

Objetivo

Introducir al estudiante en los aspectos generales de un SIG, sus aplicaciones, bondades y requerimientos. Conocimiento de datos espaciales y georreferenciación. Conocimiento básico de un SIG, Manejo de un Sistema de posicionamiento Global (GPS) y sus aplicaciones.

Contenido

4.1 Sistemas de Posicionamiento Global: ¿Qué es el Sistema de Posicionamiento Global (GPS)? Otros sistemas de posicionamiento global. ¿Cómo es el funcionamiento de un GPS? Fuentes de error. Tipos de GPS. Ejemplos del uso del GPS en estudios ecológicos. Sistema de proyección: Datum, Esferoide y Sistemas de Coordenadas.

4.2 Sistemas de Información Geográfica: ¿Qué es un Sistema de Información Geográfica? SIG como herramienta en Ecología del Paisaje. Análisis espaciales: índices de diversidad del paisaje, tasas de cambio del paisaje, modelos de hábitats, modelos de interpolación, etc. Algunos ejemplos en Ecología del paisaje. Tipos de mapas.

UNIDAD 5. INTRODUCCIÓN A LA MODELIZACIÓN DE SISTEMAS ECOLÓGICOS

Objetivo

Recibir un entrenamiento básico para la formulación de modelos matemáticos de sistemas ecológicos como herramientas de sistematización del conocimiento y de predicción.

Contenido

5.1 Introducción a los modelos. Definición de sistema. ¿Que es un modelo de simulación? Utilidad de los modelos: entender, predecir, controlar, organizar la investigación, sintetizar grandes cantidades de datos, etc. Tipos de modelos: dinámicos, estáticos, estadísticos, mecanísticos, deterministas, estocásticos, continuos, discretos, espacialmente homogéneos, espacialmente heterogéneos. Propiedades de los modelos: realismo, precisión, generalidad. Ejemplos de modelos de sistemas ecológicos y su aplicación.

5.2 El proceso de modelización. Formulación de objetivos e hipótesis, formulación matemática, implementación en lenguaje de computador, calibración, validación y aplicación. Formulación cualitativa de modelos de simulación. Diagramas de Forrester y sus componentes (variables de estado, flujos, influencias, parámetros, variables auxiliares, variables exógenas). Errores en un diagrama de Forrester.

5.3 Formulación cuantitativa de modelos de simulación I: Definir ecuaciones, calibrar parámetros, chequear unidades, correr un modelo. Ecuación de diferencia y ecuaciones diferenciales. Soluciones analíticas y numéricas. Formulaciones matemáticas frecuentes en sistemas biológicos: flujos constantes, tasa relativas, retroalimentación positiva y negativa (autoinhibición, limitación por un factor externo, saturación). Oscilaciones.

5.4 Calibración, validación y análisis de sensibilidad. Herramientas estadísticas.

5.5 Propagación de errores. Análisis de Monte-Carlo. Condiciones de equilibrio. Respuesta a perturbaciones.

5.6 Formulación cuantitativa de modelos de simulación II. Acción de masas. Factores controladores múltiples. Ecuaciones matemáticas útiles. Caja de Herramientas.

5.7 Formulación cuantitativa de modelos de simulación III. Modelos ecosistémicos. Producción primaria, descomposición, balance hídrico, ciclado de nutrientes.

PRACTICA

Práctica 1: Uso de Excel. Importación de datos, ordenado y filtrado de información, búsqueda y selección, utilización de fórmulas matemáticas, manejo de matrices con gran volumen de información, análisis de dispersión.

Práctica 2: Uso de Sigma plot. Importación de datos a Sigma Plot, construcción de diferentes tipos de gráficos, gráficos de anomalías, gráficos de caja, climadiagramas, edición y exportación de gráficos.

Práctica 3: Estadística. Importación de datos. ¿Cómo organizar los datos en SPSS? Tipos de datos en SPSS: nominales, ordinales o escalares. Filtros. Estadística descriptiva. Regresiones lineales. Correlación. Visualización de los resultados.

Práctica 4: Estadística. Análisis de varianza de una o dos vías. Tests post hoc. Experimentos factoriales. Estadística no paramétrica. Regresiones no lineales. Regresiones múltiples lineales y no lineales. Análisis de medidas repetidas. Análisis de series de tiempo.

Práctica 5: Estadística multivariada. Clasificación. Conocer el funcionamiento del programa PC-ORD. Analizar una matriz de datos ecológicos e interpretar los resultados. Discutir comparativamente la utilidad de los métodos de ordenamiento y clasificación.



Práctica 6: Uso del GPS. ¿Cómo utilizar de un GPS?: Captura de puntos, navegación, medición de áreas, descarga de puntos, despliegue de la información sobre mapas y en Google Earth.

Práctica 7: Sistemas de información geográfica. Georreferenciación, elaboración de tablas, vectorización de tablas a mapas de puntos, creación de mapas de segmentos y polígonos, mapas rasters. Análisis básicos de parámetros espaciales: áreas, perímetro, números de polígonos.

Práctica 8: Formulación cualitativa de modelos de simulación. Construcción de diagramas de Forrester y su implementación en Vensim.

Práctica 9: Formulación cuantitativa de modelos de simulación. Analizar los diferentes elementos de la interfase de vensim: barra de título, menú, barra de herramientas principal, barra de herramientas para la construcción del esquema, herramientas de análisis, barra de estatus, área de trabajo. Ver el manual y documentación del modelo. Modelos de crecimiento poblacional exponencial y logístico. Modelo de predador-presa. Analizar los modelos y la respuesta a los parámetros. Aprender a hacer gráficos. Colocar un grafico en la hoja. Señalar objetos con símbolos diferentes. Añadir comentarios o títulos al esquema. Aprender a ver tablas. Aprender a ver el resultado de varias corridas simultáneamente. Aprender a usar variables auxiliares.

Práctica 10. Importar datos de excel para calibrar un modelo. Calibración por optimización. Confrontar un modelo con datos reales (validación) y calcular la bondad de ajuste. Comparar los resultados de dos modelos y decidir cual es mejor.

Práctica 11. Análisis de sensibilidad. Uso de suscritos. Modelos ecofisiológicos: fotosíntesis, respiración, senescencia.

Práctica 12. Ensamblaje de un modelo agroecosistémico. Modelo de producción vegetal. Modelo de producción animal. Modelo de descomposición. Acoplamiento de los modelos. Calibración. Análisis del comportamiento del modelo.



BIBLIOGRAFIA

- Aronoff, S. 1993. *Geographic Information System: A management perspective*. WDL Publications, Canada.
- Fariñas, M.R. 1996. Análisis de la vegetación y de sus relaciones con el ambiente mediante métodos multivariantes de ordenamiento. Postgrado en Ecología Tropical. CIELAT – ULA, Mérida.
- Gergel, S.E. and Turner, M.G. (Eds) 2002. *Learning Landscape Ecology. A practical guide to concepts and techniques*. Springer – Verlag New York, Inc.
- Haefner, JW. 2005. *Modeling biological systems. Principles and Applications*. Springer. Johnston, C. 1998. *Geographic Information Systems in Ecology*. QH541 J64
- Haines-Young, R., Green, D.R. and Cousins, S.H. (Eds) 1994. *Landscape Ecology and GIS*. Taylor & Francis Ltd. Bristol, Great Britain.
- Johnston, C. 1998. *Geographic Information Systems in Ecology*. QH541 J64
- Jongman, R.H.G., TerBraak, C.J.F. and Tongeren, O.F.R. (Eds) 1995. *Data Analysis in Community and Landscape Ecology*. Cambridge University Press
- Klopatek, J.M. and Gardner, R.H. 1999. *Landscape Ecological Analysis: Issues and Applications*. Springer-Verlag New York, Inc.
- Leps, J., Smilauer, P. 2003. *Multivariate análisis of ecological data using CANOCO*. Cambridge University Press. 269 pag.
- McGarigal, K., Cushman, S., Stafford, S. 2000. *Multivariate Statistics for Wildlife and Ecological Research*. Springer. 283 pag
- Penning de Vries, F., Jansen, D., ten Berge, H., Bakema, A. 1989. *Simulation of ecophysiological processes and growth in several annual crops*. Pudoc. Wageningen.
- Pielou, EC. 1984. *The interpretation of ecological data. A primer on classification and ordination*. John Wiley & Sons. 262 pag.
- Ray, M., Mangel. M. 1997. *The ecological detective: confronting models with data*. Princeton University Press.
- Thornley, J., Johnson, I. 2000. *Plant and Crop modeling. A mathematical approach to plant and crop physiology*. The Blackburn Press.
- Turner, M.G., Gardner, R.H. and O'Neill, R.V. 2001. *Landscape Ecology. In theory and practice. Pattern and process*. Springer – Verlag New York, Inc.

CRONOGRAMA

| S | Fecha | Actividad Teórica | Actividad Práctica | Responsable |
|----|-------------------|---|--|-------------|
| 1 | 21 octubre 2013 | Introducción al curso (8:00-9:30) | Práctica 1 (10:00 a 12:00) (2:00-4:00) | MR |
| 2 | 28 octubre 2013 | Unidad 1.2 (10:00-12:00) | Práctica 1 (cont.) (8:00-10:00) Práctica 2. (2:00-6:00) | MR |
| 3 | 4 noviembre 2013 | Unidad 2.1 (8:00-9:30) | Práctica 3 (10:00-12:00, 2:00-6:00) | MR |
| 4 | 11 noviembre 2013 | Unidad 2.2 (8:00-9:30) | Práctica 4 (10:00-12:00, 2:00-6:00) | MR |
| 5 | 18 noviembre 2013 | Unidad 4.1 (8:00-9:30) | Práctica 6 (10:00-12:00, 2:00-6:00) | MR |
| 6 | 25 noviembre 2013 | Unidad 4.2 (8:00-9:30) | Práctica 7 (10:00-12:00, 2:00-6:00) | MR |
| 7 | 2 diciembre 2013 | | Práctica 7 (8:00-12:00, 2:00-6:00) | MR |
| 8 | 16 enero 2014 | Unidad 3.1 (8:00-9:30) | Práctica 5 (10:00-12:00, 2:00-6:00) | MR |
| 9 | 20 enero 2014 | Examen Parcial 1 8:00 a 12:00 Unidad 5.1 (2:00-6:00) | | MR LS |
| 10 | 27 enero 2014 | Unidad 5.2 (8:00-9:30) Unidad 5.3 (2:00-3:30) | Práctica 8 (10:00-12:00) Práctica 9 (4:00-6:00) | LS |
| 11 | 3 febrero 2014 | Unidad 5.4 (8:00-9:30) | Práctica 10 10:00-12:00, 2:00-6:00 | LS |
| 12 | 10 febrero 2014 | Unidad 5.5 (8:00-9:30) | Práctica 11 10:00-12:00, 2:00-6:00 | LS |
| 13 | 17 febrero 2014 | Unidad 5.6 (8:00-9:30) Unidad 5.7 (10:00-12:00) | Práctica 12 2:00-6:00 | LS |
| 14 | 24 febrero 2014 | | Práctica 12 8:00-12:00, 2:00-6:00 | LS |
| 15 | 10 marzo 2014 | Examen Parcial 2 8:00-12:00 | | LS |

EVALUACION

La evaluación se realizará a través de dos exámenes parciales de tipo principalmente práctico. No hay examen final.

Examen Parcial 1 (Unidades 1 a 4) 40%

Examen Parcial 2 (Unidad 5) 40%

Ejercicios prácticos (Todas las unidades) 20%

