

Actividades prácticas para reforzar el aprendizaje del temario de asignaturas teóricas

Docente: Leonel López Toledo

Semestre: 7 y 9

Unidad de Aprendizaje (=asignatura): Muestreo y análisis de datos ecológicos

Tema: Introducción a R para el análisis de datos ecológicos

Introducción

El análisis de datos es una etapa fundamental en la investigación en ecología de comunidades, ya que permite transformar observaciones de campo en evidencia cuantitativa para evaluar hipótesis y detectar patrones en la naturaleza. En este contexto, el uso de herramientas computacionales se ha vuelto indispensable debido al volumen y complejidad de los datos ecológicos.

El lenguaje de programación **R** es uno de los entornos más utilizados en ecología para el manejo, análisis y visualización de datos. Su carácter de código abierto, flexibilidad y amplia disponibilidad de paquetes especializados (por ejemplo, para diversidad, modelos estadísticos y análisis multivariados) lo convierten en una herramienta central en la formación de ecólogos.

Una ventaja clave de R es la **reproducibilidad**, es decir, la capacidad de documentar y replicar completamente los análisis realizados mediante scripts. Esto es especialmente relevante en el análisis de comunidades biológicas, donde se integran múltiples métricas (riqueza, abundancia, diversidad) y procedimientos estadísticos.

En esta práctica, los estudiantes aprenderán los fundamentos del uso de R aplicado a datos ecológicos reales, incluyendo la importación de datos, su exploración, manipulación, exploración descriptiva, gráfica y análisis básicos. Esta actividad servirá como base para prácticas posteriores más avanzadas en análisis de comunidades.

Objetivo de la actividad:

Introducir a los estudiantes en el uso del software R para la organización, análisis y visualización de datos ecológicos. Específicamente los estudiantes se:

- Conocerán y se familiarizarán con el entorno de trabajo de RStudio.
- Importarán y explorarán bases de datos ecológicas descriptiva y gráficamente.
- Manipular datos (filtrar, seleccionar, resumir).
- Comprender la importancia de la reproducibilidad mediante scripts.

Instrucciones:

Previo a la práctica

Antes de la práctica, los estudiantes deben instalar R y Studio, así mismo descargarán la base de datos proporcionada y deberán tener nociones básicas de qué es una variable, y los diferentes tipos de variables (numéricas, categóricas, etc)

Forma de evaluación/rúbrica:

Esta práctica se evaluará mediante un reporte de práctica. Todos los reportes de clase corresponderán al 20% de la calificación final.

Referencias bibliográficas:

- Crawley, M. 2012. The R Book. Blackwell Science.
- Elzinga, C. L., Salzer, D. W., Willoughby, J. y Gibbs, J. P. 2001. Monitoring plant and animal populations. Blackwell Science, Massachusetts.
- Gotelli, N. 2008. A primer of Ecology. Sinauer Associates
- Matloff N. 2011. The art of R Programming. A tour of statistical software design. No Starch Press. San Francisco.

Actividades prácticas para reforzar el aprendizaje del temario de asignaturas teóricas

Docente: Leonel López Toledo

Semestre: 8

Unidad de Aprendizaje (=asignatura): Muestreo y análisis de datos ecológicos

Tema: Muestreo de comunidades

Introducción

El estudio de las comunidades biológicas es central en la ecología, ya que permite comprender cómo se organizan las especies en el espacio y el tiempo, así como los procesos que determinan su distribución y abundancia. Una comunidad biológica se define como el conjunto de poblaciones de distintas especies que coexisten e interactúan en un área determinada y en un tiempo específico. El muestreo ecológico es la herramienta fundamental para caracterizar estas comunidades. Dado que es impráctico censar todos los organismos presentes, se emplean métodos de muestreo que permiten obtener estimaciones representativas de atributos comunitarios como la riqueza de especies, la abundancia, la diversidad, la composición y la estructura de la comunidad. La selección del método de muestreo depende del tipo de comunidad que se vaya a estudiar, la escala espacial, y los objetivos del estudio. Entre los métodos más comunes se encuentran los cuadrantes, transectos y puntos de conteo, cada uno con supuestos y limitaciones específicas.

En esta práctica, los estudiantes aplicarán técnicas de muestreo en campo para evaluar una comunidad biológica, generando datos que posteriormente serán analizados para inferir patrones ecológicos. Este ejercicio permitirá vincular la teoría ecológica con la obtención y análisis de datos reales, enfatizando la importancia del diseño de muestreo en la inferencia ecológica.

Objetivo de la actividad:

Los estudiantes entenderán los análisis de estructura de una comunidad biológica mediante la aplicación de métodos de muestreo ecológico en campo y el análisis de datos obtenidos.

El objetivo es que los estudiantes obtengan datos de comunidades biológicas seleccionadas en equipo y aprendan a realizar e interpretar los diferentes tipos de análisis.

Específicamente los estudiantes:

- Aplicarán un método de muestreo (cuadrantes o transectos) en una comunidad natural.
- Registrar datos de abundancia y/o cobertura de especies.
- Estimarán la riqueza de especies y la diversidad de la comunidad.
- Analizarán la estructura de la comunidad (dominancia, equidad, etc).
- Evaluarán la representatividad del esfuerzo de muestreo.
- Discutirán las limitaciones metodológicas y posibles sesgos del muestreo.

Instrucciones:

3.1 Previo a la práctica

- Seleccionar la comunidad a estudiar (vegetación secundaria, bosque, etc.).
- Definir el método de muestreo a utilizar.
- Desarrollar un formato de campo que refleje el diseño del estudio.

3.2 Muestreo en campo

A) Delimitación del área de estudio

- Establecer un área representativa del sitio.
- Evitar zonas con disturbios evidentes (a menos que ese sea el objetivo).

B) Implementación del método

C) Registro de datos

- Identificación de especies (o morfoespecies)

Registrar variables ambientales relevantes para la pregunta de investigación:

- Altura de vegetación

- Cobertura total
- Variables ambientales (luz, pendiente, etc.)

3.3 Análisis de datos (en gabinete)

Con los datos obtenidos, calcular:

- Riqueza de especies (S)
- Abundancia total (N)
- Índices de diversidad (ej. Shannon o Simpson)
- Curvas de acumulación de especies
- Análisis multivariados si se comparan diferentes comunidades

Forma de evaluación/rúbrica:

Esta práctica se evaluará mediante un reporte de práctica. Todos los reportes de clase corresponderán al 20% de la calificación final.

Referencias bibliográficas:

- Crawley, M. 2012. The R Book. Blackwell Science.
- Elzinga, C. L., Salzer, D. W., Willoughby, J. y Gibbs, J. P. 2001. Monitoring plant and animal populations. Blackwell Science, Massachusetts.
- Gotelli, N. 2008. A primer of Ecology. Sinauer Associates
- Matloff N. 2011. The art of R Programming. A tour of statistical software design. No Starch Press. San Francisco.

Actividades prácticas para reforzar el aprendizaje del temario de asignaturas teóricas

Docente: Leonel López Toledo

Semestre: 7 y 9

Unidad de Aprendizaje (=asignatura): Muestreo y análisis de datos ecológicos

Tema: Análisis de la Diversidad Biológica

Introducción

La diversidad biológica es un concepto central en ecología, ya que describe la variedad de formas de vida y su organización en distintos niveles, desde genes hasta ecosistemas. A nivel de comunidades, la diversidad integra dos componentes fundamentales: la riqueza de especies (número de especies) y la equidad (distribución de abundancias entre especies).

El análisis cuantitativo de la diversidad permite comparar comunidades, evaluar el efecto de gradientes ambientales y detectar cambios asociados a disturbios o manejo. Para ello, se han desarrollado múltiples índices, entre los que destacan Shannon y Simpson, que incorporan tanto la riqueza como la abundancia relativa de las especies.

Más recientemente, el enfoque de los números de Hill ha ganado relevancia, ya que proporciona un marco unificado para interpretar la diversidad como el “número efectivo de especies”, facilitando comparaciones ecológicamente más intuitivas. Este enfoque permite evaluar la diversidad en distintos órdenes (q), dando mayor o menor peso a las especies raras o dominantes.

El análisis de diversidad también requiere considerar el esfuerzo de muestreo, ya que la riqueza observada depende del número de individuos o unidades de muestreo. Por ello, herramientas como las curvas de acumulación de especies y métodos de rarefacción/extrapolación son esenciales para evaluar la completitud del muestreo.

En esta práctica, los estudiantes analizarán datos de comunidades biológicas para estimar y comparar su diversidad, utilizando métricas clásicas y modernas, e interpretando los resultados en un contexto ecológico.

Objetivo de la actividad:

Analizar la diversidad biológica de comunidades ecológicas mediante el uso de métricas cuantitativas e interpretación ecológica de los resultados. Específicamente los estudiantes aprenderán a:

- Calcular la riqueza de especies y la abundancia total.
- Estimar índices de diversidad (Shannon, Simpson).
- Aplicar el enfoque de números de Hill para distintos órdenes de diversidad (q).
- Evaluar la completitud del muestreo mediante curvas de acumulación.
- Comparar la diversidad entre comunidades o sitios.
- Interpretar patrones de diversidad en función de procesos ecológicos (dominancia, rareza, heterogeneidad).

Instrucciones:

Previo a la práctica

Preparación de datos

- Utilizar datos de comunidad (proveniente de una práctica de campo o proporcionada).
- Elaborar la base de datos por:
 - Filas: unidades de muestreo (comunidades)
 - Columnas: especies
 - Valores: abundancia, cobertura (o presencia/ausencia)

Forma de evaluación/rúbrica:

Esta práctica se evaluará mediante un reporte de práctica. Todos los reportes de clase corresponderán al 20% de la calificación final.

Referencias bibliográficas:

- Crawley, M. 2012. *The R Book*. Blackwell Science.
- Begon, Michael, Townsend, Colin R. & Harper, John L. (2006). *Ecology: From Individuals to Ecosystems*. Blackwell.
- Chao A., Chiu, C.-H., & Jost, L. (2014). *Unifying Species Diversity, Phylogenetic Diversity, Functional Diversity, and Related Similarity and Differentiation Measures Through Hill Numbers*. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*.
- Chao A. et al. (2014). *Rarefaction and Extrapolation with Hill Numbers: A Framework for Sampling and Estimation in Species Diversity Studies*. *Ecological Monographs*.
- Chao A. et al. (2020). *iNEXT: iNterpolation and EXTrapolation for Species Diversity*. R package.
- Colwell R. et al. (2012). *Models and Estimators Linking Individual-Based and Sample-Based Rarefaction, Extrapolation and Comparison of Assemblages*. *Journal of Plant Ecology*.
- Hadley Wickham & Golemund, G. (2017). *R for Data Science*. O'Reilly.
- Jari Oksanen et al. (2022). *vegan: Community Ecology Package*. R package.
- Jost L. (2006). *Entropy and Diversity*. *Oikos*.
- Magurran, Anne E. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing.
- Mark O. Hill (1973). *Diversity and Evenness: A Unifying Notation and Its Consequences*. *Ecology*.

Actividades prácticas para reforzar el aprendizaje del temario de asignaturas teóricas

Docente: Leonel López Toledo

Semestre: 7 y 9

Unidad de Aprendizaje (=asignatura): Muestreo y análisis de datos ecológicos

Tema: Análisis multivariados en ecología de comunidades

Introducción

La diversidad biológica no solo implica el número de especies presentes en una comunidad, sino también la composición, estructura y relaciones entre especies a través del espacio y el tiempo. En este sentido, el análisis de comunidades ecológicas requiere herramientas que permitan evaluar simultáneamente múltiples variables, lo que da lugar al uso de enfoques multivariados.

Los análisis multivariados permiten explorar patrones de similitud o disimilitud entre comunidades, identificar gradientes ambientales subyacentes y detectar agrupamientos en los datos. Técnicas como la **ordenación** (por ejemplo, PCA, NMDS) y los **análisis de clasificación** son ampliamente utilizadas para sintetizar la variación en matrices de comunidad.

En ecología, estas aproximaciones suelen basarse en matrices de abundancia de especies y utilizan medidas de distancia ecológica, como la disimilitud de Bray-Curtis, que captura diferencias en composición y abundancia relativa entre sitios.

Además, los enfoques multivariados pueden integrarse con variables ambientales para evaluar los factores que estructuran la diversidad biológica, permitiendo una interpretación más mecanística de los patrones observados.

En esta práctica, los estudiantes aplicarán técnicas multivariadas para analizar datos de comunidades biológicas, visualizar patrones de diversidad y relacionarlos con posibles gradientes ecológicos.

Objetivo de la actividad:

Analizar patrones de diversidad biológica mediante el uso de herramientas multivariadas aplicadas a datos de comunidades ecológicas en el paquete estadístico R. Específicamente los estudiantes aprenderán a

- Explorar la estructura de una matriz de comunidad.
- Calcular medidas de disimilitud entre sitios.
- Aplicar técnicas de ordenación (PCA, NMDS).
- Visualizar patrones de similitud entre comunidades.
- Relacionar la composición de especies con variables ambientales.
- Interpretar patrones ecológicos a partir de resultados multivariados.

Instrucciones:

Previo a la práctica

Preparación de datos

- Utilizar datos de comunidad (proveniente de una práctica de campo o proporcionada).
- Elaborar la base de datos por: i) Filas: unidades de muestreo ó comunidades, ii) Columnas: especies, iii) Valores: abundancia, cobertura (o presencia/ausencia).
- Matriz ambiental (sitios × variables)

Forma de evaluación/rúbrica:

Esta práctica se evaluará mediante un reporte de práctica. Todos los reportes de clase corresponderán al 20% de la calificación final.

Referencias bibliográficas:

- Bray, J. Roger & Curtis, J. T. (1957). *An Ordination of the Upland Forest Communities of Southern Wisconsin*. Ecological Monographs.
- Borcard, Daniel, Gillet, F., & Legendre, P. (2018). *Numerical Ecology with R*. Springer.
- Crawley, M. 2012. *The R Book*. Blackwell Science.
- Oksanen J. et al. (2022). *vegan: Community Ecology Package*.
- Wickham H. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer.
- Legendre, Pierre & Legendre, Louis (2012). *Numerical Ecology*. Elsevier.
- McCune, Bruce & Grace, J. B. (2002). *Analysis of Ecological Communities*. MjM Software.

