

Liliana Lupo - Nelly Vargas Rodríguez - Fabio Flores

PRÁCTICAS DE ECOLOGÍA GENERAL



PRÁCTICAS DE ECOLOGÍA GENERAL

PRÁCTICAS DE ECOLOGÍA GENERAL

Liliana Concepción Lupo
Nelly Nicolaza Vargas Rodríguez
Fabio Fernando Flores

Universidad Nacional de Jujuy
2020

Prohibida la reproducción total o parcial del material contenido en esta publicación por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, sin permiso expreso del Editor.

Lupo, Liliana Concepción

Prácticas de ecología general / Liliana Concepción Lupo ; Nelly Nicolaza Vargas Rodríguez ; Fabio Fernando Flores. - 1a ed. - San Salvador de Jujuy : Editorial de la Universidad Nacional de Jujuy - EDIUNJU, 2020.

Libro digital, PDF - (Libros de Cátedra)

Archivo Digital: descarga

ISBN 978-950-721-558-2

1. Ecología. I. Vargas Rodríguez, Nelly Nicolaza. II. Flores, Fabio Fernando. III. Título.
CDD 577.07



Colección: *Libros de Cátedra*

Corrección: Ana Lía Rivera

Ilustración de tapa: Agustina Machado

Diseño de Colección: Matías Teruel

© 2020 Lupo, Vargas Rodríguez y Flores

© 2020 Editorial de la Universidad Nacional de Jujuy

Avda. Bolivia 1685 - CP 4600

San Salvador de Jujuy - Pcia. de Jujuy - Argentina

<http://www.editorial.unju.edu.ar>

Tel. (0388) 4221511- e-mail: ediunju@gmail.com

2020 1ra. Edición

Queda hecho el depósito que previene la Ley 11.723

Impreso en Argentina - Printed in Argentina

Dedicamos este libro a nuestros profesores y entrañables compañeros de trabajo: Ing. Agrónomos Rolando Braun Wilke y Blanca Sara Villafañe, como a los estudiantes que cada año nos acompañan. Con todos ellos hemos compartido y compartimos experiencias que nos ayudan a crecer en la dinámica de construcción de las formas de hacer docencia.

AGRADECIMIENTOS

Queremos dar las gracias a los profesionales invitados que brindaron sus charlas en temas específicos de la asignatura Ecología General, compartiendo los resultados de sus investigaciones. Un reconocimiento especial merecen las instituciones que abrieron sus puertas y colaboraron con la logística para los trabajos de campo: Agencia de Desarrollo Sostenible de Los Diques, en especial a la Bióloga Alina Berno; Municipalidad de San Salvador de Jujuy (río Xibi-Xibi); Centro Cultural y Museo Jorge Pasquini López; Parque Botánico Municipal “Barón Carlos María Schüel”.

ÍNDICE

PRÓLOGO

TRABAJO PRÁCTICO N° 1

Clasificación de datos ecológicos

TRABAJO PRÁCTICO N° 2

Flujo de energía en el Ecosistema

TRABAJO PRÁCTICO N° 3

Ecología de campo en ambientes acuáticos lénticos

Toma de datos para análisis físico-químico y ambiental

Toma de datos para análisis biológicos

TRABAJO PRÁCTICO N° 4

Productividad primaria neta en sistemas acuáticos lénticos

TRABAJO PRÁCTICO N° 5

Análisis de datos y de muestras de plancton en sistemas acuáticos lénticos
(dique Las Maderas)

TRABAJO PRÁCTICO N° 6

Biomás, formaciones vegetales y censos de vegetación

Yungas

Distrito del Bosque Montano

Prepuna y Puna

TRABAJO PRÁCTICO N° 7

Ecología de ríos: estudios en sistemas acuáticos lóticos

Obtención de muestras de invertebrados bentónicos

Obtención de muestras de algas bentónicas

TRABAJO PRÁCTICO N° 8

Ecología de ríos: macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores.

Indices de calidad ecologica del agua

TRABAJO PRÁCTICO Nº 9

Ecosistemas acuáticos marinos. Clasificación sistemática y hábitat de moluscos marinos de la orilla rocosa y arenosa argentina

TRABAJO PRÁCTICO Nº 10.

Poblaciones

Estimación del tamaño poblacional

Método de Schnabel. Marcado y recaptura repetidos.

Tablas de vida

Elaboración de la tabla de vida

TRABAJO PRÁCTICO Nº 11

Interacciones biológicas. Interacciones interespecíficas vinculadas a la polinización por abejas melíferas

Interacciones plantas - polinizadores

Índice de riqueza -polínica- (S)

Índice de Dominancia. Índice de Simpson

Coefficiente de similitud de Morisita-Horn

Sobreposición del nicho trófico

TRABAJO PRÁCTICO Nº 12 - PARTE 1

Descripción de la estructura de la vegetación

Estructura de comunidades vegetales

Método de Dansereau

TRABAJO PRÁCTICO Nº 12 - PARTE 2

Estudio de comunidades vegetales: censos y técnicas de muestreo

Censos sin parcelas

Método de los cuartos (método de los cuadrantes)

Censos con parcelas

Técnicas de análisis con puntos (método Australiano)

Transectas

TRABAJO PRÁCTICO Nº 13

Biodiversidad. Índices de diversidad. Metodología para el estudio de la biodiversidad en comunidades acuáticas y terrestres

Medición de la diversidad alfa

Medición de la diversidad beta

TRABAJO PRÁCTICO Nº 14

Ecología Urbana. Contaminación y deterioro ambiental

PRÓLOGO

Los contenidos de este libro están seleccionados de acuerdo a los diseños curriculares para la enseñanza de Ecología, en el ciclo básico de la Licenciatura en Ciencias Biológicas, siguiendo los planes de estudio aprobados por el Ministerio de Educación de la Nación Argentina.

Prácticas de Ecología General enfoca los conceptos clásicos de la ecología, en sus diferentes niveles de organización, con casos de estudio de ecosistemas terrestres y acuáticos tanto locales como regionales del noroeste argentino, donde se desarrollan las investigaciones en problemáticas de la biología y ciencias afines de la Universidad Nacional de Jujuy. Se apunta a considerar especialmente actividades que implican aportes al conocimiento básico, aplicado como a la transferencia de los mismos. La cátedra promueve para esto, convenios específicos de cooperación con los organismos públicos y privados pertinentes, así como una fluida interacción con los miembros de equipos de trabajos de los institutos de investigación de la Universidad Nacional de Jujuy (UNJu) y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), para la interacción en las tareas docentes.

Cada trabajo práctico responde a los contenidos teóricos del programa analítico que se desarrollan durante el cursado de la asignatura. Estos proponen objetivos con actividades específicas que incluyen tareas de campo, gabinete y/o laboratorio para cada tema, como las reseñas bibliográficas para retomar y profundizar los contenidos.

Esperamos que este libro contribuya a la sistematización de las tareas de nuestros estudiantes, durante el cursado de la asignatura, como de otras vinculadas temáticamente a las del ciclo superior. Los conceptos y experiencias aquí plasmados, serán también un aporte a los diferentes ámbitos de la docencia secundaria y terciaria de la región, donde se aborden contenidos de Ciencias Biológicas y Naturales.

CLASIFICACIÓN DE DATOS ECOLÓGICOS

TRABAJO PRÁCTICO N° 1

Objetivos: adquirir conocimientos teóricos prácticos sobre los datos utilizados en el campo de la Ecología, como también el modo de abordaje, análisis e interpretación de los resultados obtenidos con ellos.

Contenidos: marco teórico y actividades prácticas para la comprensión de los datos ecológicos.

Introducción

Los estudios en ecología se realizan basados en la toma de muestras, datos, observaciones y medidas en función de los cuales se pueden proponer hipótesis y extraer conclusiones acerca de una población o comunidad.



Fig. 1.1. Muestreo de campo y obtención de muestras. Fuente: Trabajo de campo. Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).

El término **población** en este contexto se refiere a una **población estadística**, ya que es poco probable que un investigador pueda reunir observaciones sobre todos los miembros de una población. La parte de la población realmente observada se denomina **muestra** sobre la cual se hace el estudio y se establecen resultados y conclusiones. Por otra parte, los **datos** hacen referencia a la información concreta sobre hechos, elementos, etc., que permite estudiarlos, analizarlos o conocerlos. Por ejemplo “los datos del censo poblacional de aves migratorias de la Laguna de Pozuelos”; “el análisis aportó datos de gran interés respecto a la génesis de esta fobia”; “cada ficha contiene los datos morfométricos y fisiológicos de cada individuo de “yaguareté” (*Panthera onca*) del Parque Nacional Calilegua”. No todos son del mismo tipo. El tipo de dato influye en la presentación, tipo de análisis y las interpretaciones.

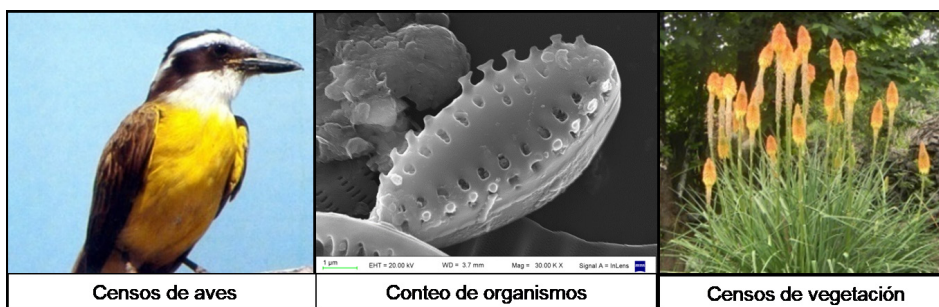
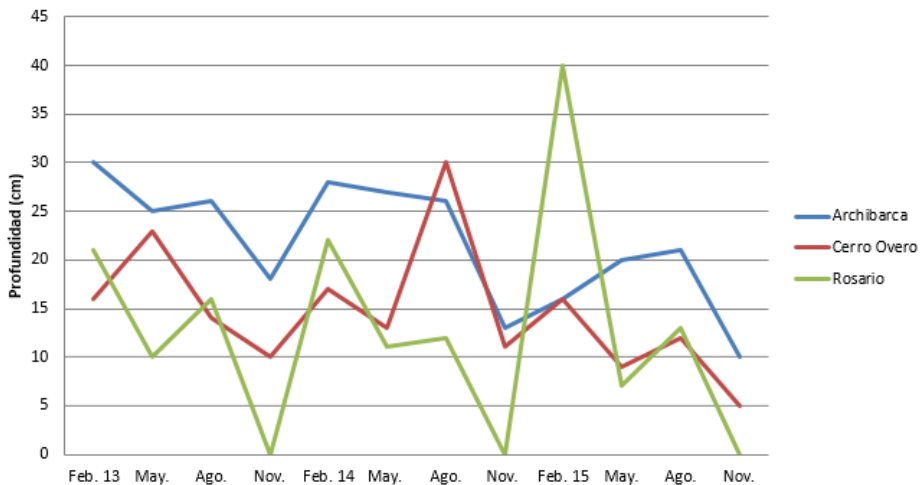


Fig. 1.2. Diferentes tipos de datos obtenidos en el campo. Fuente: elaboración propia. Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).

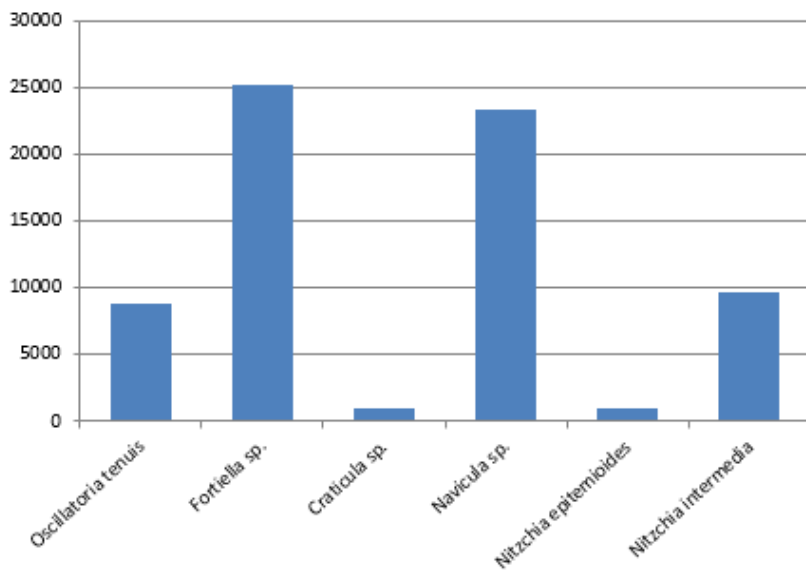
Parámetros/Estación	C. OVERO	ARCHIBARCA	FLAMENCOS	VEGA OLAROZ
Latitud	23°34'55,9"	23°37'23,6"	23°20'30,4"	23° 23' 38,2"
Longitud	66°40'25,2"	66°51'15,5"	66°41'50,1"	66° 48' 22,8"
Altura (msnm)	3921	4039	3921	4213
Profundidad (cm)	5 ± 3	10 ± 5	4 ± 1	8 ± 4
Velocidad agua (m/seg)	Léntico	Léntico	Léntico	0.2 m/seg.
Ancho del cauce (m)	3,41 ± 1,03	0,77 ± 0,35	Laguna	0,45±0,09

Fig. 1.3. Diferentes tipos de datos, construcción de figuras y tablas. Fuente: elaboración propia. Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu)

Variación temporal de la profundidad en los monitoreos limnológicos en los tres afluentes del Salar de Olaroz (2013 - 2015)





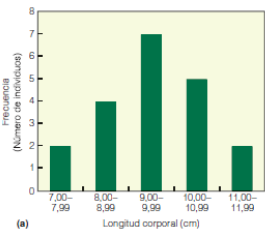
CERRO OVERO
Epipelon - Abundancia promedio de taxones (cél./cm²)



Para la clasificación general de los datos se tienen en cuenta las siguientes categorías:

- **Datos categóricos:** observaciones cualitativas que se dividen en categorías separadas y fácilmente distinguibles (color de pelo o las plumas, sexo, estado reproductivo).
 - **Categóricos nominales:** los objetos se dividen en categorías no ordenadas (color de pelo, sexo; ver ejemplo en Tabla 1.1).
 - **Categóricos ordinales:** el orden es importante (desarrollo gonadal, estado de avance de una enfermedad).
 - **Binarios:** datos categóricos (nominales u ordinales) con solo dos categorías (presencia o ausencia de un rasgo). Tanto los datos nominales como los ordinales pueden ser binarios.
- **Datos numéricos:** Medibles en función de ciertos rasgos cuantitativos. Los datos resultantes son un conjunto de números como la altura, longitud o peso.
 - **Datos numéricos discretos:** solamente algunos valores como números enteros o recuentos (número de descendientes, cantidad de semillas producidas por una planta, visitas a una flor por aves polinizadoras).
 - **Datos numéricos continuos:** es posible cualquier valor dentro de un intervalo (altura, peso, concentración; ver ejemplo en Tabla 1.1).

Tabla 1.1. Ejemplos de clasificación de datos ecológicos.

Ejemplos	Dato ecológico												
<p>Ejemplo 1: Color de la flor en una muestra de 100 plantas de arveja (<i>Pisum sativum</i>)</p>  <table border="1" data-bbox="333 596 776 706"> <thead> <tr> <th>Color de la flor</th> <th>Violeta</th> <th>Rosa</th> <th>Blanco</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>Frecuencia</th> <td>50</td> <td>35</td> <td>15</td> </tr> </tbody> </table>	Color de la flor	Violeta	Rosa	Blanco	Frecuencia	50	35	15	<p>Dato categórico nominal</p>				
Color de la flor	Violeta	Rosa	Blanco										
Frecuencia	50	35	15										
<p>Ejemplo 2: Longitud del cuerpo (cm) de 20 peces luna (<i>Mola mola</i>) tomados como muestra de un estanque.</p> <p>8,83; 9,25; 8,77; 10,38; 9,31; 8,92; 10,22; 7,95; 9,74; 9,51; 9,66; 10,42; 10,35; 8,82; 9,45; 7,84; 11,24; 11,06; 9,84; 10,75</p>  <table border="1" data-bbox="485 1239 742 1366"> <thead> <tr> <th>Longitud corporal (intervalos, cm)</th> <th>Número de individuos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7,00-7,99</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>8,00-8,99</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>9,00-9,99</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>10,00-10,99</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>11,00-11,99</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table> 	Longitud corporal (intervalos, cm)	Número de individuos	7,00-7,99	2	8,00-8,99	4	9,00-9,99	7	10,00-10,99	5	11,00-11,99	2	<p>Dato numérico continuo</p>
Longitud corporal (intervalos, cm)	Número de individuos												
7,00-7,99	2												
8,00-8,99	4												
9,00-9,99	7												
10,00-10,99	5												
11,00-11,99	2												

Actividades

Actividad N° 1 (Fuente: Smith T. M. y R. L. Smith, 2007).

¿Qué tipo de dato ecológico representa el nitrógeno disponible variable (eje **x**) en la figura 1.4?

¿Cómo podría transformar esta variable (nitrógeno disponible) en datos categóricos?

¿Se consideraría ordinal o nominal?

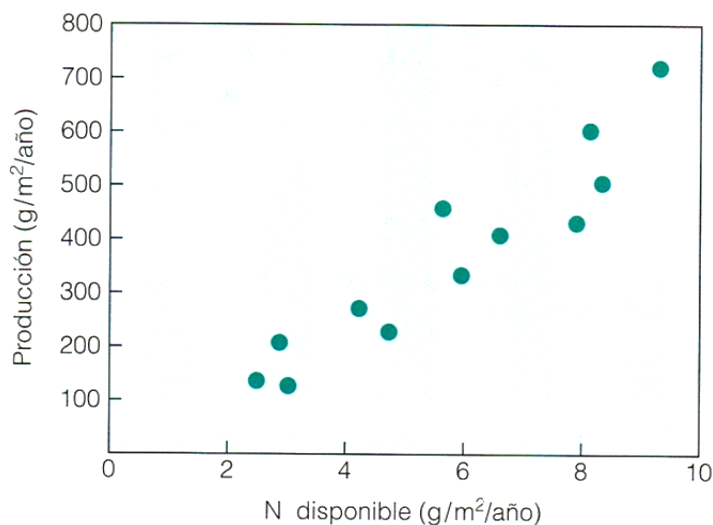


Fig. 1.4. La respuesta de la producción de la pradera a la disponibilidad de nitrógeno. El nitrógeno, la variable independiente, va sobre el eje **x**, la producción de la pradera, la variable dependiente, va en el eje **y**. Fuente: Smith T. M. y R. L. Smith, 2007: 12.

Actividad N° 2

Para desarrollar el siguiente ejercicio, observe la figura expuesta a continuación, el cual refiere al relevamiento de vegetación arbórea de dos parcelas permanentes de Yungas de 100 m² de superficie.

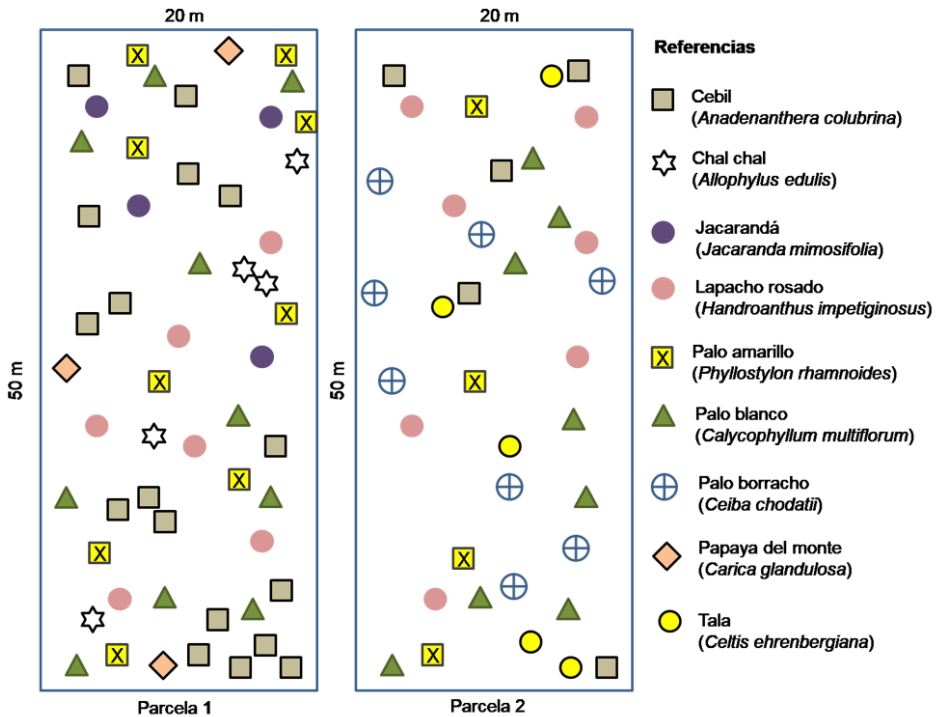


Fig. 1.5. Distribución poblacional de árboles de Yungas en dos parcelas permanentes. Fuente: elaboración propia. Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).

Elabore el listado de vegetación correspondiente haciendo uso de tablas de doble entrada y realice las siguientes actividades:

1. Clasifique la información en datos categóricos binarios y datos numéricos discretos.
2. Elabore los gráficos correspondientes para cada uno de los casos.
3. Interprete los resultados obtenidos.

Actividad N° 3

Para la siguiente actividad se trabajará en grupos y con el material proporcionado por la cátedra. Se trabajará con una comunidad ecológica ficticia que contiene x especies, donde cada "especie" está representada por diversos elementos (botones, semillas, piedras, etc.; ver figura 1.6) y su

abundancia por el número que ellas contienen. La comunidad se encontrará encerrada en una bolsa de tela. En una primera instancia se solicitará a cada grupo que extraiga una porción de la comunidad (muestra) y efectúen las siguientes actividades:



Fig. 1.6. Comunidad ecológica ficticia con x especies (sp.). Fuente: elaboración propia. Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).

Actividad 3.1 En una primera instancia deberán:

1. Identificar el número de especies (riqueza específica) presentes en la/s muestra/s proporcionada a su grupo de trabajo.
2. Determinar abundancia muestral de cada especie identificada.
3. Efectuar la tabulación de los datos global (incluyendo las muestras de los demás grupos de trabajo).
4. Identificar la riqueza específica y la especie abundante (dominante).
5. Clasificar los datos ecológicos.
6. Elaborar los gráficos correspondientes.
7. Interpretar los resultados obtenidos.

Actividad 3.2. En segunda instancia, y teniendo en cuenta la especie más abundante (semillas de “soja”, ver figura 1.7), deberán:

1. Segregar la población de acuerdo al sexo.
2. Cuantificar los individuos por sexo.
3. Clasificar los datos ecológicos.

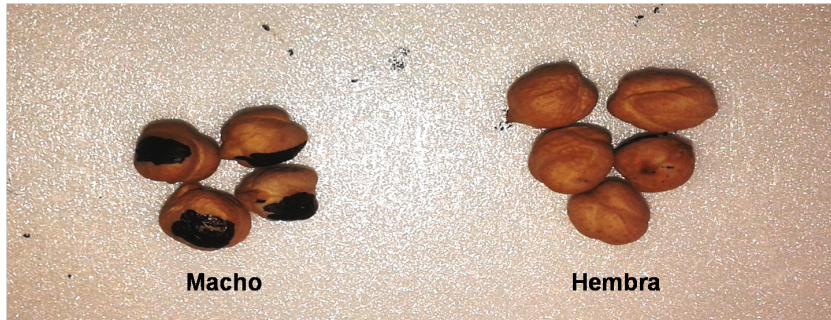


Fig. 1.7. Especie abundante. Fuente: elaboración propia. Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).

Bibliografía

Smith, T. M. y R. L. Smith. (2007). *Ecología*. Madrid: Ed. Pearson.

FLUJO DE ENERGÍA EN EL ECOSISTEMA

TRABAJO PRÁCTICO N° 2

Objetivos: comprender de manera práctica el flujo de energía entre los componentes de sistemas naturales.

Contenidos: marco teórico; ejercicios prácticos.

Introducción

Los ecosistemas están compuestos por organismos que transforman y transfieren energía y compuestos químicos. La fuente energética inicial para todos los ecosistemas es el sol, la cual es captada por los **organismos autótrofos o productores primarios** y constituyen la entrada de energía en los ecosistemas. Haciendo uso de esta energía y las moléculas inorgánicas presentes en el ambiente (H_2O y CO_2) se elaboran hidratos de carbono, los cuales constituyen los cimientos estructurales de polímeros más complejos o actúan de precursores en actividades metabólicas vitales para el organismo. Todos los demás organismos de un ecosistema son mantenidos por esta entrada de energía, la cual es transferida como forraje a los herbívoros, como presas a los carnívoros, y como materia muerta desde cualquiera de esos componentes a los descomponedores. Existen dos grandes grupos de organismos que dependen de los productores primarios: los **consumidores** (herbívoros, carnívoros) son aquellos que obtienen su energía y nutrientes a partir de organismos vivos, mientras que los **descomponedores** son los que satisfacen esas necesidades a partir de organismos muertos.

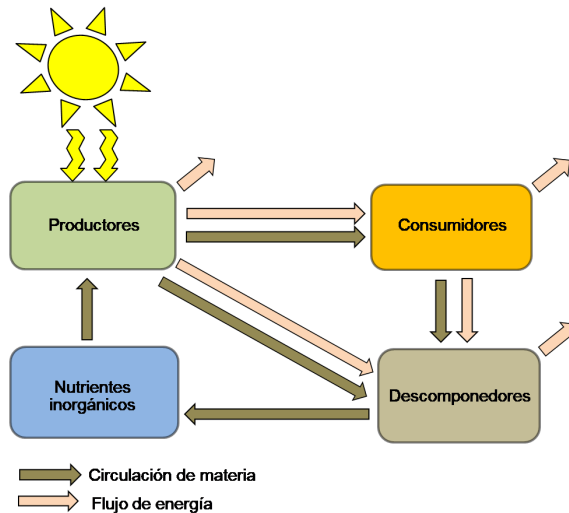


Fig. 2.1. Flujo de energía a través del ecosistema. En la figura se representa mediante un diagrama en el cual la energía proveniente del sol (amarillo y naranja) y los nutrientes inorgánicos (flechas marrones) fluyen a través del ecosistema. Fuente: elaboración propia. Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).

El flujo de energía a través de los distintos niveles tróficos (plantas, herbívoros, carnívoros y descomponedores) está compuesto a su vez por un elevado número de flujos parciales que pueden cuantificarse por diversos métodos. Como puede observarse en la figura 2.2, la cantidad de luz absorbida -determinada directamente por la cantidad de área foliar presente en un ecosistema- y transformada en producción primaria bruta (PPB) depende de la medida en que la luz es convertida en fotosintatos. La producción primaria neta (PPN) es uno de los flujos más importantes en todo ecosistema ya que representa la entrada de energía que estará disponible para los otros niveles tróficos. Para calcular la PPN se emplea la siguiente fórmula: $PPN = PPB - R$ la cual resulta de la diferencia entre la materia orgánica elaborada en el proceso fotosintético (PPB) y la respiración (R) -de una porción de esa materia- efectuada por los organismos autótrofos. La producción en general se expresa en unidades de energía por unidad de superficie por unidad de tiempo: kilocalorías por metro cuadrado por año ($kcal/m^2/año$). Sin embargo, la producción también puede expresarse en unidades de materia orgánica seca: ($g/m^2/año$).

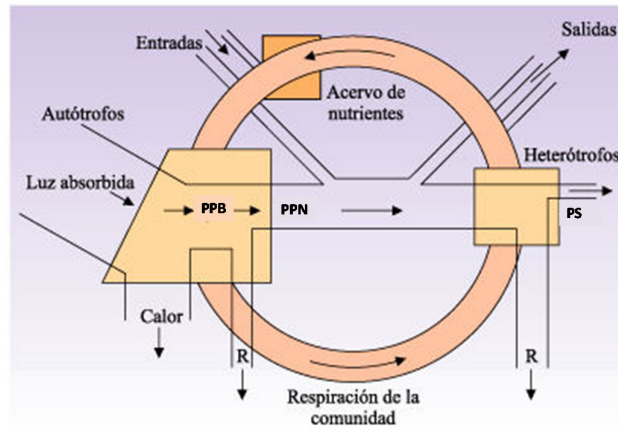


Fig. 2.2. Flujo de energía entre los componentes de un ecosistema. Fuente: imagen adaptada de Odum, 1972.

No toda la productividad primaria neta es consumida por los herbívoros, ya que una parte del tejido vegetal muere y es descompuesto sin ser aprovechada por ellos (representado como *salidas* en la figura 2.2 y *sin consumir* en la figura 2.3). Asimismo, no todo lo que consumen los herbívoros formará parte de sus tejidos, sino que una buena parte se pierde en forma de heces y orina (*salidas* en figura 2.2 y *desechos [W]* en la figura 2.3). Por otra parte, de la energía *asimilada* (A), una porción de la misma se destinará a la *respiración* (R) y obtención de energía química disponible para los procesos metabólicos -de mantenimiento y crecimiento- que se llevan a cabo en el organismo. La porción de la energía asimilada que no se pierde por respiración queda disponible para los carnívoros y se llama *producción secundaria* (PS).

El pasaje de energía desde los herbívoros a los carnívoros es cualitativamente similar al descrito desde las plantas a los herbívoros. Existe una porción no utilizada, otra no asimilada y otra respirada. El resto es la energía fijada en el compartimiento carnívoro y se llama, al igual que en el caso anterior, *producción secundaria* (PS).

El aprovechamiento de la energía que se transfiere de un nivel trófico (n-1) al siguiente (n) recibe el nombre de *eficiencia ecológica* (EE), y puesto

que en la transferencia siempre se disipa calor, será mayor cuanto menor sea la pérdida. Al pasar de un nivel a otro, la energía se reduce diez veces. En este sentido, es importante conocer algunos conceptos relacionados a la eficiencia ecológica:

- Eficiencia de Asimilación (EA): es la proporción de asimilación respecto de la ingestión; constituye una medida de la eficiencia con la que el consumidor aprovecha la energía del alimento y no se pierde como desecho. La fórmula correspondiente es $EA = A/I$.
- Eficiencia de producción (EP): es la proporción de producción respecto a la asimilación; es una medida de la eficiencia con la que el consumidor incorpora la energía asimilada en la producción secundaria. La fórmula correspondiente es $EP = P/A$.
- Eficiencia de consumo (EC): es la proporción de ingestión respecto de la producción. Define la cantidad de energía disponible que se consume. La fórmula correspondiente es $EC = I/P$.
- Biomasa (B): también conocido como biomasa en pie o biomasa de cosecha en pie, hace referencia a la cantidad o peso total de materia viva por unidad de área en un momento determinado. Habitualmente se expresa como peso seco por unidad de superficie ($B = P/Sup$).

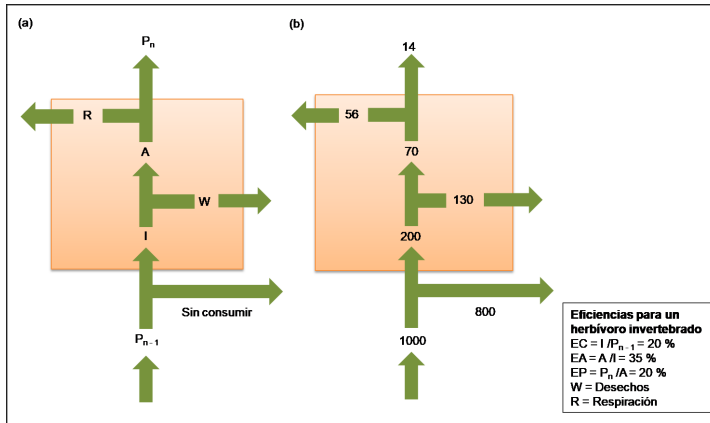


Fig. 2.3. Flujo de energía. (a) Flujo en un solo compartimento trófico. (b) Ejemplo cuantificado del flujo de energía por dicho compartimento en el caso de un herbívoro invertebrado en el que se indican los valores de uso en la tabla de eficiencia. Los valores están en kilocalorías (kcal). P_{n-1} : PPN del organismo autótrofo; P_n : PS del organismo herbívoro; I: energía ingerida por el consumidor herbívoro; A: energía asimilada por el herbívoro; W: desechos (heces y orina) generados por el herbívoro; R: respiración efectuada por el herbívoro; I / P_{n-1} : eficiencia de consumo; A / I : eficiencia de asimilación; P_n / A : eficiencia de producción del herbívoro. Fuente: Smith T. M. y R. L. Smith, 2007: 464.

Actividades

Actividad N° 1

En la figura siguiente se representa el flujo de energía en un mamífero herbívoro pequeño. Complete el diagrama teniendo en cuenta que la porción de alimento asimilado (A) por el consumidor fue de 50 kcal, la eficiencia de asimilación (EA) de 0,33 (33 %), la eficiencia de producción (EP) de 0,4 (40 %) y la eficiencia de consumo fue de 0,25 (25 %).

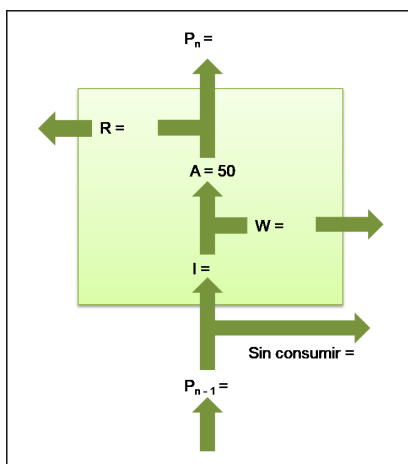


Fig. 2.4. Flujo de energía en un mamífero herbívoro pequeño.

Fuente: Adaptada Smith T. M. y R. L. Smith, 2007: 464.

Actividad N° 2

En la figura 2.5 calcule la B de la siguiente parcela permanente (50 m de ancho por 100 m de largo) de cinco especies de árboles endémicos del Bosque Montano de Yungas (cuyos individuos presentan aproximadamente la misma edad): *Berberis jobii* (palo amarillo), *Handroanthus ochraceus* (lapacho amarillo), *Ilex argentina* (palo yerba), *Juglans australis* (nogal) y *Podocarpus parlatorei* (pino del cerro). Para ello tenga presente los siguientes datos:

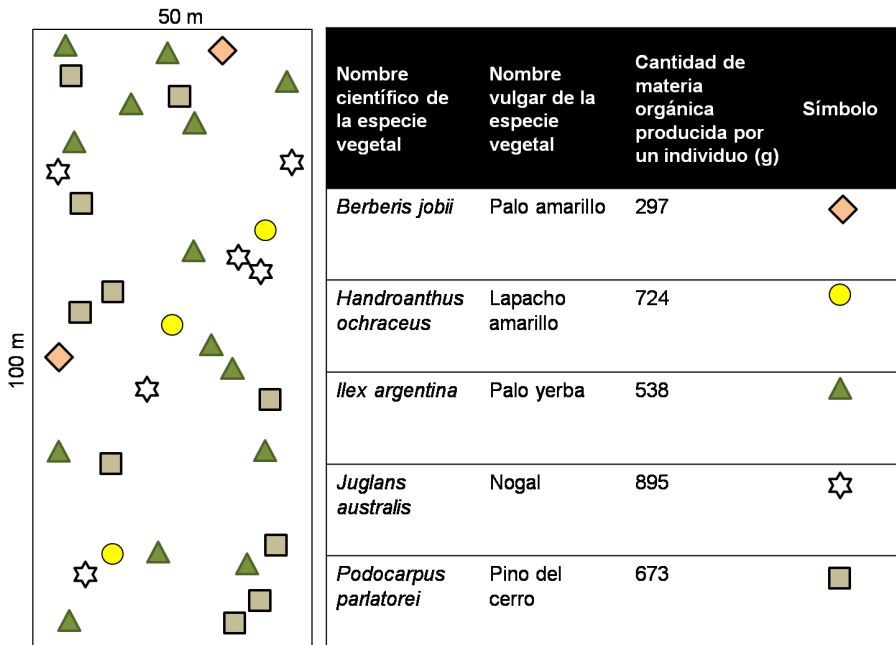


Fig. 2.5. Representación esquemática de una parcela permanente y cinco especies árboles del Bosque Montano de Yungas. Fuente: elaboración propia. Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).

Resuelva:

1. ¿Qué tipo de datos ecológicos son?
2. Tabule los datos y efectúe los cálculos correspondientes.
3. Calcule la B en parcelas permanentes equivalentes a 20 ha.

Actividad N° 3

Productividad ecológica: es la tasa de fijación o almacenamiento de la energía por unidad de tiempo. No debe confundirse con producción. Matemáticamente, es la relación entre producción y biomasa. Representa la tasa proporcional de producción. La fórmula utilizada para su cálculo es la siguiente: $PRODUCTIVIDAD = P/BT$

En las algas, que se reproducen cada 24 horas, la productividad diaria es del 100 %. En los vegetales terrestres es mucho menor.

Ejemplo:

Nivel trófico	Biomasa (B) (kg/m ₂)	Producción (P) (kg/m ₂ /año)	Biomasa total (BT)	Productividad (P/BT)
Plancton vegetal (fitoplancton)	10.000	1.825.000	1.835.000	0,99
Plancton fitófago	18.000	110.000	128.000	0,85
Plancton carnívoro	5400	11.000	16.400	0,67

En el siguiente ejercicio:

1. Complete el cuadro efectuando los cálculos necesarios
2. ¿Qué tipo de datos ecológicos son?
3. Interprete los resultados

Tabla 2.1. Biomasa, producción y productividad en tres niveles tróficos de un ecosistema.

Nivel trófico	Biomasa (B) (kg/m ₂)	Producción (P) (kg/m ₂ /año)	Biomasa total (BT)	Productividad (P/B)
Productor (P)	900.000	7.500.000		
Consumidor de primer orden (C ₁)		553.000		0,8848
Consumidor de segundo orden (C ₂)	350.000		350.000	0,7857

Bibliografía

- Odum, E. P. (1972). *Ecología*. México: Ed. Interamericana.
- Smith, T. M. y R. L. Smith. (2007). *Ecología*. Madrid: Ed. Pearson.

**ECOLOGÍA DE CAMPO EN AMBIENTES
ACUÁTICOS LÉNTICOS**

TRABAJO PRÁCTICO N° 3

Objetivos: Adquirir conocimientos prácticos sobre métodos de estudio en los ambientes acuáticos (lénticos). Lugar de estudio: Dique Las Maderas.

Contenidos: Técnicas para la toma de muestras de parámetros ambientales y muestras biológicas en embalses. Evaluación y diagnóstico del flujo de contaminantes. Procesamiento de datos y análisis de los datos obtenidos en campo utilizando el programa "R". Elaboración de informe.

Introducción

El dique Las Maderas se encuentra ubicado en la provincia de Jujuy, departamento El Carmen, perteneciente al Municipio de la ciudad de El Carmen distante unos 40 km de San Salvador de Jujuy. Las obras se iniciaron en 1930 y se retomaron a fines de la década del 70, habilitándose para su utilización en 1979.

Se accede al dique Las Maderas por la ruta provincial de Jujuy N° 43 pasando por El Carmen, empalmando nuevamente con la ruta nacional N° 9 y finalmente acceder al dique Las Maderas por la ruta provincial N° 62 (Fig. 3.1).

Tiene una capacidad de embalse de 300 hm³, siendo el cierre un dique de tierra de 93 m de altura y 500 m de longitud de coronamiento. El espejo de agua, cuando alcanza la cota máxima, tiene una superficie de 960 hectáreas, con una profundidad máxima de 70 m.

Entre los demandantes de los servicios hidrológicos del embalse Las Maderas se encuentran: los agricultores y productores agrupados en el consorcio de riego, 1000 usuarios que riegan 29.000 ha; consumidores de agua potable, 14.000 familias en zonas urbanas, y la empresa generadora de

electricidad. En cuanto a los servicios ambientales brindados sobresale la belleza escénica, que es demandada por alrededor de 10.000 visitas anuales.

La mayor presión ejercida en los diques, según Monti (2010), está promovida por diferentes actividades antrópicas entre las que se pueden enumerar; erosión en la cuenca, aportes de sedimentos por parte de arroyos y ríos, actividad ganadera (ganado vacuno, caprino, ovino y porcino), actividad agrícola (aporte del agua de escurrimiento con fertilizantes), efluentes contaminantes de casas, hoteles, restaurantes (de sistema de saneamiento mal conformados), entre otros, que atentan contra la sustentabilidad de los servicios ambientales que brinda la cuenca con la cual las sociedades se benefician.



Fig. 3.1. Vista general del espejo de agua en el dique Las Maderas.

Fuente: imagen de Google Earth, julio de 2010.

En marzo de 2010, hubo una gran mortandad de peces, material orgánico flotante y fuerte olor a descomposición. Como respuesta a esos problemas, el estudio de Martinich (2012), concluyó que el dique Las Maderas está gravemente afectado por el fenómeno de eutrofización.

La eutrofización es uno de los problemas ambientales de gran actualidad, teniendo además de importancia ambiental, un fuerte impacto en el aspecto social y económico (véase la figura 5.2). Este fenómeno está

generalmente provocado por un excesivo aporte de nutrientes originado por las actividades humanas; la eutrofización genera una gran producción de biomasa algal en las lagunas y embalses. El fenómeno produce un grave deterioro de la calidad del agua, que puede tener como resultado la muerte de los peces y la aparición de malos olores, como ocurrió en Las Maderas en años anteriores, así como la invasión por algas del grupo de las cianofíceas y dinoflagelados los que en altas poblaciones resultan ser fuertemente tóxicos. En numerosas lagunas sujetas a la eutrofización (lagunas “eutróficas”) se han observado riesgos importantes para la salud y serios daños para el desarrollo socioeconómico de sus alrededores.

Ante una situación de esta naturaleza se deben efectuar estudios que evalúen los aspectos físico-químicos, ambientales, biológicos, etc. *in-situ* o *ex-situ* del cuerpo de agua. Inicialmente se deben abordar aspectos teóricos vinculados al estudio del ambiente acuático léntico de interés, como también la planificación del muestreo, el diseño de investigación, la decisión sobre el número de muestras a coleccionar y el tamaño de muestra, los potenciales sitios de muestreo, la elaboración de la planilla de campo para la colecta de datos, la toma de datos y de muestras de agua, y posteriormente su conservación adecuada hasta su estudio en el laboratorio, donde se observará la biota¹ procedente de los diferentes puntos de estudio elegidos previamente, con el fin de comparar la biodiversidad cuantificada.

Toma de datos para análisis físico-químico y ambiental

Los principales datos del cuerpo de agua que pueden ser coleccionados son los siguientes:

- **Temperatura (T°):** para ello se utilizará el *termómetro* de mercurio calibrado en grados centígrados (°C) y con el cual se registrará la temperatura (T°) del cuerpo de agua, a diferentes profundidades, y la temperatura del aire como dato adicional.
- **pH:** en este caso se hará uso de la cinta de papel para pH o el potenciómetro portátil.

1- Biota: conjunto de organismos vivos (plantas, animales, hongos y otros).

- **Oxígeno disuelto:** se procederá haciendo uso del *oxímetro* portátil o a través del método de Winkler (ver procedimiento en el trabajo práctico N° 4).
- **Turbidez:** para la colecta de este dato se hará uso del *disco de Secchi* (figura 3.2 a), el cual consiste en un disco plano con marcas visibles y sujeto por su extremo superior a una soga graduada en metros, la cual nos otorgará datos de profundidad, y sujeto por su extremo inferior a una soga ligada a una pesa de plomo que permitirá la sumersión del disco. De esta manera es posible observar la profundidad del agua en la cual el disco ya no es visible e indagar sobre la turbidez del mismo.
- **Profundidad:** para valorar este dato se hará uso de una soga graduada en metros y sujeta por su extremo a una pesa de plomo.

También es posible obtener varios de los datos mencionados previamente haciendo uso de instrumental especializado. Por ejemplo la *sonda multiparamétrica* nos otorga valores de oxígeno disuelto, pH, conductividad, temperatura, entre otros.

Por otra parte y según sea el caso, para análisis de sales, materia orgánica, contaminantes (tipo plaguicidas, metales pesados) se deberá tomar una muestra de agua adicional para el análisis respectivo. Esta muestra se obtiene y almacena en una botella de 500 ml la cual debe ser refrigerada.

Toma de datos para análisis biológicos

¿Cómo se toman las muestras de agua?

Para el estudio de comunidades de plancton² se utilizan redes y botellas especiales (*Botella Van Dorn*, ver figura 3.2 b). Las redes tienen una abertura de la malla (tela con la que se confecciona la red) adecuada para el tipo de organismo que se quiere capturar. Para plancton se usan aberturas

2- Plancton: comprende organismos microscópicos que flotan en el agua, generalmente en las capas más superficiales hasta donde penetra la luz. está compuesto por el fitoplancton formado por algas, y el zooplancton compuesto por protozoarios, rotíferos y microcrustáceos (figura 3.3 a, b, c, d).

de malla de 30-60 μ (micras). Las redes pueden ser de arrastre desde una embarcación o pueden ser de toma vertical, siendo lanzada con un peso al fondo y levantada suavemente. El contenido de sedimento de la red se vierte en un frasco de boca ancha, se eleva bien la red para desprejar los organismos adheridos.

Para el estudio de comunidades de bentos³ e invertebrados diversos se procederá a tomar muestras del sustrato del fondo del cuerpo léntico, haciendo uso de dragas, corer (tubo muestreador que extrae los primeros centímetros de suelo) o en el área de orilla.

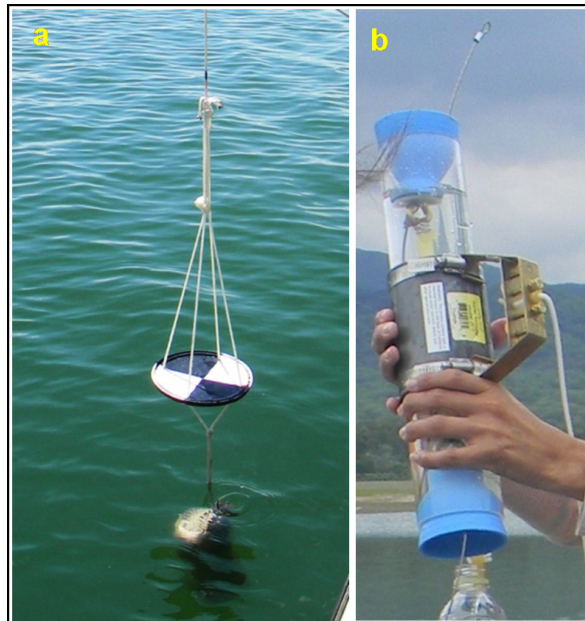


Fig. 3.2. Disco de Secchi (a) y Botella Van Dorn (b) para muestreo en ambientes acuáticos lénticos (cortesía Laboratorio de Limnología y Ecología Acuática, FCA UNJu). Fuente: elaboración propia. Trabajo de campo. Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).

3- Bentos: es el grupo de organismos que vive sobre o dentro del sedimento, está compuesto principalmente de invertebrados como oligoquetos (lombrices de agua), planarias (gusanos planos), moluscos (caracoles y bivalvos) crustáceos y larvas de insectos (figura 3.3 e, f, g).

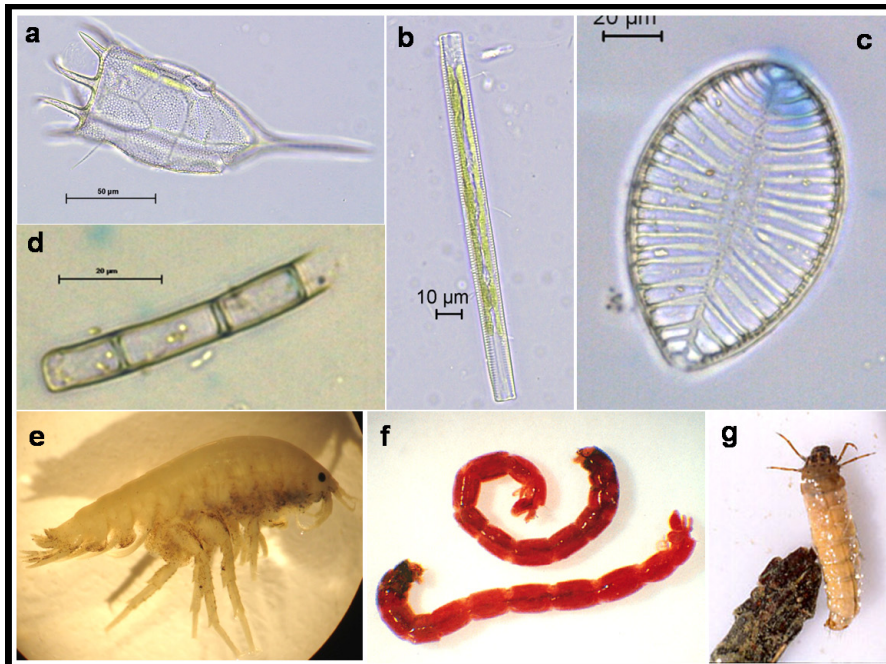


Fig. 3.3. Individuos de comunidades planctónicas (a, b, c, d) y bentónicas (e, f, g).
Fuente: elaboración propia. Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).

Fijación y preservación

Para la fijación y preservación de la muestra se deberá usar solución de formalina 4% en un frasco hermético, la cual será rotulada y almacenada hasta su estudio en laboratorio.

Análisis de la muestra

Bajo lupa y/o microscopio se observa, clasifica y cuantifican los organismos capturados, se hacen listados y se determinan las densidades; en general se habla de organismos por ml o litro, o por m², etc. según sea adecuado. Esos datos numéricos están listos para el análisis estadístico, según el tipo de estudio.

Lugar de muestreo

Previamente se deberá seleccionar el lugar de muestreo a estudiar (lago, laguna, represa, etc.) y se debe sectorizar o seleccionar sitios a lo largo del perímetro de la orilla, o sitios en el centro del lago, etc. Todo esto, tiene que estar planificado bien, con anticipación y junto a información recabada de ubicación geográfica, historia del lugar, dimensiones de la cuenca y el cuerpo de agua, estudios científicos previos, trabajos realizados en la zona, actividades recreativas (pesca por ejemplo), etc. Si es posible se sugiere realizar una visita previa al lugar de estudio de manera de observar aspectos actuales del cuerpo léntico y tener presente la factibilidad del acceso durante todo el año o época de muestreo.

Planilla de campo

La planilla de campo será completada durante la realización de las actividades planificadas previamente. En ella se registrarán el nombre y apellido del planillero (persona encargada de llenar la planilla), fecha, ubicación geográfica (datos adquiridos con el GPS), datos generales del ambiente (vegetación, fauna, etc.) y observaciones de las características abióticas del lugar. Posteriormente se registrarán las mediciones de temperatura, pH del agua, turbidez, etc. como también datos del estado del tiempo, como ser presencia de sol, viento, lluvia, entre otros (ver ejemplo de planilla de registro de datos en tabla 3.1).

Para tener en cuenta en el campo

Observe el área circundante al ambiente bajo estudio ¿Cómo es la vegetación? ¿Existe vegetación decidua o caducifolia? ¿Hay basura? ¿De qué tipo? (plásticos, latas, entre otros).

El agua ¿De qué color es? ¿Qué temperatura tiene? ¿Tiene olor? ¿Tiene partículas en suspensión, visibles? ¿Hay basura? Tenga en cuenta que aunque es posible repetir el espacio físico donde se muestrea es imposible repetir el momento, por lo tanto cuanto más detalladas sean sus observaciones mucho mejor.

Tabla 3. 1. Datos de la sonda multiparamétrica (planilla de registro de datos).

Sitios de muestreo	1	2	3	4	5	6	7
Parámetros							
Nivel de profundidad							
Latitud							
Longitud							
Altitud							
Conductividad							
TDS							
OC%							
Oxígeno disuelto							
PH							

Actividades

Actividad N° 1. Trabajo de campo

Luego de colocarse los elementos de seguridad (chalecos salvavidas), se procede al embarque del equipo de campo y del grupo de investigación, en los botes cedidos por la institución a cargo de los diques en la provincia (en este caso la Intendencia de Los Diques de la provincia de Jujuy). Posteriormente deben efectuar las actividades de obtención de datos para análisis físico-químicos y biológicos:

- Observación del entorno
- Toma de muestras a lo largo de una transecta previamente marcada y consensuada con el equipo de investigación. Si es posible, anticipadamente trabaje en gabinete y efectúe la elección de los sitios a muestrear. Esto es posible haciendo uso de un mapa cartografiado de la zona (por ejemplo, mapas satelitales de Google Earth) y los puntos seleccionados pueden ser cargados en el instrumental GPS, los cuales serán requeridos una vez iniciado el trabajo de campo.
- Anotación de datos en planilla de campo
- Medición de la profundidad
- Uso del disco de Secchi
- Uso de botella Van Dorn
- Uso de sonda multiparamétrica
- Toma de muestra con red (30 μ) de plancton
- Etiquetado y preservación de las muestras

Actividad N°2. Análisis de los datos obtenidos (parámetros físicos y químicos)

- Cartografiado de los datos obtenidos, medidas de posición y dispersión utilizando el software "R".
- Elaboración de gráficos. Análisis de los resultados.
- Elaboración de informe. La elaboración del informe se realizará en

formato estándar incluyendo una introducción, materiales y métodos, los resultados del análisis de los datos de los parámetros físicos y químicos y una breve discusión, conclusiones y bibliografía. Es deseable la presentación adecuada de figuras, gráficos y tablas, que acompañen una redacción clara y concisa.

Bibliografía

Martinich, P. S. (2012). *Evaluación de calidad de agua y las relaciones tróficas entre las comunidades planctónicas en el embalse Las Maderas, Jujuy*. Tesina para optar al título de Ingeniero en Recursos Naturales y Medio Ambiente, Facultad de Ciencias Naturales, UNSa.

Monti, A. (2010). *Los diques de Jujuy. Ubicación, características, tecnología*. Secretaria de Gestión Ambiental, Intendencia de Los Diques.

Organismo Regulador de Seguridad de Presas (ORSEP). *Diagnóstico del estado de las presas de la provincia de Jujuy. Sistema Las Maderas-Los Molinos*. S. S. de Jujuy: Informe Institucional.

Salas, H. J. y Martino, P. (2001). *Metodologías simplificadas para la evaluación de eutrofización en lagos cálidos tropicales*. Centro panamericano de ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente (CEPIS).

United States Environmental Protection Agency (USEPA). (2012). *Recreational water quality criteria*. EPA -820-F-12-0.

Vargas Rodríguez, N. N., Fábrego, L., Schillinger, R. y Villard, V. (2014). *Contaminación y eutrofización en el dique La Ciénaga*. S. S. de Jujuy: Informe técnico Asociación Bosque Modelo Jujuy.

**PRODUCTIVIDAD PRIMARIA NETA EN SISTEMAS
ACUÁTICOS LÉNTICOS**

TRABAJO PRÁCTICO Nº 4

Objetivo: comprender los conceptos relacionados al flujo de energía en los seres vivos y la productividad primaria neta en ecosistemas acuáticos.

Contenidos: método de botella clara/oscura.

Introducción

La presencia de biomasa fitoplanctónica en la columna de agua, fluctuante a escala temporal y espacial, otorga valores dinámicos de la producción primaria neta de un ecosistema acuático. Por ejemplo, un barco o lancha solo puede hacer un muestreo muy reducido en el día, obteniendo datos variables, por lo cual se obtienen pocas estimaciones de la tasa fotosintética y producción primaria neta. Estos valores pueden ser medibles por diversos métodos. Entre los métodos utilizados para la medición de la producción primaria neta se encuentran el método de la fluorescencia natural, del carbono radiactivo y el método de la botella clara/oscura. Este último caso, propuesto por Gaarder y Gran (1927), se basa en la producción de oxígeno de una muestra de agua incubada bajo sus condiciones ambientales, por un determinado período de tiempo. Debido a que el oxígeno es uno de los productos más fáciles de medir tanto en la fotosíntesis como en la respiración, una manera de medir la producción primaria neta en ecosistemas acuáticos, es el cálculo de la concentración del oxígeno disuelto.

Actividades

Actividad N° 1. Colecta de muestras para análisis de la producción primaria neta en ecosistemas acuáticos lénticos.

Para la realización de esta actividad los materiales que se deben utilizar son los siguientes:

- Botellas de vidrio: 2 botellas claras y 1 botella color caramelo.
- Hilo plástico.
- Marcador indeleble y cinta de papel.
- Reactivos químicos: Sulfato de Manganeseo ($MnSO_4$), Hidróxido de sodio (NaOH), Yoduro de potasio (KI) y Ácido Sulfúrico concentrado (H_2SO_4).

La experimentación se inicia con la toma de una muestra de agua procedente de la columna donde frecuentemente circula el fitoplancton, se mezcla y se llenan tres botellas de vidrio en partes iguales de agua y contenido de fitoplancton. La primera de ellas es utilizada para medir la cantidad de oxígeno disuelto al inicio del experimento (botella testigo: BT) y es la base a partir de la cual se calculará la producción. La segunda botella es cerrada con tapón de vidrio y denominada botella clara (BC); es el sitio donde predominará el proceso fotosintético del contenido fitoplanctónico. La tercera botella (color caramelo) es cerrada con tapón de vidrio y oscurecida con cinta aislante u otro material que no permita la entrada de luz (botella oscura: BO), de manera que solo se manifieste el proceso respiratorio del fitoplancton. Las botellas BC y BO son devueltas inmediatamente al nivel del que fue extraída la muestra de agua y se cuelgan, auxiliados con el hilo plástico u otro material, por un período de 4 a 6 horas.

Transcurrido el tiempo requerido se recogen las botellas sumergidas y se analiza su contenido de oxígeno. La diferencia entre el oxígeno de la BC y el oxígeno medido en la BT representa la producción primaria neta (PPN expresada en liberación de oxígeno). Es obvio que parte del oxígeno producido por fotosíntesis es consumido por las actividades respiratorias dentro de la botella, y por lo tanto, no está disponible para el análisis. Por otra parte, la diferencia entre el oxígeno inicial (BT) y el oxígeno remanente

que se encuentra presente en la BO es la respiración (R) (teóricamente la respiración tiene que haber sido similar en ambas botellas: BC y BO). Por último, es posible determinar la producción primaria bruta (PPB) sumando los valores de la PPN ($PPN = BC - BT$) y la respiración ($R = BT - BO$). Por lo tanto la PPB se puede obtener con el contenido del oxígeno de las botellas clara y oscura después de un tiempo dado, teniendo el dato inicial del oxígeno disuelto al inicio del experimento.

Fórmula

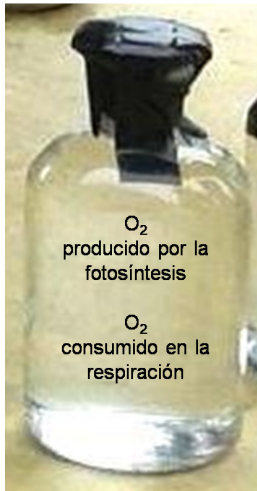
$$PPB = PPN + R$$

$$PPB = (BC - BT) + (BT - BO) \text{ suprimiendo } BT,$$

$$PPB = BC - BO$$

Botella clara (BC)
Muestra de agua que
contiene fitoplancton

Botella oscura (BO)
Muestra de agua que
contiene fitoplancton



O_2 producido por
la fotosíntesis
=

(PPB: Producción
primaria bruta)

(PPN: Producción
primaria neta)

(R: Respiración)

Fig. 4.1. Método de la botella clara/oscura para la evaluación de la producción primaria neta en ecosistemas acuáticos. Fuente: elaboración propia. Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu)

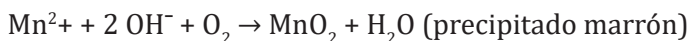
Para evaluar la concentración de oxígeno disuelto en las diferentes muestras se deberá proceder de acuerdo al método de Winkler.

Medición del oxígeno disuelto (OD) en el agua a través del método de Winkler

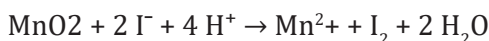
Los niveles de OD en aguas naturales y residuales dependen de la actividad física, química y bioquímica del sistema de aguas. El análisis de OD es una prueba clave en la contaminación del agua y control del proceso de tratamiento de aguas residuales.

El método de Winkler o Yodométrico es un procedimiento titulométrico basado en la propiedad oxidante del OD, consistente en la adición de una solución de manganeso divalente, seguido de un álcali fuerte, a la muestra contenida en un frasco con tapón de vidrio de cierre hidráulico. El OD oxida rápidamente una cantidad equivalente del precipitado disperso de hidróxido manganeso divalente a hidróxidos con mayor estado de valencia.

En presencia de OD:



En presencia de iones yoduro, en solución ácida, el manganeso oxidado revierte al estado divalente



Una vez que el precipitado se ha depositado se añade el H_2SO_4 concentrado.

Procedimiento

Tomar una muestra de agua en un frasco de vidrio con tapa esmerilada, agregarle 2 ml de cada uno de los tres reactivos, en la secuencia:

- Reactivo 1: Sulfato de Manganeso
- Reactivo 2: Hidróxido de Sodio + Yoduro de Potasio
- Reactivo 3: Acido Sulfúrico concentrado.

La muestra y su contenido de oxígeno de este modo queda fijada para su posterior titulación con tiosulfato de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$). Expresión de los resultados. También se pueden efectuar mediciones de la concentración de oxígeno con el uso de la sonda multiparamétrica.

Bibliografía

Cole, G. A. (1988). *Manual de Limnología*. Buenos Aires: Ed. Hemisferio Sur.

Gaarder, T. y Gran, H. H. (1927). "Investigation on the production of plankton in the Oslofjord". *Rapp. Cons. Int. Explor. Mer.*, 42, 1-48. Copenhague: Andr. Fred. Host & Fils.

**ANÁLISIS DE DATOS Y DE MUESTRAS DE
PLANCTON EN SISTEMAS ACUÁTICOS LÉNTICOS
(DIQUE LAS MADERAS)**

TRABAJO PRÁCTICO Nº 5

Objetivo: reconocimiento y recuento de los principales grupos de algas e invertebrados planctónicos de ambientes lénticos, en las muestras obtenidas en la salida al campo al Dique Las Maderas.

Contenidos: muestras de agua obtenidas en el dique Las Maderas y guía fotográfica para la identificación de los organismos observados.

Introducción

Los ecosistemas de agua dulce pueden ser lénticos o de aguas quietas (lagos, lagunas, salares, estanques, pantanos). Se clasifican en Sistemas Lacustres, con masa hídrica importante y profunda, y Sistemas Palustres con masa hídrica a baja profundidad. Presentan las siguientes características

- Forma de cubeta
- Las moléculas de agua no se mueven en una dirección
- Ciclo metabólico que se cierra y completa por sí mismo
- Sucesión: lago-laguna-pantano-suelo emergido y vegetales

En la masa de agua es posible distinguir el conjunto de organismos vivos que habitan en cuerpos de aguas continentales (Limnobiots) como también los factores limitantes que influyen en la distribución de ellos, como ser la luz (índices de turbidez), temperatura, hidrodinámica del agua, oxígeno disuelto (dependiente de la temperatura, presión atmosférica, altura), la salinidad del agua (Ca, Mg, Na, K, Co, So, Cl), etc.

En las lagunas de altura es posible toparse con las siguientes condiciones extremas: baja concentración de oxígeno, amplitud térmica, bajas temperaturas, altitud (lagunas en sectores con 4000 msnm), alta radiación ultravioleta, alta presión, alta salinidad, toxicidad por metales pesados, aguas someras (poco profundas), escasa vegetación, entre otros factores.

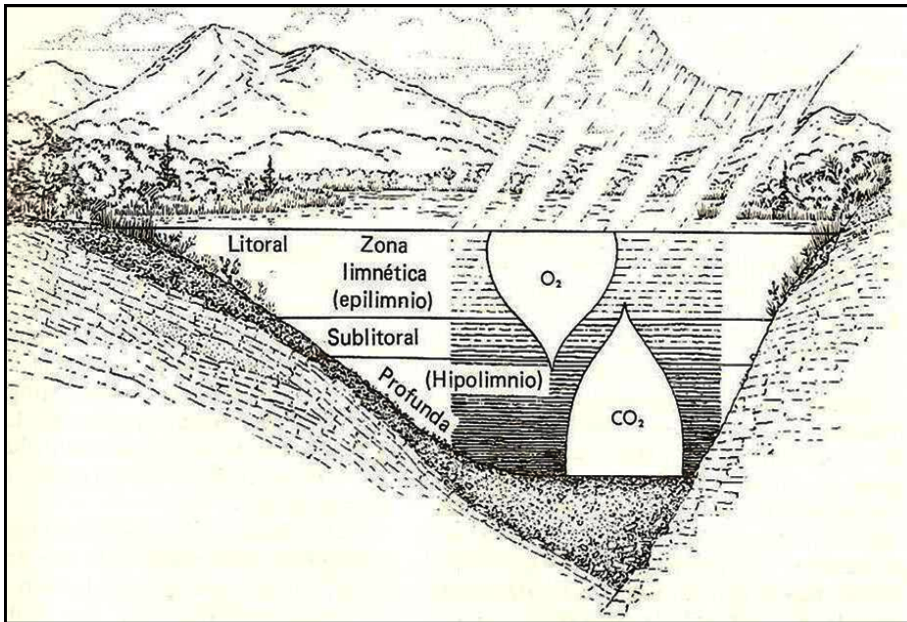


Fig. 5.1. Zonación de cuerpos de agua lénticos. Zona superior iluminada (epilimnio), zona profunda fría y con procesos reductores (hipolimnio).

Fuente: Cole (1988).

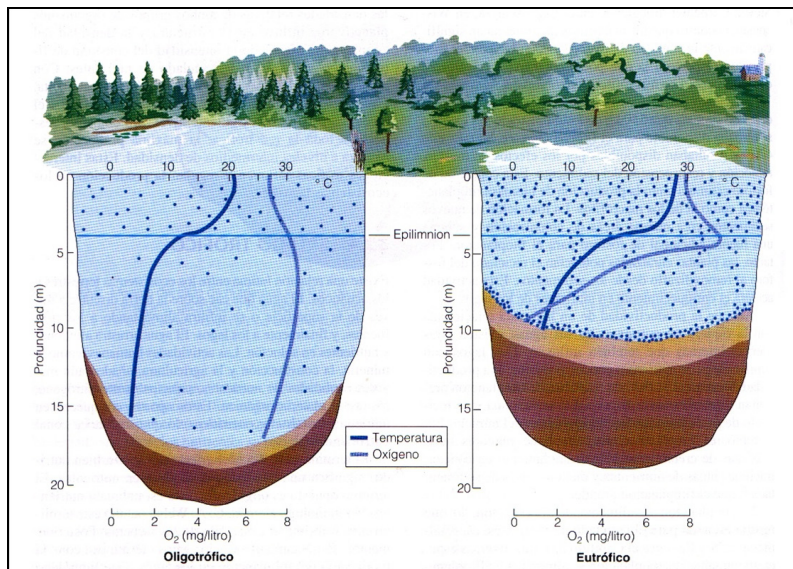


Fig. 5.2. Comparación de lagos oligotróficos y eutróficos. Fuente: Smith T. M. y R. L. Smith, 2012.

Actividades

Actividad N° 1. Trabajo práctico de laboratorio

Para el desarrollo de esta actividad se utilizarán los siguientes materiales:

- Muestra biológica
- Portaobjetos
- Cubreobjetos
- Microscopio óptico
- Gotero o pipeta

La actividad consistirá en la determinación biológica de las muestras de agua obtenidas en los sistemas de agua lénticos (dique Las Maderas por ejemplo). De cada muestra biológica colectada, fijada y preservada oportunamente, se extraerá una submuestra con ayuda del gotero o pipeta y se depositará una gota en una lámina portaobjeto, que inmediatamente será cubierta con una lámina cubreobjeto. Posteriormente y con el auxilio del microscopio óptico observar a menor aumento, e incrementar hasta que sea necesario para la detección de las especies más pequeñas. El método de recuento de los individuos se realizará en muestras frescas y mediante transectas definidas en el preparado. Se debe realizar el recuento total del campo de observación, los cuales se registrarán en los cuadernos de laboratorio. Del número total de muestras elaborar una tabla de especies y sus abundancias por sitio de muestreo. Durante el análisis de los resultados se deberá evaluar la biota planctónica, las especies más frecuentes, especies dominantes, especies raras, etc.

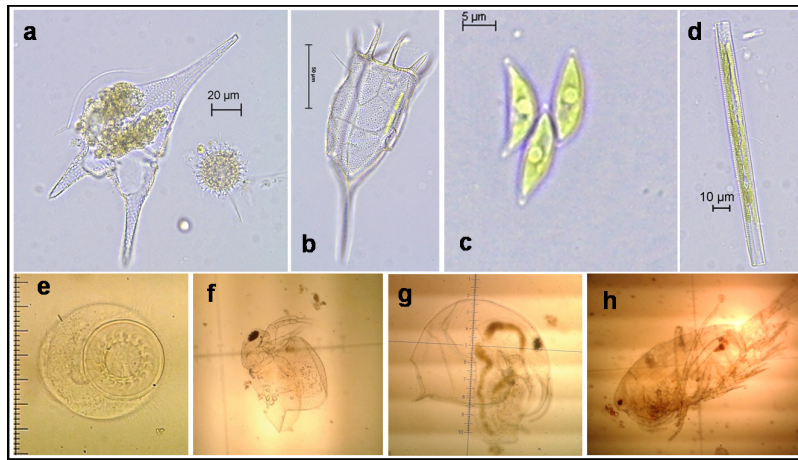


Fig. 5.3. Principales grupos de algas e invertebrados planctónicos de ambientes lénticos. a. *Ceratium furcoides* (Dinoflagelata). b. *Keratella* sp. (Rotifera). c. Bacillariophyceae. d. Chlorophyta. e. *Trichodina* sp. (Ciliata). f y g. Cladocera. h. Copepoda. Fuente: elaboración propia. . Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu)

Bibliografía

Apumaita, T. E.; Maidana, N. I.; Vargas Rodríguez, N. (2019). Serie: *Conociendo la flora y fauna de los ambientes acuáticos de Jujuy*. 1. Catálogo de Diatomeas del Salar de Olaroz. Universidad Nacional de Jujuy. ISBN 978-987-3926-57-0. 58 pág.

Cole, G. A. (1988). *Manual de Limnología*. Buenos Aires: Ed. Hemisferio Sur.

Smith T. M. y R. L. Smith. (2012). *Ecología*. Madrid: Ed. Pearson.

**BIOMAS, FORMACIONES VEGETALES Y CENSOS
DE VEGETACIÓN**

TRABAJO PRÁCTICO N° 6

Objetivo: Observar los diferentes biomas de la provincia de Jujuy, como también sus componentes (formaciones vegetales, los animales que los acompañan, etc.), sus funciones, la belleza y armonía del sistema natural. El conocimiento previo del área de estudio contribuye mucho a lograr ese objetivo. Observar el medio físico y la biota (flora y fauna), como también identificar los factores limitantes. Asimilar los métodos ecológicos utilizados para el muestreo de vegetación herbácea y arbustiva.

Contenidos: guía de estudio para el viaje integrador desde San Salvador de Jujuy a la localidad de Salinas Grandes.

Introducción

Durante la ejecución del viaje integrador, se efectuarán visitas y actividades en diferentes pisos altitudinales de las provincias fitogeográficas de Jujuy (figura 6.1). El viaje incluirá escalas de observación y trabajo en sectores del Distrito Bosque Montano de Yungas y en las provincias fitogeográficas de la Prepuna y Puna.

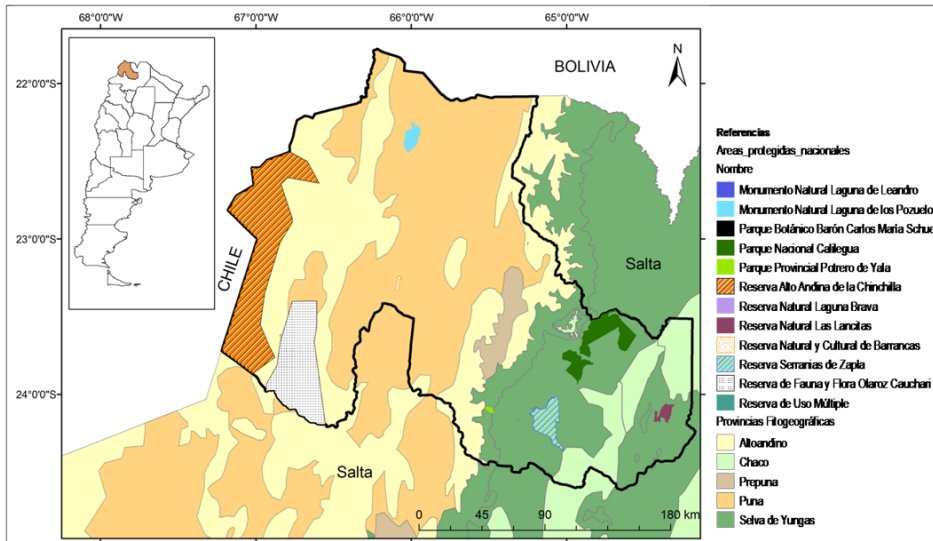


Fig. 6.1. Mapa fitogeográfico de la provincia de Jujuy y representación de las áreas protegidas presentes en la provincia. Fuente: Adaptado de Cabrera (1971). Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).

Yungas

Las Yungas se desarrollan sobre la vertiente oriental de las cadenas montañosas de los Andes desde Colombia y Venezuela hasta la Argentina. También llamadas globalmente como “Bosques Andinos Yungueños o Bosques Nublados”, principalmente por ocurrir en las laderas de las montañas en una franja altitudinal en donde el ambiente se caracteriza por una persistente o estacional cobertura por nubes y neblinas (Brown, 2009). En nuestro país, las Yungas ocupan una superficie estimada actual de 5,2 millones de hectáreas, dispuestas en las laderas húmedas de las Sierras Subandinas del Noroeste de Argentina. Se extienden desde la frontera con Bolivia (23° S) hasta el norte de la provincia de Catamarca (29° S), pasando por las provincias de Salta, Jujuy y Tucumán. También conocidas como “Selva tucumano - boliviana” o “Selva tucumano - oranense” (Cabrera, 1971), presenta en el Noroeste de Argentina una longitud de 600 km en sentido norte - sur y menos de 100 km de ancho, en un rango altitudinal entre los 400 y 3000 msnm (Brown, 2007). Ese cambio altitudinal genera a

su vez variaciones en las condiciones climáticas que determinan cambios en la diversidad biológica.

El clima se caracteriza por ser subtropical con estación seca, con veranos muy húmedos y frescos e inviernos fríos y también húmedos. La temperatura media anual es de 21 °C con una mínima de -7 °C (invierno) y una máxima de 39 °C (usualmente en verano). La precipitación vertical ocurre en forma de lluvia (con valores que alcanzan aproximadamente los 3000 mm anuales, focalizadas de noviembre a abril), granizo e incluso nieve y es habitual la precipitación horizontal en forma de nubes o neblinas que aportan humedad a las laderas, cubriendo los bosques gran parte de los días a lo largo del año (Cabrera, 1971; Brown, 2007).

La vegetación de las Yungas se organiza en pisos o franjas de vegetación de características fisonómico - florísticas bien diferenciadas, la Selva Pedemontana que ocupa sectores entre los 400 y 700 msnm, la Selva Montana que se desarrolla entre los 700 y 1500 msnm y el Bosque Montano que ocupa sectores entre los 1500 y 3000 msnm, lindante con los “Pastizales de neblina” (Brown, 2007).



Fig. 6.2. Selva de Yungas. a. Sector de transición entre los distritos de Selva Pedemontana y Selva Montana en la localidad de Los Naranjos, Salta (760 msnm).
b. Sector de Selva Montana en la localidad de San Lucas, Jujuy (1500 msnm).

Fuente: Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).

Distrito del Bosque Montano

En este distrito las especies dominantes determinan tres tipos de bosques: pinares de *Podocarpus parlatorei* “pino, pino del cerro”, alisales de *Alnus acuminata* “aliso, aliso del cerro” y bosques de *Polylepis australis* “queñoa” (Cabrera, 1971), los cuales se encuentran acompañados por árboles de mirtáceas (*Blepharocalyx salicifolius* “Barroso”, *Myrcianthes pseudo-mato*), poblaciones de *Juglans australis* “Nogal”, *Cedrela* sp. “Cedro”, *Duranta serratifolia*, *Handroanthus ochraceus* “Lapacho amarillo”, *Ilex argentina* “Yerba blanco”, *Prunus tucumanensis*, *Roupala meisneri*, *Sambucus peruviana* “Sauco”, *Schinus myrtifolia* “Molle”, *Viburnum seemenii* “Arbolillo”, entre otros. Los arbustos más frecuentes son *Eupatorium bupleurifolium* “Prementina”, *Eupatorium viscidum*, *Lepechinia vesiculosa* “Salvia grande”, *Senecio rudbeckiifolius*, *Tibouchina paratropica*, entre otros. El sotobosque es poco denso, dominado por helechos de varias especies (*Asplenium tucumanum*, *Dryopteris parallelogramma*, *Pteris deflexa*, etc.), acompañado por especies de *Begonia boliviensis*, *Jaegeria hirta*, *Jungia floribunda*, *Oxalis spiralis*, entre otros. Las enredaderas no son muy abundantes, destacándose *Dolichandra unguis-cati* “Garra de gato” y son frecuentes los musgos, hepáticas y líquenes sobre los troncos de los árboles (Brown, 2007).

Esta región alberga una gran diversidad de fauna, entre los que se puede citar a mamíferos como *Cebus apella* “Mono caí”, *Cerdocyon thous* “Zorro de monte”, *Hydrochaeris hydrochaeris* “Carpincho”, *Myrmecophaga tridactyla* “Oso hormiguero, Oso melero”, *Panthera onca* “Tigre, Yaguareté”, *Puma concolor* “León”, *Tapirus terrestris* “Tapir, Anta”, entre otros; o especies de aves, como ser *Amazona tucumana* “Loro alisero”, *Cinclus schulzi* “Mirlo de agua”, *Merganetta armata* “Pato de los torrentes”, *Penelope dabbeni* “Pava del monte alisera”, entre otros.



Fig. 6.3. Selva de Yungas. Sotobosque de Bosque Montano en la localidad de Baritú, Salta (1600 msnm). Fuente: Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).

Prepuna y Puna

La provincia fitogeográfica de la Prepuna se extiende por las laderas y quebradas secas de las montañas ocupando sectores entre las provincias de las Yungas y de la Puna, y la altitud varía aproximadamente entre los 2000 y los 3400 msnm. En general, está condicionada por tres variables: altura, la disposición y la orientación de las quebradas y laderas. El clima es seco y cálido, con lluvias exclusivamente estivales y el tipo de vegetación dominante es la estepa arbustiva xerófila, con presencia de cardonales, bosquecillos enanos, cojines de bromeliáceas, etc. (Cabrera, 1971).

La comunidad climax está compuesta por numerosas especies arbustivas de *Gochnatia glutinosa* "Sacanza", *Cassia crassiramea* "Sumalahua" con gruesas ramas áfilas y flores amarillas muy abundantes, *Aphyllocladus spartioides*, también áfilo, *Caesalpinia trichocarpa*, *Proustia cuneifolia*, *Cercidium andicola*, *Chuquiraga erinacea*, *Zucagnia punctata*, *Adesmia inflexa*, entre otros. También se encuentran especies de cactáceas, como ser *Trichocereus pasacana* "Cardón" con robustos troncos de varios metros de altura y grandes flores blancas; varias especies de *Opuntia*,

Cylindropuntia, *Tephrocactus*, *Parodia*, *Lobivia*, etc. En el extremo norte. También se encuentran bosques de *Prosopis ferox* "Churqui" en el fondo de las quebradas secas; matorrales de molle, especies de *Schinus areira* "Molle" y *Baccharis salicifolia* "Chilca" en las orillas de los ríos y cojines de bromeliáceas (*Abromeitiella brevifolia*, *Tillandsia gilliesii*, *Tillandsia pusilla*) en las laderas rocosas muy empinadas (Cabrera, 1971).

En cuanto a la provincia fitogeográfica de la Puna, el relieve consiste en una amplia y elevada meseta (llanura) rodeada de montañas y una altitud media aproximada de 3000 msnm. Formas romas, por la falta de lluvias; los sedimentos no son arrastrados por las aguas y forman superficies convexas. El altiplano forma extensas cuencas con desagües en grandes lagunas como las de Guayatayoc y de los Pozuelos, y en salares como las Salinas Grandes (1000 km² de superficie); en general, el agua superficial es muy escasa. El clima es desértico; frío y seco, la mayor parte del año; gran amplitud térmica diaria (media anual menor que 10°C), viento muy frecuente. La Cordillera Oriental constituye la barrera climática a los vientos húmedos del Este. Lluvias estivales (promedios desde menos de 100 a poco más de 300 mm/año). Los suelos están formados por materiales diversos, rocosos por partes, arenales, cubiertos de escombros, piedras y cenizas volcánicas.

La vegetación es escasa, xerófitica; gramíneas duras (ichu y paja brava), matas y arbustos bajos (tolas); cardones; (hasta 5000 msnm). En las regiones llanas: tolas, espinillo (combustible), brama, espuro, (forrajeras); tolilla. En las montañas: cactus, yareta y quéñoa (combustible y madera); en las orillas de los cursos de agua se observan especies de cortadera. En las "vegas" (comunidades vegetales presentes por encima de los 4000 msnm) hay arbustos leñosos y alfombras de hierbas no halófitas.



Fig. 6.4. Prepuna con presencia de “cardonales” (*Trichocereus atacamensis*).
Fuente: Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).



Fig. 6.5. Puna. Estepa arbustiva con dominancia de “tola” (*Parastrephia lepidophylla*). Fuente: Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).



Fig. 6.6. Puna. Estepa arbustiva con dominancia de “canjía” (*Tetraglochin cristatum*). Fuente: Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).



Fig. 6.7. Puna. Estepa herbácea con dominancia de “chillagua” (*Festuca argentinensis*) en sectores cercanos a los cursos de agua. En el fondo de la imagen es posible distinguir la presencia y dominancia de la “tola” (*Parastrephia lepidophylla*). Fuente: Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).

La fauna es original y variada. En las montañas se encuentran cóndor (fundamentalmente carroñero); vizcachas y otros roedores; lagartijas, ofidios, armadillo, guanaco y vicuña; huemul del norte / venadito (casi desaparecidos); llama (domesticada); chinchilla (casi exclusivamente en criaderos). En las llanuras se encuentran los zorros (dieta variada, principalmente carroñero); suris (ñandúes) y en los arenales se observan

los tojos y quirquinchos. Las aves habituales por los rincones de los cerros son halcones y lechuzas (rapaces); palomas, perdices; en las lagunas se encuentran garzas, patos, guallatas, parinas/ flamencos, gallaretas, guío, entre otros (figuras 6.6 a 6.8). La producción ganadera se encuentra limitada por la altura y la existencia de pasto y agua. El principal ganado es el ovino, caprino (majadas reducidas), asnal y camélidos (llamas y alpacas -que se domestican-); se observan tropillas de guanacos y vicuñas que viven en estado salvaje y pueden soportar un semicautiverio. La agricultura se da en pequeños valles y hondonadas, mediante técnicas y herramientas tradicionales de antaño (agricultura primitiva). Los asentamientos humanos son de baja densidad poblacional humana. Antiguos asentamientos han ido perdiendo importancia (Cochinoca, aún Yavi; Susques y La Quiaca tomaron impulso por las vías de comunicación).

Actividades

Para el desarrollo de las actividades se usarán los siguientes materiales:

- GPS
- Cintas métricas (30m, 50 m) y regla milimetrada
- Púas metálicas
- Herbario
- Bolsas plásticas, hilo, tijera y marcadores indelebles
- Palas de jardinería y podaderas.
- CPU o Notebook

Actividad N° 1. Biomas y formaciones vegetales

1- Reconocer los biomas observados durante el viaje de estudio.

2- Identificar y registrar los factores limitantes.

3- En cada sitio visitado, identificar y esquematizar o fotografiar las principales formas biológicas vegetales según el sistema de Raunkiaer, basado en el grado de protección de las yemas de renuevo durante la estación desfavorable (figura 6.8):

- *Terófitos* (Th): vegetales que carecen de yemas de renuevo, de modo que después de florecer y fructificar la planta muere. Se trata por lo tanto de hierbas anuales (trigo, girasol).
- *Hidrófitos* (HH): vegetales acuáticos, con yemas de renuevo dentro del agua (*Elodea*, *Myriophyllum*).
- *Geófitos* (G): vegetales con yemas de renuevo dentro del suelo, de modo que la parte aérea muere después de la fructificación, quedando renuevos, protegidos bajo tierra, sobre rizomas, tubérculos, bulbos o raíces gemíferas (cebolla, papa, lirio).
- *Hemicriptófitos* (H): vegetales con yemas de renuevo a nivel del suelo. La parte aérea muere todos los años y las yemas de renuevo quedan protegidas durante el invierno por la hojarasca y detritus vegetales (flechilla, violeta). Cuando las yemas de renuevo quedan

dentro de un suelo empapado en agua, los vegetales se dominan *heliófilos* (espadaña, totora).

- *Caméfitos* (Ch): vegetales con la parte inferior leñosa, persistente y yemas a menos de 30 cm sobre el suelo (tasi).
- *Fanerófitos* (Ph): vegetales con yemas de renuevo a más de 30 cm de altura. Se distinguen:
 - *Nanofanerófitos* (N) (árboles o arbustos): hasta los 2 m altura;
 - *Microfanerófitos* (M) a árboles de 2 a 8 m de altura;
 - *Mesofanerófitos* (MM) o árboles de 8 a 30 m de altura;
 - *Megafanerófitos* (MM) o árboles de más de 30 m de altura;
 - *Fanerófitos suculentos* (S) o árboles carnosos.
- *Epífitos* (E): vegetales que se desarrollan sobre otras plantas (clavel del aire). En esta categoría se pueden mencionar a las lianas (L), enredaderas (E) y parásitas (P).

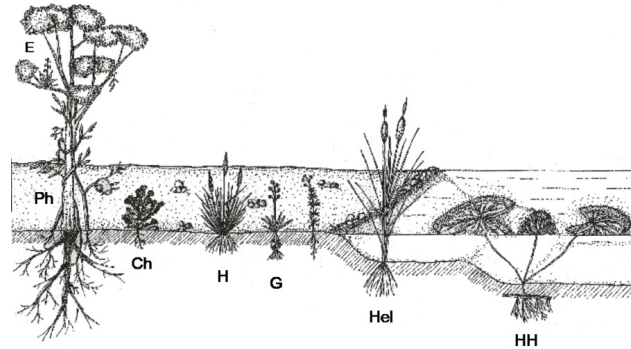


Fig. 6.8. Tipos básicos de formas biológicas vegetales. Ph. Phanerófitos; E. Epífitos; L. Lianas; Ch. Caméfitos; H. Hemicriptófitos; G. Geófitos; Th. Terófitos; Hel. Helófitos (plantas semiterrestres vivaces enraizadas, cuyos órganos asimiladores, el menos en parte, no se hallan sumergidos; ej.: *Rhizophora mangle*; *Panicum elephantipes*); HH. Hidrófitos). Fuente: imagen adaptada de Alcaraz-Ariza, 2013.

4- Registrar la superficie foliar de las formas biológicas. Para ello tenga en cuenta las clases definidas por Raunkiaer:

- leptófilas: 25 mm² o menos de superficie foliar
- nanófilas: 25 a 225 mm²
- micrófilas: 225 a 2.025 mm²
- mesófilas: 2.025 a 18.225 mm²
- macrófilas: 18.225 a 164.025 mm²
- megáfilas: 164.025 mm² y más
-

Para obtener la superficie foliar se deberá seleccionar las especies vegetales a estudiar y elegir las láminas sanas de las hojas. En segunda instancia se procederá a dibujar el margen de las láminas sobre papel de diario u otro papel, las que luego serán recortadas y rotuladas con la fecha, sitio y especie vegetal. En el gabinete y haciendo uso de una balanza analítica se procederá a pesar los recortes obtenidos, los cuales serán contrastados con un recorte del mismo papel que posee valores de superficie y peso conocidos previamente.

5- Identificar las formaciones vegetales. Para ello tenga en cuenta que la predominancia de una o más formas biológicas determina el tipo de vegetación que cubre una zona determinada. Por ejemplo, si predominan los árboles tendremos un bosque; si lo hacen los arbustos, matorrales y si lo hacen las hierbas tendremos praderas o estepas herbáceas. Los más frecuentemente aceptados son los siguientes:

- *Selva*: con predominancia de árboles de gran altura y abundancia de lianas y epifitos. Características de las zonas tropicales húmedas. En la Argentina existen selvas en la provincia de Misiones y en los primeros contrafuertes de las montañas del noroeste.
- *Bosque*: predominancia de árboles, generalmente de mediana altura, con escasas lianas y epifitos. Existen numerosos tipos de bosques: aciculifolios, perennifolios, esclercifolios, caducifolios, etc. En la Argentina existen bosques xerófilos en el Chaco y bosques perennifolios y caducifolios en la cordillera austral.

- *Sabana arbolada*: árboles muy dispersos con vegetación herbácea de alto porte entre ellos.
- *Matorral*: formado por arbustos elevados y densos, como en ciertas zonas del centro de la Argentina.
- *Estepa arbustiva*: con predominancia de arbustos bajos y esparcidos con suelo más o menos desnudo entre ellos. Característico en sectores de la Patagonia.
- *Pradera*: vegetación herbácea con descanso invernal. Existen praderas típicas en algunos puntos de la cordillera austral y de la Tierra del Fuego. Las vegas son praderas de la provincia fitogeográfica Andina determinadas por la acumulación de agua o la presencia de vertientes.
- *Sabana*: con predominio de gramíneas de alto porte, con un periodo de reposo debido a una estación seca. Características de las regiones tropicales.
- *Estepa herbácea*: con predominio de gramíneas cespitosas esparcidas y suelo más o menos desnudo entre ellas. Suele tener dos períodos de reposo, uno en el invierno, debido al frío, y otro en el verano ocasionado por la sequía. La vegetación del oeste de Buenos Aires y este de La Pampa pertenece a este tipo.
- *Tundra*: vegetación densa, de escasísima altura, formada por ciperáceas, juncáceas, musgos y líquenes, con suelo congelado casi todo el año. Característica de las regiones circunpolares y de las montañas muy elevadas.

6- Elaborar el perfil de elevación. Siga los siguientes pasos:

a- Registrar las coordenadas geográficas (latitud, longitud, altitud) con el uso del GPS proporcionado por la cátedra.

b- Transferir los datos mediante el uso del software GPS Trackmaker Free, el cual deberá descargarlo desde la página <http://www.trackmaker.com/main/en/> e instalarlo en su PC o Notebook.

c- Enlazar las coordenadas geográficas con el software Google Earth. Si no lo posee, descárguelo desde <https://www.google.com/intl/es/earth/download/gep/agree.html> Para realizar la conexión, en el software GPS Trackmaker cliqueé en la barra de herramientas el ícono representativo del programa.

d- Una vez visualizados los puntos GPS en el software Google Earth, una/n los puntos registrados utilizando la herramienta regla presente en la barra de herramientas. Elija la solapa Ruta y trace la misma.

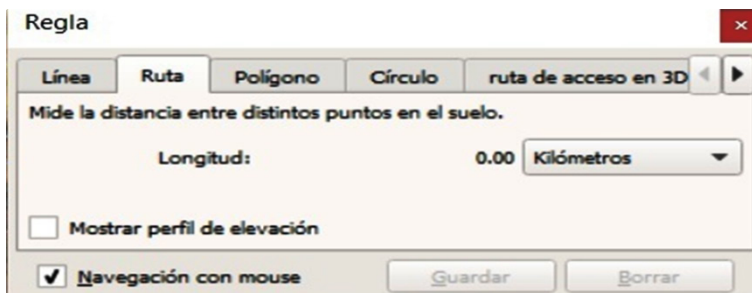


Fig. 6.9. Regla proporcionada por el Google Earth. Fuente: Google Earth.

e- Ejecutar la herramienta perfil de elevación haciendo clic con el botón derecho sobre la ruta marcada (figuras 6.10 y 6.11).

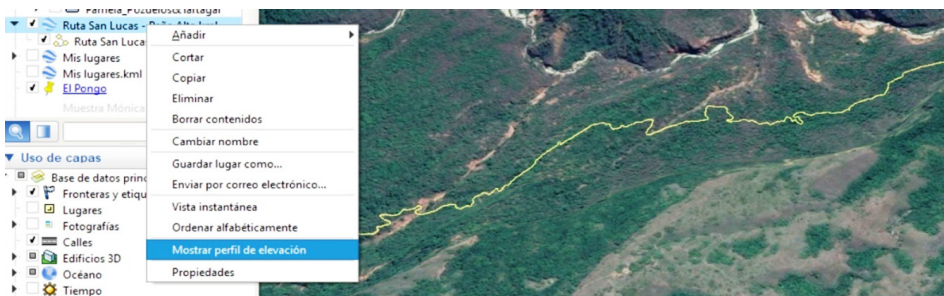


Fig. 6.10. Ejecución del perfil de elevación en Google Earth. Fuente: Google Earth.

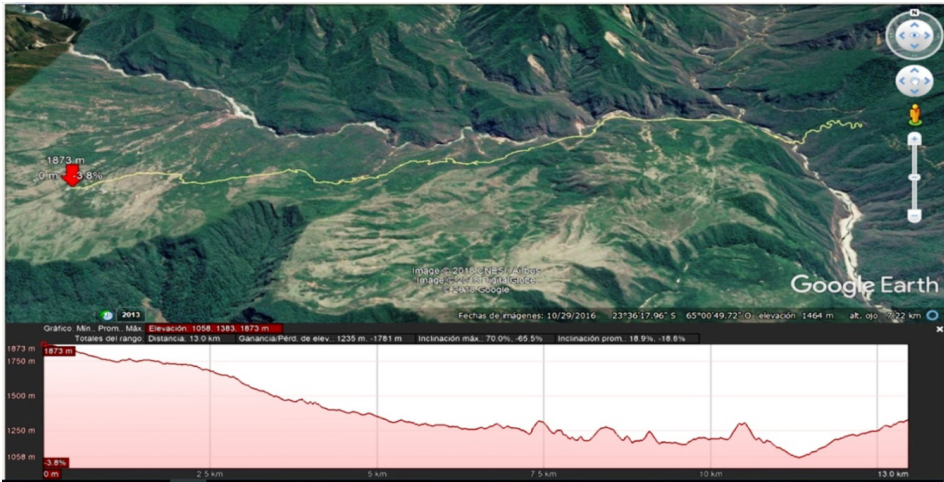


Fig. 6.11. Perfil de elevación del trayecto a la localidad San Lucas, departamento Valle Grande, Jujuy. Fuente: Google Earth.

f- Por último, para el informe del trabajo práctico copie y pegue el perfil de elaborado, indique el punto inicial y final del trayecto efectuado durante el viaje, los sitios visitados, indique la altitud y longitud recorrida, y realice una interpretación de la misma.

Actividad N° 2. Censos de vegetación

Los muestreos de vegetación son útiles al momento de visibilizar la diversidad vegetal presente en un sitio de estudio, como también la densidad poblacional de cada una de las especies identificadas. Durante el desarrollo del trabajo práctico se procederá a trabajar con muestreos básicos de vegetación herbácea y arbustiva. Se trabajará en aquellos sitios de estudio que presenten vegetación puneña y altoandina, y se calcularán los siguientes índices:

- **Cobertura:** calcular la cobertura teniendo en cuenta la proyección de las partes aéreas de las plantas sobre el suelo, donde 0% corresponde a todo el suelo descubierto y 100% a toda la superficie cubierta.

- **Estratificación de la vegetación:** en base a la escala de Mueller Dombois y Ellenberg (1974) determinar el número de estratos verticales de la vegetación en las siguientes categorías: I (alturas de 0 a 25 cm), II (25 – 50 cm), III (50 cm – 1 m) y categoría IV (alturas de 1 a 2 m).
- **Censos de vegetación:** siguiendo los criterios de área mínima de muestreo de Matteucchi y Colma (1982) y haciendo uso de las estacas y cintas métricas provistas por los docentes, elaborar dos parcelas de dimensiones de 5 m x 5 m, en tres sitios de estudio establecidos a priori. En cada parcela registrar cualitativamente (número de especies vegetales por sitio de estudio - *riqueza específica*) y cuantitativamente la vegetación (número de individuos por especie vegetal por sitio de estudio).



Fig. 6.12. Relevamiento de vegetación en una parcela cuadrada de 25 m² de superficie (5 m x 5 m). Fuente: Trabajo de campo. Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).

Tabla 6.1. Tabla de relevamiento de datos. Referencias: n_i : abundancia o frecuencia absoluta.; $p_i\%$: frecuencia relativa porcentual.

N°	Especies vegetales (<i>Sp.</i>)	Sitio 1				Sitio 2			
		Censo 1		Censo 2		Censo 1		Censo 2	
		n_i	$p_i\%$	n_i	$p_i\%$	n_i	$p_i\%$	n_i	$p_i\%$
1	<i>Sp. x₁</i>								
2	<i>Sp. x₂</i>								
3	<i>Sp. x₃</i>								
4	<i>Sp. x₄</i>								
5	...								
6	<i>Sp. X</i>								
	Total (N)								

Bibliografía

Alcaraz-Ariza, F. J. (2013). "Formas vitales, estratificación y fenología". *Geobotánica, tema 8*. España: Universidad de Murcia. [<https://www.um.es/docencia/geobotanica/presentaciones.html>, con acceso el 09/12/2019].

Brown, A. D. (2007). "Caracterización ambiental ecoregional". En A. D. Brown, M. García-Moritán, B. N. Ventura, N. I. Hilgert y L. R. Malizia (eds.). *Finca San Andrés. Un espacio de cambios ambientales y sociales en el Alto Bermejo*. (25-66). Yerba Buena, Tucumán: Ediciones del Subtrópico.

Brown, A. D. (2009). "Las selvas pedemontanas de las Yungas". En A. D. Brown, P. G. Blendinger, T. Lomascolo y P. García-Bes (eds.). *Selvas Pedemontanas de las Yungas*. Yerba Buena, Tucumán: Ediciones del Subtrópico.

Cabrera, A. L. (1971). "Fitogeografía de la República Argentina". *Bol. Soc. Argent. Bot.* 14 (1-2), 1-50. Córdoba: Ed. Sociedad Argentina de Botánica.

Matteucci, S. y Colma, A. (1982). *Metodología para el estudio de la vegetación*. Serie Biología. Monog. N° 22. OEA.

Mueller-Dombois, D. y Ellenberg, H. (1974). *Aims and Methods of vegetation ecology*. Nueva York: Ed. Wiley and Sons.

Raunkiaer, C. (1934). *The life forms of plants and statistical plant geography; being the collected papers of C. Raunkiaer*. Oxford: Clarendon Press.

**ECOLOGÍA DE RÍOS: ESTUDIOS EN SISTEMAS
ACUÁTICOS LÓTICOS**
TRABAJO PRÁCTICO N° 7

Objetivos: Adquirir conocimientos prácticos sobre métodos de estudios ecológicos en ambientes acuáticos (lóticos). Lugar de estudio: río Yala (río de montaña en Yungas)

Contenidos: Técnicas para la toma de muestras de parámetros ambientales y muestras biológicas (invertebrados y algas bentónicas) en ríos de montaña. Evaluación de calidad ecológica del agua a través de índices basados en bioindicadores (macroinvertebrados y algas diatomeas bentónicas). Limnología de ríos.

Introducción

Sobre el fondo del río y entre las piedras y otros sedimentos se establece la comunidad más importante de estos ambientes, denominada bentónica, constituida por invertebrados con un predominio de larvas de insectos que son muy sensibles a cualquier alteración que ocurra en la cuenca. Otras comunidades muy importantes en estos ambientes se encuentran en los films de algas que se desarrollan sobre las rocas (epilithon) o el sedimento en general (epipelon). Por ello, la comunidad bentónica es muy utilizada como indicador de la salud del ecosistema. Existen diversos métodos para la obtención de muestras en el campo, en este práctico desarrollaremos las más utilizadas en los ríos de montaña.

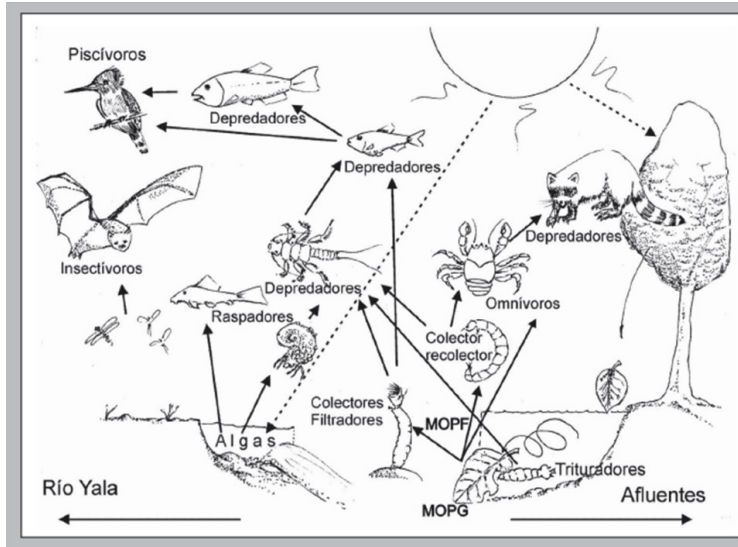


Fig. 7.1. Dos vías de inicio de las relaciones tróficas en el río y sus afluentes, una autotrófica (izquierda) y la otra heterotrófica (derecha). Fuente: Romero F, Manzo V, Nieto C., García K. y N. Vargas, 2014.



Fig. 7.2. Imagen de un río de montaña de Yungas. Río Yala (13-5-2017). Fuente: Trabajo de campo. Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).

Obtención de muestras de invertebrados bentónicos

La fauna de invertebrados en el río Yala es diversa y abundante, poco conocida porque pasa desapercibida a simple vista, sin embargo es un eslabón muy importante en la cadena trófica acuática. La obtención de

muestras es relativamente simple y solo se necesita utilizar coladores, filtros o redes con una abertura de poro conocida (para estudios cuantitativos) o indistintamente para estudios de tipo cualitativo. Las redes de abertura de poro menores a 300 μ (micras) permiten la captura de las etapas tempranas de desarrollo de algunos invertebrados.

Las muestras de macroinvertebrados bentónicos se toman preferentemente por triplicado, para realizar estudios ecológicos o de diversidad. Como una manera de estandarizar los sitios de muestreo en cuanto a sus características físicas, se estudian hábitats similares, es decir con fondos blandos o rocosos según sea el caso. Dentro del río se pueden determinar varias zonas, por ejemplo, rápidos, pozas o correderas, cada una con sus características particulares relacionadas al tipo y tamaño de sedimento, velocidad de la corriente y concentración de oxígeno, entre otros.

Se utilizan redes especiales, por ejemplo la red Surber (figura 7.3) para fondos duros o blandos dependiendo de la velocidad de la corriente, ó un tubo muestreador de fondos blandos equivalente a 10 cm² de superficie. Las redes se colocan en el río, en posición contracorriente y se remueve el sustrato, de esta forma los organismos quedan atrapados dentro de la misma (figura 7.4).

La muestra obtenida se traslada a una bandeja de color claro desde donde se hace una primera limpieza y se filtra en un tamiz de 250 μ de abertura de malla (figura 7.4 d). Las muestras se almacenan en frascos plásticos, etiquetados y fijados con alcohol 96% (alcohol de farmacia), para la posterior separación e identificación de los organismos hasta el nivel taxonómico más bajo posible, mediante la observación bajo lupa estereoscópica, utilizando las claves regionales y adecuadas para ello (Domínguez y Fernández, 2001, entre otros). Para la caracterización del hábitat de las comunidades de macroinvertebrados, usualmente se recomienda la siguiente toma de datos: profundidad, velocidad, ancho del tramo, tipo de vegetación.



Fig. 7.3. Fig. 7.3. a. Red Surber para muestreo de organismos bentónicos en ríos (macroinvertebrados acuáticos). b. Red Surber modificada para ríos pequeños (marco verde) y Surber común. c. Red "D" o red de pateo (kicking net) para muestreo cualitativo o semicuantitativo. Fuente: Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).



Fig. 7.4. Muestreo de invertebrados bentónicos con Red "D" (a y b) y Surber común (c y d). Fuente: Trabajo de campo. Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).

Obtención de muestras de algas bentónicas

Para la evaluación de las comunidades de algas asociadas a los sedimentos (epilithon) se toman las muestras por triplicado, mediante el cepillado de algunas rocas. En cada roca (3 unidades) se procede a delimitar un área de 5 cm² en la superficie (por ejemplo se puede calar un acetato con el área ya delimitada) y con la ayuda de un cepillo pequeño se barre el área de la roca a muestrear, lavando al mismo tiempo con 40 ml de agua del lugar previamente filtrada, arrastrando la capa removida a un frasco. Posteriormente se hace la fijación con una solución de formalina al 4% y el rotulado respectivo para la identificación de la muestra.

Actividades

Demarcar el área de trabajo a estudiar en el río de montaña y efectuar el registro de datos de campo con el uso de las planillas preparadas para el trabajo. Asimismo realizar la colecta de muestras de invertebrados y algas bentónicas, los cuales serán examinados en laboratorio bajo lupa y microscopio óptico. Los resultados obtenidos deben ser plasmados en tablas y figuras, y posteriormente analizados e interpretados junto a la elaboración de un informe final.

Bibliografía

Domínguez, E. y Fernández, H. R. (1998). *Calidad de los ríos de la cuenca Salí (Tucumán, Argentina) medida por un índice biótico*. San Miguel de Tucumán: Serie conservación de la naturaleza N° 12, Fundación Miguel Lillo.

Romero, F.; Manzo, V.; Nieto, C.; García, K. y Vargas-Rodríguez, N. N. (2014). “Los habitantes invisibles del río”. En L. R. Malizia, L. Bergesio y P. T. Fierro. (eds.) *Ambiente y Sociedad en la comarca de Yala*. (209-228). S. S. de Jujuy: EDIUNJu.

Smith T. M. y R. L. Smith. (2001, 2010, 2012). *Ecología*. Madrid: Ed. Pearson.

**ECOLOGÍA DE RÍOS: MACROINVERTEBRADOS
BENTÓNICOS COMO BIOINDICADORES. INDICES
DE CALIDAD ECOLOGICA DEL AGUA**

TRABAJO PRÁCTICO N° 8

Objetivos: Reconocimiento y recuento de especies bentónicas, en las muestras obtenidas en la salida al campo de las Yungas a la Puna. Índices de calidad de agua basados en bioindicadores

Contenidos: Caracteres de diagnóstico, uso de claves taxonómicas y guías fotográficas para la determinación de los taxones presentes en las muestras. Taxones más frecuentes, grupos dominantes, especies raras.

Introducción

El trabajo con invertebrados bentónicos (asociados a los sedimentos o fondos de los ríos) permite el reconocimiento de los taxones más importantes en las muestras obtenidas en el campo. Una etapa muy importante es la del reconocimiento en el laboratorio, se pueden hacer las determinaciones tras una serie de observaciones bajo la lupa y con ayuda de la literatura apropiada. En el NOA se han publicado manuales y guías para la determinación de los diferentes órdenes, familias y géneros o especies de los invertebrados de los ríos de montaña. Además de las tareas de identificación del material obtenido en campo, es de mucha utilidad conocer el uso y la elaboración de índices de calidad de agua, a través de los cuales y basados en los puntajes asignados a los taxones en base de su tolerancia o sensibilidad, se puede obtener otra información relevante para la descripción de las características ecológicas en los ríos de montaña.

Actividades

La práctica mencionada a continuación se encuentra vinculada al TP N° 7, en la cual se obtuvieron las muestras bentónicas de un ambiente lótico (en nuestro caso de estudio, el río Yala). Para ello, en una caja de Petri colocar una cucharadita de muestra de bentos. Observar bajo la lupa a menor aumento e incrementar hasta que sea necesario para la observación de las especies más pequeñas. Haciendo uso del cuaderno de laboratorio registrar las especies identificadas y su abundancia, con el auxilio de bibliografía específica, la limnoteca de la región y la guía fotográfica proporcionada por los docentes. Para esta tarea reconocer los órdenes y familias de la clase Insecta, los cuales son utilizados en los índices de calidad de agua. Los resultados se anotarán en una tabla de especies y sus abundancias por sitio de muestreo, los cuales serán analizados e interpretados en un informe final.

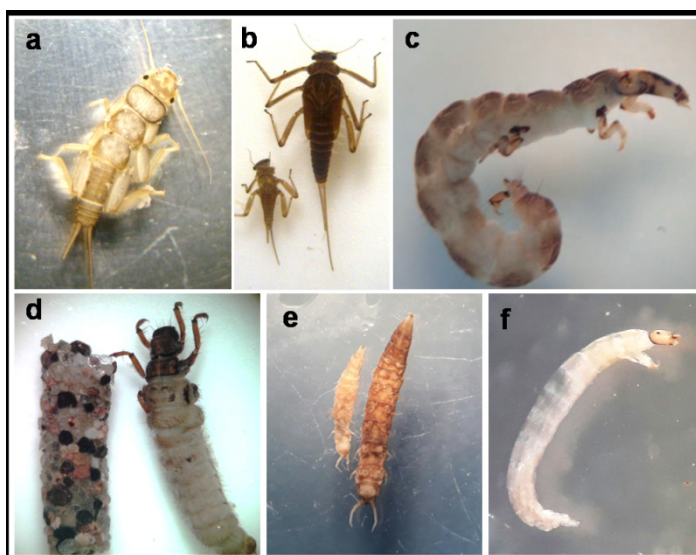


Fig. 8.1. Macroinvertebrados bentónicos. a. *Anacroneuria tucumana* (orden Plecoptera, familia Perlidae). b. *Baetodes huaico* (orden Ephemeroptera, familia Baetidae). c. Larva de *Atopsyche sp.* (orden Trichoptera, familia Hidrobiosidae). d. Larva y capullo transportable de *Antarctoecia aff. nordenskioldii* (orden Trichoptera, familia Limnephilidae). e. Larva de *Atherix sp.* (orden Diptera, familia Athericidae). f. Orthocladiinae (orden Diptera, familia Chironomidae). Fuente Gabinete de Microscopía. Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).

Tabla 8.1. Puntuaciones asignadas a los diferentes taxa de macroinvertebrados acuáticos para la obtención del índice BMWP (Domínguez y Fernández, 1998).

Taxa	Puntaje
Leptophlebiidae, Trichoritidae	
Perlidae	
Corydalidae	10
Libellulidae	
Leptoceridae, Odontoceridae	
Psephenidae	
Pylalidae	
Glossosomatidae, Philopotamidae	8
Odonata (varias familias)	
Rhyacophilidae, Limnephilidae	7
Hydroptilidae	6
Unionidae	
Oligoneuridae	
Elmidae, Staphylinidae	
Hydropsychidae	5
Tipulidae, Simuliidae	
Mycetopodidae	
Baetidae, Caenidae	
Haliplidae	
Tabanidae, Dixidae, Stratiomyidae, Empididae	
Dolichopodidae	4
Ceratopogonidae, Psychodidae, Dolichopodidae	
Palaemonidae, Aeglidae	
Hidracarina	
Dysticidae, Hydropilidae	
Physidae, Limnaeidae, Planorbidae, Ancyliidae	
Trichidactylidae, Ostracoda, Copepoda	3
Hemiptera (varias familias)	
Hirudinea	
Chironomidae, Culicidae, Ephydriidae	2
Ampularidae	
Oligochaeta	1
Chironomidae (rojos)	

Tabla 8.2. Valores de referencia para los resultados del índice BMWP (Domínguez y Fernández, 1998).

Índice BMWP	
> 150	aguas muy limpias
> 101	aguas no contaminadas
61 -100	contaminación incipiente u otro grado de perturbación
36 - 60	aguas probablemente contaminadas
16 -35	16-35 aguas contaminadas
< 15	aguas fuertemente contaminadas

Bibliografía

Domínguez, E. y Fernández, H. R. (1998). *Calidad de los ríos de la cuenca Salí (Tucumán, Argentina) medida por un índice biótico*. San Miguel de Tucumán: Serie conservación de la naturaleza N° 12, Fundación Miguel Lillo.

Romero F., Manzo, V., Nieto, C., García, K. y Vargas-Rodríguez, N. N. (2014). "Los habitantes invisibles del río". En L. R. Malizia, L. Bergesio y P. T. Fierro. (eds.) *Ambiente y Sociedad en la comarca de Yala*. (209-228). S. S. de Jujuy: EDIUNJu.

Smith T. M. y R. L. Smith. (2001, 2010, 2012). *Ecología*. Madrid: Ed. Pearson.

**ECOSISTEMAS ACUÁTICOS MARINOS.
CLASIFICACIÓN SISTEMÁTICA Y HÁBITAT DE
MOLUSCOS MARINOS DE LA ORILLA ROCOSA Y
ARENOSA ARGENTINA
TRABAJO PRÁCTICO N° 9**

Objetivos: caracterizar los ambientes marinos en base a las especies de invertebrados marinos más comunes.

Contenidos: especies características de la costa argentina. Guía para desarrollar el trabajo práctico.

Introducción

Los moluscos constituyen el segundo grupo de organismos vivientes que les sigue en importancia a los artrópodos, (tanto por el número de especies conocidas, como por su impacto sobre las actividades del hombre). Estos, por distintas causas, siempre han desempeñado un rol social en la humanidad, desde importancia económica o alimento hasta pestes de cultivos, aspectos sanitarios, etc.

Los moluscos son mayoritariamente de vida libre y marinos y se los divide en ocho grupos o clases. Entre estas agrupaciones de moluscos, se destacan los gastrópodos (“caracoles” y “babosas”) y bivalvos (“almejas”, “mejillones”, “ostras”, “vieiras”) que son los únicos organismos acuáticos que se han extendido a las aguas dulces, sólo los gasterópodos habitan también en el hábitat terrestre. Por otra parte, los cefalópodos (“pulpos” y “calamares”) son todos marinos. Los gasterópodos generalmente presentan una concha, la cual puede estar enrollada en espiral y en la que pueden retraer el cuerpo. Esta concha puede ser lisa o presentar costillas o tubérculos. En algunas conchas se observa un canal o muesca sifonal, por donde emerge el sifón inhalante, que permite el ingreso de agua a la cavidad paleal. En esta cavidad paleal se encuentra, entre otras estructuras las branquias o ctenidios. Utilizan al pie (masa muscular ventral, plana) para la locomoción. Sus hábitos alimentarios son variados y tienen una rádula (estructura con

dientes quitinosos) para la raspar y tomar de alimento. Los bivalvos están comprimidos lateralmente, con concha formada por dos valvas unidas dorsalmente por el ligamento y dientes calcáreos que conforman la charnela. Presentan uno o dos músculos aductores que permiten mantener cerradas a las valvas. Su cabeza es reducida y el pie generalmente en forma de “hacha”, comprimido lateralmente, es útil para enterrarse. La mayoría se alimentan al filtrar el agua y carecen de rádula.

El estudio de los moluscos tiene una larga tradición en Argentina. Quizás el puntapié inicial lo dio Alcide d’Orbigny, el insigne investigador francés, al dedicarle una especie al entonces curador de lo que sería años más tarde el Museo Argentino de Ciencias Naturales “Bernardino Rivadavia”. En ese museo se encuentra la colección más importante del mundo de moluscos marinos argentinos.

A partir del uso del Buque Oceanográfico “Puerto Deseado” del CONICET, se ha podido llegar a lugares muy poco explorados. Hace siete años se empezó a trabajar con ejemplares que viven a profundidades mayores a los 100 metros y hasta los 3.500, desde los límites de la región de pesca comercial hasta el margen continental.


Los moluscos en general y los gasterópodos en particular no presentan una biodiversidad numéricamente importante en aguas argentinas. De hecho es una de las más bajas a nivel mundial. Esto no quita que su estudio sea relevante y prometedor. Por el contrario, encontrar una respuesta a esta realidad constituye uno de los grandes desafíos.


Actividades


Actividad N° 1. Clasificación de los moluscos marinos de la costa argentina


De acuerdo al material de moluscos marinos entregados por la cátedra, realice sus propias observaciones morfológicas, distribución geográfica y hábitat. Utilice la tabla 9.1 como guía de trabajo.



Tabla 9.1. Moluscos marinos de la costa argentina.

Material biológico	Imagen
<p>Material 1</p> <p>Filum: Mollusca</p> <p>Clase: Gastropoda</p> <p>Orden: Archaeogastropoda</p> <p>Familia: Trochidae</p> <p>Género: <i>Tegula</i></p> <p>Especie: <i>Tegula atra</i> "Tegula negra"</p> <p>Descripción: la concha es cónica, algo globosa y gruesa: Externamente es de color negra o violácea. El margen de la abertura es negro y hacia el interior presenta una zona blanca y otra nacarada. El labio interno tiene una zona externa lisa de color negro y otra interna de color blanco con un diente columelar. Presenta un ombligo poco profundo. El opérculo es córneo, traslúcido y de color anaranjado. Alcanza tamaños de hasta 7 cm. de diámetro.</p> <p>Distribución Geográfica: esta especie se encuentra desde Pacasmayo e Islas Chinchas, Perú hasta el Estrecho de Magallanes (Chile) por el Pacífico. Llegan hasta la Provincia de Buenos Aires por el Atlántico.</p> <p>Hábitat: se encuentra en ambientes rocosos intermareales y submareales de poca profundidad.</p>	

Material biológico	Imagen
<p>Material 2</p> <p>Filum: Mollusca</p> <p>Clase: Gastropoda</p> <p>Orden: Archaeogastropoda</p> <p>Familia: Crepidulidae</p> <p>Género: <i>Crepidatella</i></p> <p>Especie: <i>Crepidatella dilatata</i> "Botecito violeta"</p> <p>Descripción: conchilla baja o alta, cóncava, ovalada o redondeada, ápex pronunciado y orientado al lado derecho; escultura con finas líneas radiales de color pardo y también se notan las líneas de crecimiento; el septo es cóncavo y presenta más de la mitad del borde izquierdo libre; el color externo es pardo claro rojizo; interior blanco brillante con una banda de color pardo en el margen. Longitud promedio 40 mm.</p> <p>Distribución Geográfica: desde Pimentel (norte del Perú) a Punta Arenas (sur de Chile). Por el Atlántico desde Tierra del Fuego (Argentina), Islas Malvinas, hasta Santos (Brasil)</p> <p>Hábitat: medio litoral e infralitoral rocoso. Muy común en bancos de mejillones de la zona litoral profunda.</p>	


Material biológico	Imagen
<p>Material 3</p> <p>Filum: Mollusca</p> <p>Clase Gastropoda</p> <p>Orden Archaeogastropoda</p> <p>Familia: Patellidae</p> <p>Género: <i>Nacella</i></p> <p>Especie: <i>Nacella magellanica</i> “Lapa común”</p> <p>Descripción: conchilla cónica de base circular, superficie con estrías radiales que forman ondas en el borde, color café, interior nacarado en tonos oscuros.</p> <p>Distribución Geográfica: desde Valdivia (sur de Chile), Tierra del Fuego hasta Río de La Plata por el Atlántico. Eran un ingrediente principal en la dieta de los aborígenes de Tierra del Fuego.</p> <p>Hábitat: sobre rocas. Desde el nivel del mar hasta 200m de profundidad. Su presencia es muy común en los “concheros” que se encuentran a lo largo del Canal de Beagle. Actualmente es consumida fresca en el sur de Chile y en menor medida en el sur patagónico.</p>	


Material biológico	Imagen
<p>Material 4</p> <p>Filum: Mollusca</p> <p>Clase: Gastropoda</p> <p>Familia: Muricidae</p> <p>Género: <i>Trophon</i></p> <p>Especie: <i>Trophon geversianus</i>.</p> <p>Descripción: caracol de espira más bien corta, vueltas escalonadas, la última dos veces mayor que la primera vuelta. Escultura muy variable. Gruesos cordones espirales y pliegues longitudinales, más o menos desarrollados que le dan un aspecto reticulado</p> <p>Distribución Geográfica: desde San Clemente, Buenos Aires, hasta Tierra del Fuego. Islas Malvinas. Sur de Chile.</p> <p>Hábitat: en fondos pedregosos del litoral, desde la línea de mareas hasta 100 m de profundidad. El trofón común es el más abundante de los murícidos de la Argentina y también el más variable en cuanto a forma, escultura y tamaño. Se lo suele encontrar en los lechos marinos donde prolifera el mejillón, ya que se alimenta básicamente de ese bivalvo. Los trofones producen mediante su rábula un pequeño agujero cilíndrico en la valva del mejillón, para luego introduciendo la probóscide, a través de este, succionar las partes blandas.</p>	


Material biológico	Imagen
<p>Material 5</p> <p>Filum: Mollusca</p> <p>Clase: Gastropoda</p> <p>Familia: Muricidae</p> <p>Género: <i>Thais</i></p> <p>Especie: <i>Thais</i> sp.</p> <p>Descripción: conchilla gruesa y sólida, superficie de coloración gris azulado a café, columela anaranjada, labio filoso en forma de sierra.</p> <p>Distribución Geográfica: sur de Perú a norte de Chile.</p> <p>Hábitat: fondos rocosos del intermareal, se alimentan de mejillones.</p>	
<p>Material 6</p> <p>Filum: Mollusca</p> <p>Clase: Gastropoda</p> <p>Familia: Nassaridae</p> <p>Género: <i>Buccinanops</i></p> <p>Especie: <i>Buccinanops globulosum</i> "Nasa globosa"</p> <p>Descripción: Caracol liso, globoso y mediano. Espira corta de vueltas convexas. Última vuelta muy dilatada, abertura grande. Callo grande amarillo anaranjado.</p> <p>Distribución Geográfica: Desde Maldonado, Uruguay; hasta Santa Cruz.</p> <p>Hábitat: Fondos arenosos del litoral intermareal. Muy común en Península Valdés.</p>	

Material biológico	Imagen
<p>Material 7</p> <p>Filum: Mollusca</p> <p>Clase: Bivalvia</p> <p>Familia: Mytilidae</p> <p>Género: <i>Aulacomya</i></p> <p>Especie: <i>Aulacomya atra</i> "Cholga, mejillón"</p> <p>Descripción: La superficie externa de las valvas presenta marcadas estrías concéntricas y radiales, de coloración externa variable, entre negro, negro-violáceo, azulado o incluso café. Los umbos son puntiagudos y curvados, y la charnela tiene un solo diente. Este es uno de los bivalvos más grandes de Chile, alcanzando una longitud máxima de 17 cm.</p> <p>Distribución Geográfica: Por la costa del Pacífico se extiende desde Callao (Perú) hasta el canal de Beagle, Isla Navarino, Isla Picton y desde allí hacia el norte por el Atlántico hasta el sur de Brasil. Habita también en las Islas Malvinas y Archipiélago Juan Fernández.</p> <p>Hábitat: Sobre algas y piedras del litoral. Intermareal hasta los 30 m. Se consume en el sur de Argentina y en todo Chile, tanto fresco como en conservas. Forma bancos muy densos en las costas patagónicas, se alimentan de organismos en suspensión. Se ha registrado que pueden acumular toxinas que en general no les afectan, pero sí a la persona que los ingiere; bastan pocos ejemplares para causar la muerte.</p>	

Material biológico	Imagen
<p>Material 8</p> <p>Filum: Mollusca</p> <p>Clase: Bivalvia</p> <p>Familia: Mytilidae</p> <p>Género: <i>Mytilus</i></p> <p>Especie: <i>Mytilus platensis</i> “Mejillón”</p> <p>Descripción: Conchilla muy variable en forma, tamaño y color, de acuerdo a los distintos hábitat que ocupan. En general presentan una forma oblonga subtriangular, extremo posterior ensanchado y redondeado, extremo anterior acuminado (en forma de cuña). Umbones terminales. Superficies de apariencia lisa con estrías de crecimiento y muy sutiles líneas radiales. La coloración varía en los ejemplares de nuestras aguas, desde el córneo o castaño al azul negruzco con tintes violáceos, este último es el más común. Interior blanco a azul negruzco y una banda marginal más oscura. Impresiones de los retractores medio y posterior unidas y anterior estrecha y alargada.</p> <p>Distribución Geográfica: Costa Atlántica desde el sur de Brasil, costa Uruguay y costa Argentina hasta Tierra del Fuego.</p> <p>Hábitat: Sobre rocas o cualquier objeto sumergido. Intermareal y submareal hasta los 50 m. de profundidad. Abundante. Son muy consumidos en todo el mundo. Se los cultiva “comercialmente”. Son alimento de numerosos organismos marinos, como erizos, gasterópodos y peces como la corvina.</p>	

Material biológico	Imagen
<p>Material 9</p> <p>Filum: Mollusca</p> <p>Clase: Bivalvia</p> <p>Familia: Mytilidae</p> <p>Género: <i>Perumytilus</i></p> <p>Especie: <i>Perumytilus purpuratus</i> “Mejillón púrpura”</p> <p>Descripción: Las valvas son ovals, gruesas, de color púrpura violáceo. Presentan estrías concéntricas y marcadas estrías radiales. La charnela presenta varios dientecillos de tamaño similar. Alcanza tallas de hasta 3 cm. de longitud.</p> <p>Distribución Geográfica: Su distribución abarca desde el Ecuador hasta el Estrecho de Magallanes y desde allí hacia el Atlántico hasta Santa Cruz (Argentina).</p> <p>Hábitat: Esta especie es un competidor dominante en el ambiente intermareal rocoso medio, donde puede formar densas agregaciones.</p>	

Material biológico	Imagen
<p>Material 10</p> <p>Filum: Mollusca</p> <p>Clase: Bivalvia</p> <p>Familia: Cultellidae</p> <p>Género: <i>Ensis</i></p> <p>Especie: <i>Ensis macha</i> “Navaja de mar”</p> <p>Descripción: Las valvas son simétricas, delgadas y frágiles, presentan una forma cilíndrica aplanada, muy alargada, alcanzando más de 20 cm. de longitud. Los bordes son paralelos, presentando sus extremos entreabiertos. Los umbos se halan casi en un extremo y presentan un diente. El periostraco es marrón oscuro, en su superficie se observan líneas de crecimiento.</p> <p>Distribución Geográfica: Se las encuentra desde el Golfo San Matías, Río Negro, hasta Tierra del Fuego. Por el Pacífico hasta Valparaíso (Chile).</p> <p>Hábitat: En fondos arenosos o fangosos donde se entierra, entre 2 y 25 m de profundidad. Son los más sabrosos mariscos. Se las consume principalmente en el sur de Chile donde su comercialización es artesanal. La recolección es muy dificultosa ya que vive enterrada bajo el sedimento del fondo y en aguas relativamente profundas.</p>	

Material biológico	Imagen
<p>Material 11</p> <p>Filum: Mollusca</p> <p>Clase: Bivalvia</p> <p>Familia: Veneridae</p> <p>Género: <i>Venus</i></p> <p>Especie: <i>Venus antiqua</i> - "Almeja reticulada"</p> <p>Descripción: Las valvas son gruesas, de color blanco a gris, a veces con manchas café a violáceas. Presentan marcadas estrías concéntricas y radiales. Internamente el seno paleal es anguloso y corto, por lo que se diferencia de <i>Protothaca thaca</i>, especie muy similar. Alcanzan tallas hasta 8 cm.</p> <p>Distribución Geográfica: Se encuentra desde Callao (Perú) hasta el Estrecho de Magallanes (Chile), y desde allí hacia el norte por el Atlántico hasta Uruguay, incluyendo las Islas Malvinas.</p> <p>Hábitat: Viven semienterradas en fondos arenosos intermareales y submareales hasta los 40 metros de profundidad. Comestibles, frecuente en los bancos de mejillones y cholgas. En la cholguera de Punta Loma, Chubut, se registró un promedio de 136 individuos por m². Es un molusco que crece rápidamente, alcanzando los 8 cm a los 4 años de edad.</p>	

Bibliografía

Gutiérrez, D.; Darrigran, D.; Damborenea, C. (2015). *Los moluscos de argentina y su consumo*. Serie didáctica N° 2, sección Malacología, FCNyM-UNLP.

Núñez-Cortés, C. y Narosky, T. (1997). *Cien caracoles argentinos*. Buenos Aires: Editorial Albatros.

POBLACIONES
TRABAJO PRÁCTICO N° 10

Objetivo: estimar el tamaño poblacional mediante el uso de estimadores ecológico y construir una tabla de vida a partir de los intervalos de edad (x) y los datos proporcionados (n_x) en las tablas de ejemplo. Asimismo se pretende que se pueda señalar la utilidad o ventajas de las tablas de vida, evaluar los cambios de la población y describir las tendencias que revelan los análisis.

Contenidos: marco teórico; ejercicios prácticos.

Introducción

La población hace referencia al grupo de individuos de la misma especie que viven en un área definida y en un tiempo concreto. Las poblaciones tienen estructura, lo cual se relaciona con características tales como densidad (el número de individuos por unidad de área), el porcentaje de individuos en varias clases de edades y el espacio entre los individuos. Las poblaciones también son dinámicas presentando un patrón de cambio constante a través del tiempo que se da como resultado del nacimiento, la muerte y el movimiento de los individuos. Por otra parte, el crecimiento poblacional se refiere al modo en el que la cantidad de individuos de una población aumenta o disminuye con el tiempo; este crecimiento está controlado por la tasa en la que los nuevos individuos se introducen en la población a través de los procesos de nacimiento e inmigración y la tasa en la que los individuos dejan la población a través de los procesos de muerte y emigración. Hablamos de poblaciones abiertas a aquellas en las que se produce inmigración y/o emigración de individuos, y poblaciones cerradas a aquellas en las que no se producen movimientos de entrada y salida de individuos.

Estimación del tamaño poblacional

Durante el estudio de poblaciones uno de los parámetros ineludibles de evaluar es el tamaño que posee la misma, por lo cual es necesario recurrir a técnicas orientadas al grupo de estudio y con el fin de obtener datos próximos del número total de individuos. En poblaciones inmóviles (vegetales, hongos) solo es necesario llevar a cabo prácticas -parcelas por ejemplo- que permitan el recuento directo del número de individuos, mientras que en poblaciones móviles (animales, bacterias, protistas) la estimación del tamaño poblacional resulta imposible o poco práctica de llevar a cabo mediante ese método. En poblaciones animales el procedimiento de capturar, marcar y recapturar individuos, sean éstos insectos, peces o mamíferos, es la técnica más ampliamente utilizada para estimar el tamaño poblacional. Hay muchas variaciones de esta técnica, que van desde la marca y recaptura únicas hasta la múltiple captura y recaptura. Se han dedicado libros enteros a explicar distintos métodos de aplicación y de análisis estadístico. No obstante, el concepto básico es simple.

Los métodos de captura y recaptura o de marcado y recaptura están basados en la caza, marcado y posterior liberación en la población de un número conocido de animales. Después de un periodo determinado de tiempo, los individuos son capturados de nuevo. De los individuos capturados en esta segunda fase, algunos serán portadores de marcas mientras que otros no. Una estima de la población se puede realizar a partir de la proporción de individuos marcados y no marcados en la muestra. Esta proporción reflejará supuestamente la proporción de individuos marcados y no marcados en la población.

A continuación se describe el método de estima del tamaño o de la densidad de una población.

Método de Schnabel. Marcado y recaptura repetidos

Esta técnica permite que se lleve a cabo el marcado y la recaptura en diferentes ocasiones, las cuales no deben necesariamente estar separadas por intervalos iguales de tiempo. No obstante, asume que la población permanece constante a lo largo del periodo de muestreo, y que no ocurren procesos como la inmigración, reproducción, mortalidad o cualesquiera

otros factores que actúan cambiando la proporción creada por el investigador, entre animales marcados y no marcados.

El método se usa con frecuencia cuando los animales en cuestión son difíciles de capturar y pueden obtenerse solo en pequeños números. Los resultados proporcionan una serie de valores de la población y errores estándar que van aumentando en cuanto a confianza, y el investigador puede continuar el estudio hasta que está satisfecho con la estima obtenida.

El procedimiento es el siguiente:

1. Al principio, se captura una muestra de animales, se marca y se devuelve de nuevo a la población.
2. En cada uno de los momentos subsecuentes, i , se captura una nueva muestra, se examina y registran los individuos que fueron capturados en muestras anteriores, después se marcan los individuos que no tenían marca y se liberan.
3. Se necesita un tipo de marca, ya que en este método debemos distinguir entre solamente dos tipos de individuos: a) los individuos con marcas capturadas en una o más muestras anteriores y b) los individuos sin marca que nunca han sido capturados anteriormente.

Para cada muestra i se determina lo siguiente:

- C_i es el número de individuos capturados en la muestra i
- R_i es el número de individuos recapturados en la muestra i
- U_i es el número de individuos marcados por primera vez y liberados en la muestra i , por lo tanto $C_i = R_i + U_i$
- M_i es el número de individuos marcados en la población justo antes de la toma de la muestra i y se puede expresar como: $M_i = \sum U_j$. Si hay muertos accidentales durante el manipuleo éstos se deben restar de U_j .

Con base en estos datos, es posible calcular el Estimador de N.

$$\hat{N} = \frac{\sum_{i=1}^m C_i M_i}{\sum_{i=1}^m R_i}$$

Tablas de vida

Una tabla de vida es un resumen detallado de la variación de los parámetros poblacionales (natalidad, mortalidad, supervivencia) en las distintas etapas de la vida. Las etapas se pueden dividir de forma arbitraria de diferentes maneras: por años, por etapas del desarrollo, tamaños, etc.

La tabla de vida se puede considerar como un libro de cuentas de las muertes. Se desarrollaron inicialmente por demógrafos, en particular aquellos que trabajaban en las compañías de seguros de vida, que tienen especial interés en saber cuánto puede vivir la gente. Existe, por tanto, gran cantidad de literatura sobre tablas de vida humanas, pero son escasos los datos de animales y especialmente de vegetales.

Hay dos tipos básicos de tablas de vida. Una es la **tabla de vida dinámica, de cohorte u horizontal**, en la cual se registra el destino de un grupo de individuos, todos nacidos dentro de un mismo breve periodo de tiempo, desde el nacimiento hasta la muerte. En ocasiones se *hacen tablas de vida dinámica compuestas*, considerando como una cohorte a distintos individuos nacidos en diferentes periodos de tiempo. El otro tipo es la **tabla de vida específica en el tiempo**. Se construyen muestreando la población de alguna manera que proporcione una distribución de clases de edad en un único periodo de tiempo. Se supone que se muestrea cada clase de edad de manera proporcional a su representatividad numérica dentro de la población, y que las tasas de nacimiento y de mortalidad son constantes.

Las tablas de vida para vertebrados tienen que enfrentarse con el problema de la larga vida de los animales. Las generaciones se superponen, y animales de diferente edad pueden contribuir a la reproducción al mismo tiempo.

Las tablas de vida de los vegetales son mucho más complejas. La mortalidad y supervivencia de las plantas no son fáciles de resumir en forma de tablas de vida. Además, la edad es difícil de determinar, y la mortalidad de unos individuos normalmente estimula el crecimiento de los que sobreviven. Las plántulas representan una gran proporción del total de individuos pero también una porción extremadamente pequeña de la biomasa. Además, resulta difícil separar e incluso identificar individuos (clones de plantas que rebrotan).

Elaboración de la tabla de vida

Las tablas de vida consisten en una serie de columnas, cada una de las cuales describe unas ciertas relaciones de mortalidad y supervivencia específica de la edad dentro de una población.

Para construir una tabla de vida se comienza con una **cohorte**, es decir, un grupo de individuos nacidos en el mismo período de tiempo (y por consecuencia, la misma edad). Por otra parte, al disponer de una cantidad de valores o datos muy grande, se pueden determinar los intervalos de edad o fases en que se van a agrupar los datos. Para los seres humanos el intervalo de edad más utilizado suele ser de cinco años; en otros animales o en plantas se toman otras fases o intervalos, según los datos de que se dispongan o la duración de la vida de esos seres vivos. Al hacer el intervalo de edad pequeño, se aumenta el detalle de los resultados gráficos de la tabla de vida, permitiendo una mejor interpretación de los resultados.

Parámetros demográficos. Notación utilizada

x : representa la edad en unidades de años, los intervalos de edad, etapas, fases, tamaños, etc. por los que pasa la población estudiada. Se coloca en la primera columna de la tabla.

n_x : representa los datos brutos de campo, es decir, el número total de individuos observados en la población al inicio de cada fase; o dicho de otra forma, representa la cantidad de individuos de las cohortes originales que están vivos a la edad especificada (x). Ocupa la segunda columna de la tabla. El mayor problema de estos datos estriba en que corresponden a una población determinada en un año determinado, lo que dificulta su comparación con otras poblaciones y otros años. Por ello, los datos se estandarizan en la tercera columna l_x , de forma que se pueda comparar la evolución de poblaciones con distinto tamaño poblacional. En la tabla 1 se presentan los datos de cohorte de 530 ardillas grises (*Sciurus carolinensis*) de una población del noreste de Virginia occidental, que fue objeto de un estudio de diez años.

Tabla 10.1. Datos relevados correspondientes a la ardilla gris (*Sciurus carolinensis*).

Fase (años)	N° individuos observados al inicio de cada fase
x	n_x
0-1	530
1-2	134
2-3	56
3-4	39
4-5	23
5-6	12

l_x : es la proporción de individuos de la cohorte original que sobreviven al comienzo de cada edad o fase. El uso de valores de la cohorte inicial como punto de partida permiten estandarizar los datos relevados y los valores proporcionales obtenidos permiten comparar la dinámica de poblaciones con tamaños poblacionales diferentes.

$$l_x = n_x / n_0$$

Fase (años)	N° individuos observados al inicio de cada fase	Proporción de supervivientes al inicio de cada fase	
x	n_x	l_x	
0-1	530	1	→ 530 / 530 = 1
1-2	134	0,253	→ 134 / 530 = 0,253
2-3	56	0,106	→ 56 / 530 = 0,106
3-4	39	0,07	
4-5	23	0,04	
5-6	12	0,02	
6-7	5	0,009	
7-8	2	0,004	→ 2 / 530 = 0,004

Fig. 10.1. Cálculo de valores de l_x . En este ejemplo el valor correspondiente a n_0 corresponde a 530). Fuente: elaboración propia. Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).

d_x : es la proporción o cantidad de individuos que muere en cada intervalo o fase. Es un índice de la medida de la mortalidad específica de la edad. Suele formar la cuarta columna. Para calcularlo hay que restar la

proporción de individuos que terminan la fase, o lo que es lo mismo, los que inician la fase siguiente (l_{x+1}), a los que empiezan la fase (l_x).

$$\text{ecuación 1: } d_x = l_x - l_{x+1}$$

Otra alternativa de cálculo consiste en calcular la diferencia entre la cantidad de individuos vivos para cualquier clase de edad (n_x) y la siguiente clase de edad mayor (n_{x+1}).

$$\text{ecuación 2: } d_x = n_x - n_{x+1}$$

Fase (años)	Nº individuos observados al inicio de cada fase	Proporción de supervivientes al inicio de cada fase	Proporción de muertes durante cada fase	
x	n_x	l_x	d_x^* ($l_x - l_{x+1}$)	d_x^{**} ($n_x - n_{x+1}$)
0-1	530	1	0,747	396
1-2	134	0,253	0,147	78
2-3	56	0,106	0,036	17
3-4	39	0,07	0,03	16
4-5	23	0,04	0,02	11
5-6	12	0,02	0,011	7
6-7	5	0,009	0,005	3
7-8	2	0,004	0,004	2

$1 - 0,253 = 0,747$
 $530 - 134 = 396$

*Ecuación 1. ** Ecuación 2

Fig. 10.2. Cálculo de valores de d_x . Fuente: elaboración propia. Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).

q_x : corresponde a la tasa de mortalidad específica de cada fase o edad. También puede ser considerado como la “probabilidad” media de morir que tiene un individuo durante la fase x : si P_x es la probabilidad de permanecer vivo durante la fase x , entonces $(1 - P_x)$ es la probabilidad de morir, pues la fracción de los que mueren y la fracción de los que sobreviven debe sumar siempre uno. Se suele representar en la quinta columna.

$$\text{ecuación 1: } q_x = d_x / l_x$$

En este caso, el valor de d_x corresponde al obtenido con la ecuación 1:
 $d_x = l_x - l_{x+1}$.

Dicho de otra forma, es la cantidad de individuos que murieron durante cualquier intervalo de tiempo dado (d_x) dividido por la cantidad de individuos vivos al comienzo de ese intervalo (n_x).

$$\text{ecuación 2: } q_x = d_x / n_x$$

En este caso, el valor de d_x corresponde al obtenido con la ecuación 2:
 $d_x = n_x - n_{x+1}$.

En ambos casos, el resultado de q_x alcanzado suele ser el mismo.

Fase (años)	Nº individuos observados al inicio de cada fase	Proporción de supervivientes al inicio de cada fase	Proporción de muertes durante cada fase		Tasa de mortalidad	
			d_x^* ($l_x - l_{x+1}$)	d_x^{**} ($n_x - n_{x+1}$)	q_x^{***} (d_x/l_x)	q_x^{****} (d_x/n_x)
0-1	530	1	0,747	396	0,747	$q_x^{***} = 0,147/0,253$ $q_x^{****} = 78/134$
1-2	134	0,253	0,147	78	0,582	
2-3	56	0,106	0,036	17	0,307	
3-4	39	0,07	0,03	16	0,410	
4-5	23	0,04	0,02	11	0,465	
5-6	12	0,02	0,011	7	0,583	
6-7	5	0,009	0,005	3	0,596	
7-8	2	0,004	0,004	2	1	

*Ecuación 1 de d_x . ** Ecuación 2 de d_x . *** Ecuación 1 de q_x . **** Ecuación 2 de q_x .

Fig. 10.3. Cálculo de valores de q_x . Fuente: elaboración propia. Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).

L_x : número promedio de individuos vivos durante el intervalo de edad x hasta la fase $x + 1$ (es decir, entre el inicio de x y el final de x , que es el inicio de la fase siguiente). Es la llamada estructura de edad de la tabla de vida y es un paso previo necesario para calcular la esperanza de vida de cada fase. Se suele representar en la sexta columna.

$$L_x = (n_x + n_{x+1}) / 2$$

Fase (años)	N° individuos observados al inicio de cada fase	Número promedio de individuos vivos
x	n_x	L_x
0-1	530	332
1-2	134	95
2-3	56	47,5
3-4	39	31
4-5	23	17,5
5-6	12	8,5
6-7	5	3,5
7-8	2	1

$\rightarrow (530 + 134) / 2 = 332$
 $\rightarrow (2 + 0) / 2 = 1$

Fig. 10.4. Cálculo de valores de L_x . Fuente: elaboración propia. Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).

T_x : número total de individuos de edad x y mayores. Para calcularlo hay que sumar los valores de L_x desde x hasta el final de la tabla. Es otro paso necesario para calcular la esperanza de vida y se suele representar en la séptima columna.

$$T_x = \sum_{x \text{ último}} L_x$$

Fase (años)	Nº individuos observados al inicio de cada fase	Número promedio de individuos vivos	Número de individuos de edad x y mayores
x	n_x	L_x	T_x
0-1	530	332	536
1-2	134	95	204
2-3	56	47,5	109
3-4	39	31	61,5
4-5	23	17,5	30,5
5-6	12	8,5	13
6-7	5	3,5	4,5
7-8	2	1	1

→ 332+95+47,5+31+17,5+8,5+3,5+1 = 536

→ 8,5+3,5+1 = 13

Fig. 10.5. Cálculo de valores de T_x . En nuestro ejemplo, el valor 536 de T_{0-1} significa que los 530 individuos en la cohorte vivieron un total de 536 años (algunos solamente un año, mientras otros vivieron hasta 8 años). Fuente: elaboración propia. Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).

e_x : esperanza o expectativa de vida en cada fase, clase o edad. La esperanza de vida es la cantidad media de años que se espera que viva un individuo desde el momento de su nacimiento. No obstante, las tablas de vidas se utilizan para calcular las esperanzas de vida específicas de cada edad (e_x) o la cantidad media de años que un individuo de cierta edad se espera que viva en el futuro. Se suele representar en la octava columna de la tabla de vida. La e_x para cada clase de edad se calcula con la siguiente ecuación:

$$e_x = T_x / n_x$$

Fase (años)	Nº individuos observados al inicio de cada fase	Número de individuos de edad x y mayores	Esperanza de vida	
x	n_x	T_x	e_x	
0-1	530	536	1,01	→ $536/530 = 1,01$
1-2	134	204	1,52	
2-3	56	109	1,95	→ $30,5/23 = 1,33$
3-4	39	61,5	1,58	
4-5	23	30,5	1,33	
5-6	12	13	1,08	
6-7	5	4,5	0,9	
7-8	2	1	0,5	

Fig. 10.6. Cálculo de valores de e_x . Observe que la esperanza de vida cambia con la edad. Los individuos de la fase de edad de 0-1 años pueden esperar a vivir solamente durante 1,01 años. Sin embargo, para los individuos de la fase de 1-2 años, la esperanza de vida se incrementa a 1,52 años. La esperanza de vida aumenta para la siguiente fase y luego comienza a declinar con el incremento de la edad. Fuente: elaboración propia. Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).

Todos estos son parámetros importantes en el estudio de las poblaciones; las tablas de vida constituyen en este sentido una herramienta muy útil para describir el comportamiento de una población, debido a las siguientes razones: permiten evaluar el estado de una población (en expansión, en disminución, etc.) y por tanto su evolución futura; permiten conocer qué edades y procesos son claves en la determinación de ese estado; y en estudios comparativos permiten conocer cómo determinados factores ecológicos afectan a las poblaciones.

Actividades

Actividad N° 1

En función del material otorgado por los docentes, efectúe los cálculos necesarios para estimar el tamaño de la siguiente población ficticia, representada por “individuos” de *Phaseolus vulgaris* “poroto”. Elabore y complete la siguiente tabla, y estime el tamaño poblacional (\hat{N}):

Tabla 10.2. Estimación del tamaño poblacional a través del método de Schnabel.

N° muestreo	C_i	R_i	U_i	M_i	$C_i \times M_i$	\hat{N}
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
Total						

Actividad N° 2. Construcción de tablas de vida

Realice las siguientes tareas:

1. Realice los cálculos necesarios y elabore las tablas de vida para los datos proporcionados en las Tablas 10.3, 10.4 y 10.5.
2. Represente gráficamente a) l_x frente a x ; b) q_x frente a x ; c) e_x frente a x .
3. ¿Por qué se dice que las tablas de vida son una valiosa herramienta ecológica para examinar la estructura demográfica de una población?
4. ¿Qué edad sufre la máxima mortalidad (Tablas 10.3 y 10.4)?
5. ¿Qué se puede decir del futuro del “pino Carrasco” en la parcela de la Tabla 10.4?

Tabla 10.3. Datos correspondientes a una población dispersa de la “mariposa lagarta” (*Euproctis chrysorrhoea*).

x	n_x
Huevos	450
Estadios I-III	315
Estadios IV-VI	57
Prepupa	24
Pupa	23
Adultos	16

Tabla 10.4. Datos correspondientes a una población de *Pinus halepensis* “pino Carrasco” presentes en una parcela de la provincia de Valencia, España. Los datos corresponden a diámetros del tronco (a 1,5 m de altura).

x	n_x
5-9	1205
10-14	763
15-19	237
20-24	106
25-29	84
+30	14

Tabla 10.5. Datos correspondientes a una población de “castores” (*Castor canadensis*) capturados, marcados y recapturados durante un estudio de nueve años).

Año marcado	Número de individuos marcados								
	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964
1956	40	8	4	3	2	0	0	0	0
1957		138	60	30	28	13	9	4	3
1958			229	61	26	12	10	7	3
1959				193	58	26	19	12	9
1960					162	19	12	8	6
1961						99	4	2	1
1962							82	18	6
1963								80	25

Bibliografía

Ávila Solís, P. R.; Martínez Cervantes, A. C.; Ramírez Flores, R. O. y Villicaña Muñoz, S. (2017). *Técnicas de Captura-Recaptura*. Trabajo de investigación final, UNAM. México.

Begon, M., Harper, J. y Townsend, C. (1999). *Ecología. Individuos, población y comunidades*. Barcelona: Ed. Omega.

Blas, M. (1987). *Historia Natural dels Països Catalans*. Barcelona: Ed. Enciclopedia Catalana.

Krebs, Ch. (1986). *Ecología*. Madrid: Ed. Pirámide.

Lumbreras, A. J. S.; Salvador, A. G. y Delgado, J. A. (2008). *Introducción práctica a la Ecología*. Madrid: Ed. Pearson.

Margalef, R. (1974). *Ecología*. Barcelona: Ed. Omega.

Margalef, R. (1981). *Ecología*. Barcelona: Ed. Omega.

Smith, T. M. y R. L. Smith. (2007). *Ecología*. Madrid: Ed. Pearson.

Wratten, S. y Fry, G. (1982). *Prácticas de campo y laboratorio en ecología*. León: Ed. Academia.

**INTERACCIONES BIOLÓGICAS. INTERACCIONES
INTERESPECÍFICAS VINCULADAS A LA
POLINIZACIÓN POR ABEJAS MELÍFERAS**

TRABAJO PRÁCTICO N° 11

Objetivos: Evaluar las interacciones biológicas existentes entre dos especies de abejas melíferas y la estructura biológica de la comunidad expresada en términos de dominancia, riqueza específica y sobreposición de nicho trófico.

Contenidos: Base de datos melisopolinológicos. Guía para el desarrollo del trabajo práctico.

Introducción

Las interacciones entre los seres vivos y a su vez con el ambiente que los rodea constituyen uno de los ejes de estudio primordiales en Ecología. Entre los seres vivos se suscitan interacciones a nivel **interespecífico**, entre poblaciones de especies, e **intraespecíficos**, ocurridos dentro de una especie (intrapoblacionales). Por ejemplo en el primer caso podemos mencionar relaciones de Neutralismo, en las cuales los individuos interactuantes no tienen ningún efecto alguno sobre el otro; Mutualismo, en el cual los individuos se complementan favoreciéndose mutuamente; o por lo contrario el Parasitismo, donde un individuo vive a expensas del otro perjudicándolo gradualmente. A nivel intraespecífico la Competencia por los diversos recursos presentes en el ambiente (alimento, agua, territorio, parejas) es un factor determinante a escala poblacional, permitiendo la supervivencia de los más aptos y contribuyendo directamente a los procesos evolutivos de la especie.

Interacciones plantas - polinizadores

Entre las interacciones biológicas interespecíficas ocurridas en el Ecosistema, la polinización de las plantas es uno de los procesos biológicos

de suma importancia. El proceso consiste en la transferencia del polen desde los estambres hasta el estigma o parte receptiva de las flores en las Angiospermas, donde germina y fecunda los óvulos de la flor, haciendo posible la producción de semillas y frutos. Entre los vectores -o agentes- encargados de la polinización se encuentran vectores abióticos como el viento (Anemofilia) y el agua (Hidrofilia) por ejemplo; y entre los vectores bióticos se pueden mencionar a aves (Ornitofilia; e. g. colibríes), mamíferos (e. g. murciélagos: Quiropterofilia) e insectos (Entomofilia). En este último caso, los insectos intervinientes pueden ser coleópteros (Carantofilia), moscas (Miofilia), mariposas nocturnas (Falenofilia), mariposas diurnas (Psicofilia), abejas (Melitofilia), entre otros. La polinización es una interacción mutualista para los organismos intervinientes. Por ejemplo, entre los beneficios que favorecen a los vegetales se puede hablar de reproducción (semillas) y la perpetuidad de su linaje; en los animales, las recompensas benéficas - como resultado de sus visitas - consisten en el alimento (néctar, polen, aceite y semillas), sitios de refugio y apareamiento, materiales de construcción (resina) y hornos solares por ejemplo.

En los insectos, las abejas -salvo algunas excepciones- se destacan por su dependencia en visitar flores para obtener sus alimentos. Se nutren casi exclusivamente de polen (fuente proteica) y néctar (fuente de carbohidratos), y precisan visitar grandes cantidades de flores diariamente para satisfacer necesidades individuales, de la colonia, y de las crías (Tellería y Vossler, 2007). En tanto la mayoría de otros polinizadores potenciales solo visitan las flores para compensar carencias inmediatas, y casi siempre no es su única fuente de alimento. Por este trabajo incansable, las abejas, son consideradas los polinizadores por excelencia de las plantas (Corbet *et al.*, 1991).

Entre las fuentes de alimento presentes en las colmenas de abejas melíferas se encuentra la miel, el cual es el resultado de la transformación química del néctar de las flores y su posterior deposición en celdas o potes de miel construida para ese fin (figura 11.1).

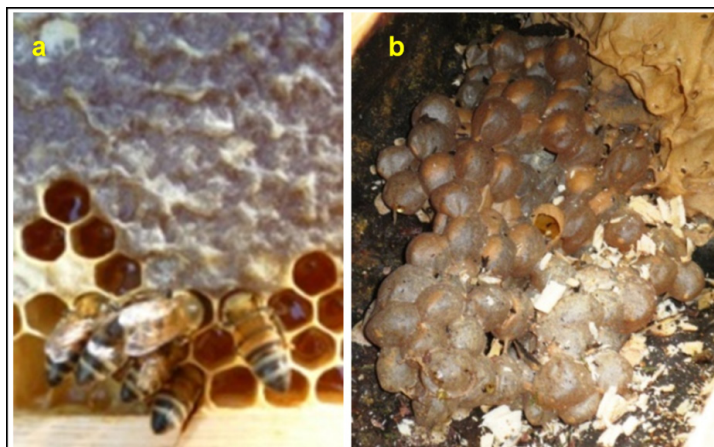


Fig. 11.1. Recipientes de almacenamiento de la miel madura. a. Panal de *Apis mellifera* con presencia de abejas obreras depositando la miel en celdas sin opercular. b. Potes de miel ovoides, operculados y completos de miel en colmenas de *Plebeia n. sp.* Fuente: Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).

Desde la Melisopalinología⁴ es posible inferir los recursos botánicos utilizados por las abejas melíferas para la elaboración de sus mieles de acuerdo a la frecuencia y abundancia de los tipos polínicos⁵. Entre los resultados alcanzados, es posible conocer la riqueza (polínica) de las mieles y la abundancia que presenta cada tipo polínico (y por ende especie vegetal) en la muestra estudiada; de esa manera y de acuerdo a la reglamentación vigente, las mieles pueden ser clasificadas en monoflorales (o uniflorales) y multiflorales (o poliflorales) (figura 11.2).

4- La Melisopalinología es la subdisciplina de la Palinología encargada del estudio de los granos de polen presentes en las mieles, cargas corbiculares y por extensión a los desperdicios de colmenas.

5- El término Tipo polínico es empleado en Palinología para definir a la especie vegetal del cual procede el o los granos de polen presentes en las mieles. El término es extensivo a otras subdisciplinas de la Palinología, como ser la Arquepalinología, Paleopalinología, Aeropalinología, Palinología Forense, entre otros.

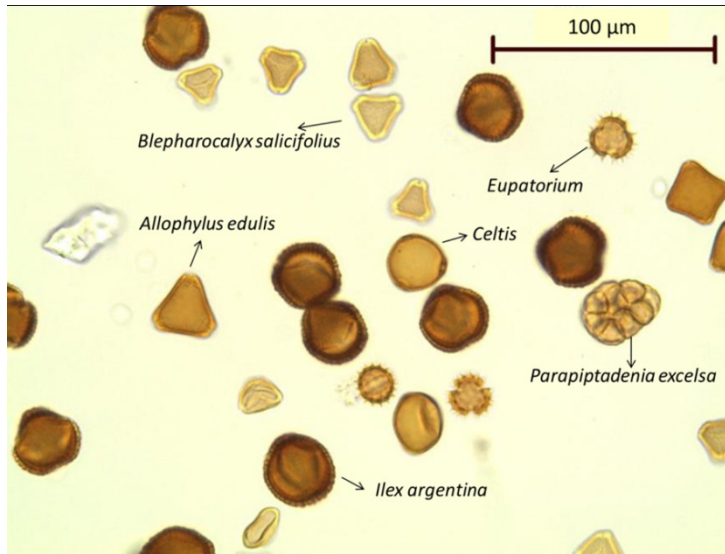


Fig. 11.2. Miel multifloral de *Plebeia* n sp. de la localidad de Baritú, Salta. Fuente: Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).

Desde el punto de vista ecológico, al examinar las mieles de distintas especies de abejas, procedentes de un mismo sitio de estudio y época de cosecha, los resultados alcanzados auxilian en el conocimiento de los recursos botánicos utilizados por las abejas estudiadas (riqueza, dominancia) y además permite inferir el solapamiento o no del nicho trófico. Para responder a estas interrogantes, es posible emplear herramientas utilizadas en el campo de la Ecología y adaptarlas en este caso, al estudio de las mieles; por ejemplo, haciendo uso de los siguientes índices:

Índice de riqueza -polínica- (S)

En Palinología se adapta el índice de riqueza taxonómica (McIntosh, 1967) o riqueza específica (Moreno, 2001) usado en estudios de biodiversidad. En este caso, la riqueza polínica se encuentra representada por el número de tipos polínicos observados en las muestras de miel, donde cada tipo se adscribe a un taxón botánico (e. g. especie, género, familia botánica).

Índice de Dominancia. Índice de Simpson

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Dónde p_i es la abundancia proporcional del tipo polínico i , es decir, el número de individuos del tipo polínico i dividido entre el número total de individuos de la muestra. Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influenciado por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, 1988; Peet, 1974).

Coefficiente de similitud de Morisita-Horn

El índice es un indicador cuantitativo de la similitud que pueden presentar los sitios de estudio o muestras comparadas (Moreno, 2001) y cuyos valores pueden variar desde 0 a 1, manifestando una desigual a igual similitud respectivamente. Haciendo uso de los datos absolutos registrados se aplica la siguiente fórmula:

$$I_{M-H} = \frac{2 \sum (a_n_i \times b_n_j)}{(d_a + d_b) \times a_N \times b_N}$$

Donde:

a_n_i = número de individuos del i -ésimo tipo polínico en la muestra de miel de la abeja melífera 1.

b_n_j = número de individuos del j -ésimo tipo polínico en la muestra de miel de la abeja melífera 2.

$$d_a = a_n_i^2 / a_N^2$$

$$d_b = b_n_j^2 / b_N^2$$

Sobreposición del nicho trófico

La sobreposición del nicho trófico es una de las maneras de evaluar a las especies interactuantes vinculadas por sus actividades tróficas. En este caso, el término nicho trófico hace referencia al conjunto de recursos vegetales pecoreados por las abejas melíferas, y el grado de sobreposición

se puede estimar gracias al uso del índice de sobreposición de Pianka (Jaksic y Marone, 2007):

$$Ov = \sum p_i \cdot q_i / (\sum p_i^2 \cdot \sum q_i^2)^{1/2}$$

Dónde p_i y q_i son las frecuencias relativas con que las abejas melíferas utilizan los recursos i . Los valores obtenidos varían desde 0 a 1, revelando una sobreposición nula a completa respectivamente.

Actividades

A partir de las muestras de miel de *Tetragonisca fiebrigi* (Y) y *Apis mellifera* (A) colectadas en el mismo sitio de estudio y época de cosecha (Tabla 11.1) y a partir de los datos registrados del conteo polínico de cada una de las muestras (Tabla 11.2) realice las siguientes tareas:

1- Indique el tipo de interacción biológica que se da entre las abejas melíferas y las plantas proveedoras de néctar, y posteriormente entre las abejas melíferas involucradas en este trabajo.

2- Teniendo en cuenta los datos de la Tabla 11.2, calcular la Riqueza polínica (S) por especie de abeja melífera estudiada. Explique los resultados conseguidos.

3- Teniendo en cuenta los datos de la Tabla 11.2, calcular la dominancia polínica de acuerdo al Índice de Simpson. Explique los resultados conseguidos.

4- Teniendo en cuenta los datos de la Tabla 11.2, calcular el índice cuantitativo de Morisita-Horn y la sobreposición del nicho trófico (índice de Pianka) para las abejas melíferas estudiadas en las siguientes situaciones: a) a escala global (considerando el total de muestras de miel por abeja); b) a escala de sitio de estudio (considerando las muestras por sitio de estudio y por abeja melífera). Explique los resultados conseguidos con cada índice.

5- A partir del listado presentado en la Tabla 11.2 elabore una figura en el cual se expresen el conjunto de tipos polínicos (y por extensión, plantas nectaríferas) exclusivos de cada abeja melífera y el conjunto de tipos polínicos compartidos por ambas (vea el ejemplo en la figura 11.3).

Tabla 11.1. Pares ambientales constituidos y examinados a escala de sitio y época.

Sitios de muestreo	<i>Tetragonisca fiebrigi</i> (Y)	<i>Apis mellifera</i> (A)	Mes y año de cosecha
Colonia Deseado	Y8	A4	Octubre/2007
Península Andresito	Y9	A2	Octubre/2007
Picada Tres Leones	Y15	A10	Diciembre/2007
Itatí	Y5	A3	Noviembre/2007

Piñalito Norte	Y16	A11	Diciembre/2007
Total de mieles pareadas	6	6	12

Tabla 11.2. Conteos polínicos efectuados en las mieles de *Tetragonisca fiebrigi* (Y) y *Apis mellifera* (A) en distintos sitios de estudio del norte de Misiones.

N°	Tipos polínicos	Colonia		Península		Picada Tres		Itatí		Piñalito Norte	
		Deseado		Andresito		Leones					
		Y8	A4	Y9	A2	Y15	A10	Y5	A3	Y16	A11
1	<i>Acacia</i>						1				
2	<i>Acantholippia</i>						1				
3	<i>Actinostemon</i>	3				14		16	26		
4	<i>Allophylus edulis</i>	1	11		26	1		39	145	1	
5	<i>Alternanthera aquatica</i>									1	
6	<i>Amaranthus</i>							4			
7	<i>Amaranthus muricatus</i>	1									
8	<i>Anacardiaceae</i>							46			
9	<i>Anadenanthera colubrina</i>				1		1				
10	<i>Apiaceae</i>									22	
11	<i>Aspidosperma polyneuron</i>	49		1							
12	<i>Asteraceae</i>	3				14				1	
13	<i>Bidens</i>										2
14	<i>Bignoniaceae</i>	6		1	5	91			11	1	2
15	<i>Bowlesia</i>					42				3	
16	<i>Cactaceae</i>				26						
17	<i>Celtis</i>	10		18		1		27	1	1	
18	<i>Chamisoa acuminata</i>					13			1	1	
19	<i>Chrysophyllum gonocarpum</i>					14					
20	<i>Chrysophyllum marginatum</i>									1	

N°	Tipos polínicos	Colonia		Península		Picada Tres		Itatí		Piñalito Norte	
		Deseado		Andresito		Leones					
		Y8	A4	Y9	A2	Y15	A10	Y5	A3	Y16	A11
21	<i>Cissus</i>								1		
22	<i>Citrus</i>	1			2			9		812	
23	<i>Eupatorium</i>				1						
24	<i>Euphorbiaceae</i>	1	214			2		4	189	5	
25	<i>Euterpe edulis</i>				57		154		15	22	734
26	<i>Forsteronia</i>	5									
27	<i>Heteropterys</i>					4				1	
28	<i>Holocalyx balansae</i>	6	3		793	9		55	199	479	4
29	<i>Ilex paraguarensis</i>			3	1	4		1	83		
30	Indeterminados	50	1		4	42	48	47	3		
31	<i>Justicia</i>				1						
32	<i>Leonurus japonicus</i>	1		88	43	1	1		7	1	
33	Loranthaceae										1
34	<i>Matayba elaeagnoides</i>					9		1	11		
35	Meliaceae			1							
36	Moraceae	370		14				38	5		
37	Myrtaceae							7			
38	<i>Parapiptadenia rigida</i>	15		4	2		2	3	1	1	23
39	<i>Peltophorum dubium</i>					30	1				12
40	<i>Pereskia grandiflora</i>		1		3					1	
41	<i>Phyllostylon rhamnoides</i>									1	
42	<i>Pouteria fragrans</i>	38						6			
43	<i>Pouteria gardneriana</i>	51									

N°	Tipos polínicos	Colonia		Península		Picada Tres		Itatí		Piñalito Norte		
		Deseado	Y8	A4	Y9	A2	Y15	A10	Y5	A3	Y16	A11
44	<i>Pouteria salicifolia</i>				10						3	
45	<i>Rauvolfia sellowii</i>	2										
46	Rhamnaceae	5	5		8	54		33				7
47	<i>Ruprechtia laxiflora</i>	5		2	2	12		10	39	2		
48	<i>Salix humboldtiana</i>						130	28	6			
49	<i>Sebastiania</i>		6		10							
50	<i>Senecio</i>								2			
51	<i>Serjania</i>					1			2			
52	<i>Solanum</i>											
53	<i>Sorocea bonplandii</i>							18				
54	<i>Syagrus romanzoffiana</i>	43	1	23		424		4				
55	Tipo <i>Abutilon pauciflorum</i>						1	1	1			2
56	Tipo <i>Baccharis</i>		36		3	4		1	2			
57	Tipo <i>Balfourodendron</i>										15	
58	Tipo <i>Buddleja</i>										11	
59	Tipo <i>Calypttranthes</i>	8	33	7	17				172			18
60	Tipo <i>Castela tweedii</i>							7	2			
61	Tipo <i>Cinnamomum</i>	1										
62	Tipo <i>Clematis montevidensis</i>							3				
63	Tipo <i>Gomphrena perennis</i>							3				

N°	Tipos polínicos	Colonia		Península		Picada Tres		Itatí		Piñalito Norte	
		Deseado		Andresito		Leones		Y5	A3	Y16	A11
		Y8	A4	Y9	A2	Y15	A10				
64	Tipo <i>Gouania latifolia</i>								38		
65	Tipo <i>Lycium morongii</i>		249						14	5	
66	Tipo <i>Mandevilla angustifolia</i>								15		
67	Tipo <i>Mimosa somnians</i>										7
68	Tipo <i>Mimosa veloziana</i>										2
69	Tipo <i>Myrceugenia</i>				4						
70	Tipo <i>Myrcia bombycina</i>	4									
71	Tipo <i>Myrcianthes pungens</i>								108		
72	Tipo <i>Rorippa hilariana</i>				1					107	
73	Tipo <i>Schinus weinmannifolius</i>	161	4	2		95				39	
74	Tipo <i>Scutia buxifolia</i>			8						3	
75	Tipo Solanaceae		600		63	32			7		1
76	Tipo <i>Trichillia catigua</i>									2	
77	Tipo <i>Trema micrantha</i>	52		6		686		190		14	
78	Tipo <i>Urera baccifera</i>	7						6	1	3	
79	Tipo <i>Vernonia</i>								1		1
80	Tipo <i>Zanthoxylum</i>							2	6		2
Total (suma polínica)		899	1164	188	1073	1599	340	609	1114	1559	818

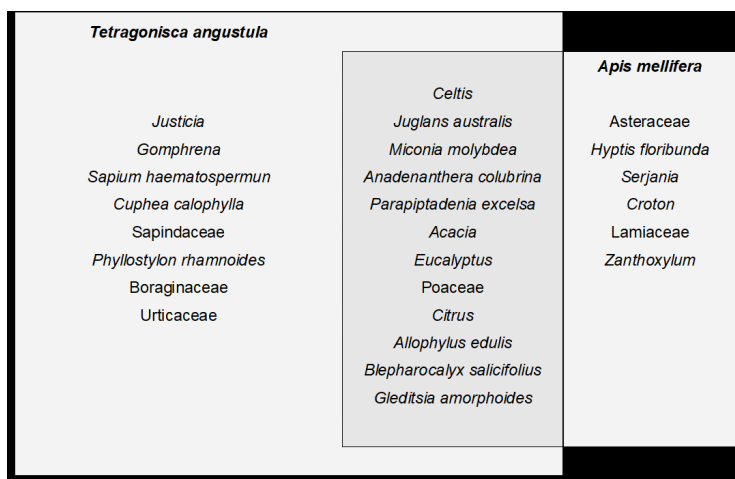


Fig. 11.3. Diagrama de tipos polínicos exclusivos y compartidos de dos abejas melíferas de la localidad de Los Naranjos, Orán, Salta. Fuente: Flores, 2012.

Bibliografía

Corbet, S. A.; Williams, I. H. y Osborne, J. L. (1991). "Bees and the pollination of crops and wild flowers in the European Community". *Bee World*. 72(2), 47-59. United Kingdom: International Bee Research Association.

Flores, F. F. (2012). *Tipificación botánica de mieles de Tetragonisca angustula Latreille (Apidae, Meliponinae) criadas en localidad Los Naranjos - Orán - Salta*. S. S. de Jujuy: EDIUNJu.

Jaksic, F. y Marone, L. (2007). *Ecología de comunidades*. Santiago de Chile: Ed. Universidad Católica de Chile.

McIntosh, R. (1967). "The continuum concept of vegetation". *Bot. Rev.* 33, 130-187. United States: Springer New York LLC.

Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. New Jersey: Princeton University Press.

Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. Zaragoza: M & T - Manuales y Tesis SEA.

Peet, R. K. (1974). "The measurement of species diversity". *Annual Rev. Ecol. Syst.* 5, 285-307. United States: Annual Reviews Inc.

Tellería, M. C. y Vossler, F. G. (2007). "Tras las huellas de las abejas polinizadoras". *Ciencia Hoy* 17 (100), 22-28. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Massolo.

**DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA
VEGETACIÓN**

TRABAJO PRÁCTICO N° 12

PARTE 1

Objetivos: Poner al alumno en contacto con una comunidad vegetal y concretar el ejercicio de describirla, utilizando los criterios de Dansereau.

Contenidos: Estudio de una comunidad (en el campo): ubicación geográfica, tipo de comunidad, ambiente, estructura de la vegetación, lista florística. Elaboración de informe.

Introducción

Existen diferentes puntos de vista teóricos acerca de la naturaleza de la comunidad vegetal, siendo los mismos de gran importancia porque influyen sobre los objetivos básicos de la fitosociología y por ende sobre los métodos que se aplican en el campo.

Es difícil definir una comunidad en forma terminante, y existen diversas opiniones al respecto. Una comunidad puede definirse como una combinación de plantas que son dependientes de su ambiente, ejercen una influencia mutua y modifican su propio ambiente. Es importante aclarar que en esta definición se considera una comunidad vegetal tanto a conjuntos de plantas de una o varias especies que pueden estar cercanas o distantes entre sí y distribuidas en uno o más estratos.

Estructura de comunidades vegetales

El estudio de la comunidad plantea problemas considerables, ya que la base de datos puede ser enorme y compleja. Un primer paso suele ser la búsqueda de esquemas en la estructura y la composición de la comunidad vegetal. En esencia, se trata de la utilización de modos simples para describir sistemas complejos.

En la práctica agrícola, muchos problemas se presentan de tal forma que su análisis implica conocer las propiedades y el funcionamiento de comunidades complejas, es decir, integradas por un número más o menos grande de especies. Tal es el caso del manejo de praderas utilizadas para pastoreo, o del de cultivos posibles de ser invadidos por malezas, o el aprovechamiento de bosques naturales, o el mantenimiento de la vegetación en cuencas imbríferas para la corrección de torrentes.

El conocimiento de las características estructurales y funcionales de las comunidades vegetales resulta indispensable en el caso de áreas naturales (pastizal, matorral, bosque), para utilizarlas con máximo provecho y mínimo deterioro. La comunidad vegetal es, en general, más confiable como indicadora de las condiciones ecológicas de un lugar y, por lo tanto, de su potencialidad productiva, que especies tomadas aisladamente, ya que la comunidad representa la integración de organismos con diferentes requerimientos e interacciones.

Dansereau (1957) definió una metodología para el estudio de la estructura de la vegetación muy simple y de gran utilización, que combina características cualitativas y cuantitativas de la comunidad vegetal.

Método de Dansereau

Según Dansereau (1957) la organización espacial de los individuos que forman un “stand” (y por extensión un tipo de vegetación o una asociación de plantas) se denomina estructura. Los elementos primarios de la estructura son: formas de crecimiento, estratificación y cobertura. En su distribución horizontal y vertical, las plantas difieren en los sucesivos estados de su crecimiento. Ellas pueden ser agrupadas en bioformas de acuerdo con su hábito de crecimiento (leñosas o herbáceas), ramificación, función de sus hojas (siempreverdes, semicaedizas, caedizas, áfilas, etc.) y tipo de hoja (tamaño, forma, textura). Varias combinaciones de estas características fueron agrupadas para atribuirles una significación ecológica. La estratificación reconoce capas más o menos permanentes, un agrupamiento de individuos a determinada altura del suelo. La cobertura se expresa generalmente como porcentaje del sombreado de cada estrato.

Las características mencionadas pueden expresarse por medio de diagramas. Por ejemplo, un “stand” de hayas, arces, y abetos en el área de los Grandes Lagos (América del Norte) puede ser descrita de la siguiente manera: estrato superior continuo de árboles altos, mayormente de hojas anchas-caedizas (pocos de hojas compuestas), con algunos árboles de hojas aciculares-siempreverdes; estrato arbustivo muy esparcido, principalmente de hojas caedizas; escasas lianas en los árboles y algunos líquenes epífitos en los niveles bajos; estrato herbáceo entre siempreverde y caedizo, en grupos o disperso; musgos en parches localizados densos. Lo anterior es una descripción puramente estructural; detalla la vegetación sin referirse a su composición. La estructura y la composición son cosas diferentes; un cuidadoso registro de ambas revela lo principal del carácter del stand o de la comunidad.

La Tabla 12.1 enumera un grupo de criterios que, aplicado uniformemente a diferentes tipos de vegetación, registrará sus similitudes y diferencias más destacadas. Se basa en fórmulas con letras y dibujos que expresan la estructura sintéticamente. La figura 12.1 ilustra los cuatro pasos para la confección de un diagrama de estructura: primero, se dibuja la cobertura de cada estrato y de cada bioforma; segundo, se agrega la función de las hojas (caedizas, siempreverdes, etc.); tercero, se incorpora el tipo de hoja (forma y tamaño); y cuarto, se añade la textura de la hoja. El diagrama así completado indica a simple vista una buena distribución. La gama de símbolos en la figura 12.2 muestra la gran variedad de casos.

Tabla 12.1. Seis categorías de criterios a ser aplicados para la descripción de la estructura de la vegetación.





















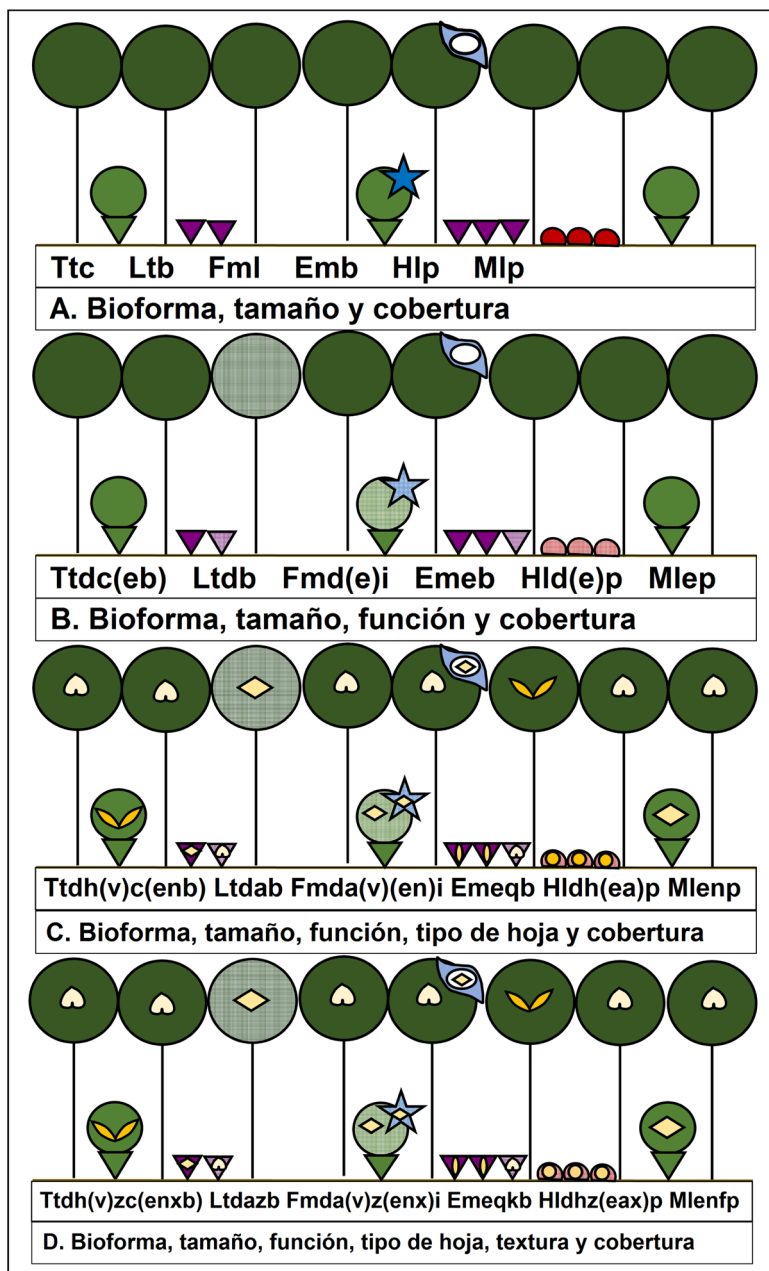
<p>1. BIOFORMAS</p> <p>T  Árboles</p> <p>F  Arbustos</p> <p>H  Hierbas</p> <p>M  Briófitas</p> <p>E  Epífitas</p> <p>L  Lianas</p>	<p>2. ESTRATOS (TAMAÑO)</p> <p>t Alto (T: >25 m) (F: 2-8 m) (H: > 2 m)</p> <p>m Medio (T: 10-25 m) (F, H: 0,5-2 m) (M: > 10 cm)</p> <p>l Bajo (T: 8-10 m) (F, H: < 50 cm) (M: < 10 cm)</p>	<p>3. COBERTURA</p> <p>b Ausente o muy esparcida</p> <p>i Discontinua</p> <p>p En manchones o matas</p> <p>c Continua</p>
<p>4. FUNCIÓN</p> <p>d  Deciduas o caedizas (caducifolios)</p> <p>s  Semideciduas</p> <p>e  Siempreverdes (perennifolios)</p> <p>j  Suculentas o siempreverdes áfilas</p>	<p>5. FORMA Y TAMAÑO DE HOJA</p> <p>n  Aciculares o espinosas</p> <p>g  Graminoides</p> <p>a  Medianas o pequeñas</p> <p>h  Anchas o grandes</p> <p>v  Compuestas</p> <p>q  Taloides</p>	<p>6. TEXTURA DE LAS HOJAS</p> <p>f  Papiáceas</p> <p>z  Membranosas</p> <p>x  Coriáceas</p> <p>k  Suculentas o fungoides</p>

Fig. 12.1. Esquema de estructura de la vegetación basada en las alternativas dadas en la Tabla 12.1. Adaptado de Dansereau, P. (1957). Cátedra de Ecología General

(Fac. Cs. Agrarias, UNJu).



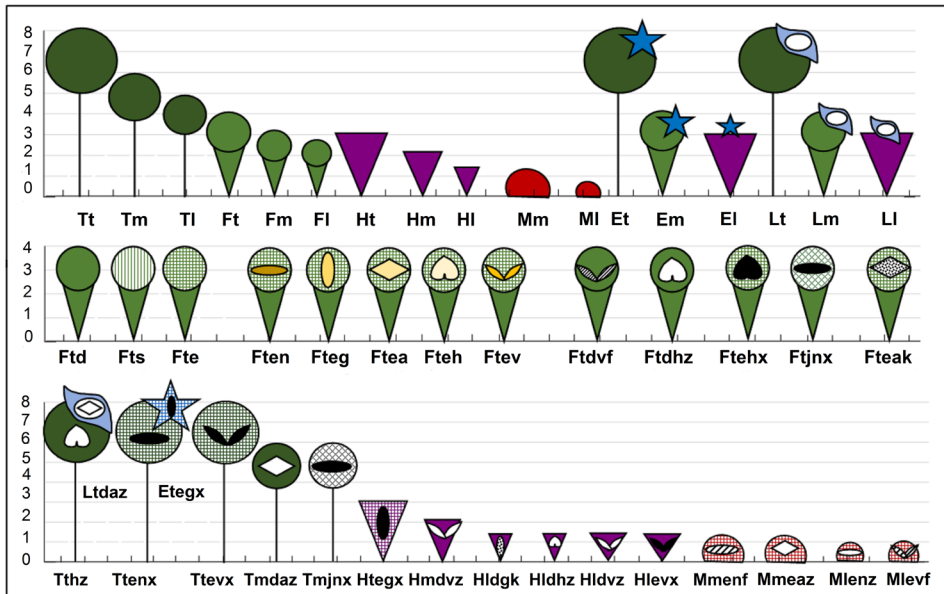


Fig. 12.2. Repertorio de símbolos gráficos de acuerdo con el esquema presentado en la Tabla 1. Por ejemplo “Tt” tiene ocho unidades de altura y tres de ancho, o “Ttevx” indica árbol superior a los 25 m de altura, siempreverde, con hojas compuestas y coriáceas. Fuente: Adaptado de Dansereau, P. (1957). Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).

Por supuesto, las características individuales medidas se prestan a otras evaluaciones. Por ejemplo, las clases de formas de vida de Raunkiaer (1934) presentan escalas útiles y muy empleadas. En el gradiente de comunidades vegetales, bajo contrastes climáticos, la distribución de hojas pequeñas y grandes muestra una curva característica.

Raunkiaer (1934) distinguió seis clases, basadas en el aumento de la superficie foliar, desde las pequeñas leptófilas tan comunes en los hábitats alpino y desértico hasta las enormes macrófilas de los trópicos húmedos. Para más detalle al respecto consulte el TP N° 6.

Este gradiente relativamente simple, permite una rápida comparación entre algunos tipos de vegetación similares.

La estructura, entonces, es una característica sobresaliente de la vegetación, y se ubica aún antes que la composición en una descripción

del paisaje. La estructura no siempre varía con la composición, pero sí generalmente con el clima, el suelo, la topografía, y con las etapas de la sucesión.

Por supuesto que la estructura también se ve afectada por perturbaciones, particularmente dramáticas cuando son producidas por el ser humano; como por ejemplo a través de la agricultura y la explotación forestal, los fertilizantes y la contaminación, el ocio y la caza, modificando la mayoría de las comunidades. Introducciones de especies sin tomar las medidas precautorias, han producido efectos tales como llevar casi a la extinción a numerosas especies, entre ellas el olmo inglés y el castaño de América del Norte. De ahí la importancia del conocimiento de la estructura de la vegetación antes de decidir llevar cabo introducciones, explotaciones forestales, ganadería, etc.

Actividades

La actividad consiste en poner en práctica el método de Dansereau, para lo cual se hará uso de los siguientes materiales: GPS, eclímetro, cámara fotográfica y cuaderno o planilla de campo. Asimismo antes de registrar la información pertinente de acuerdo a Dansereau, registre sintéticamente los siguientes datos:

1. Ubicación geográfica: localidad, provincia, coordenadas geográficas y altitud (mediantes el uso del GPS), pendiente del terreno, etc.
2. Fecha, número del relevamiento y superficie considerada.
3. Tipo de comunidad: breve descripción de la fisonomía y sus dominantes.
4. Ambiente: exposición, pendiente del terreno (eclímetro), posición topográfica, microrelieve.
5. Lista florística: sin confeccionar un censo, harán una lista de las especies presentes por estrato en el relevamiento. Anotarán para cada especie (aunque no sepan el nombre) si hay muchas, algunas, o si sólo están presentes.
6. Estructura de la vegetación: estratos presentes, altura y cobertura de los mismos.
7. Información complementaria: suelos (tipo de suelo, profundidad de la materia orgánica y del mantillo, textura al tacto), erosión, fuego, factores bióticos o abióticos que ejercen influencia decisiva (por ejemplo: humedad, pH, presencia de carbonatos, temperatura). También deberá describir el área aledaña: artificialización (por ejemplo si se trata de desmontes -totales o parciales- cultivos, barbecho/descanso, rastrojo, malezas, construcciones, etcétera).

Bibliografía

Begon, M., Harper, J. L. y Townsend, C. R. (1988). *Ecología*. Barcelona: Ed. Omega.

Braun W., R. H. (1973). *Estudio de Comunidades Vegetales*. Bahía Blanca: Depto. de Agronomía, Universidad Nacional del Sur.

Dansereau, P. (1957). *Biogeography*. Nueva York: Ed. Ronald.

Matteucci, S. y Colma, A. (1982). *Metodología para el estudio de la vegetación*. Serie Biología. Monog. N° 22. OEA.

Raunkiaer C. (1934). *The life forms of plants and statistical plant geography; being the collected papers of C. Raunkiaer*. Oxford: Clarendon Press.

**ESTUDIO DE COMUNIDADES VEGETALES:
CENSOS Y TÉCNICAS DE MUESTREO**

TRABAJO PRÁCTICO N° 12

PARTE 2

Objetivos: Conocer cómo se determina y obtiene la muestra apropiada para el estudio de comunidades vegetales. Ejercitarse en algunas técnicas de muestreo.

Contenidos: Determinación de área mínima, censos con parcelas, censos sin parcelas, elaboración de informe.

Introducción

Debido a que es dificultoso examinar cada uno de los miembros de la comunidad se toman muestras de ella y se considera que los promedios son estimaciones aproximadas de los parámetros verdaderos.

Es importante establecer: a) cuál es la muestra apropiada; b) cómo puede obtenerse esa muestra con el menor esfuerzo.

El procedimiento de muestreo se decide considerando: a) los resultados deseados; b) el grado de exactitud buscado; c) el tiempo disponible y d) el conocimiento previo de la comunidad.

Ninguna muestra refleja con exactitud la población de la cual es tomada. El error de muestreo será tanto menor cuanto mayor sea el número de muestras, aunque nunca llega a cero. Existe, además, otra fuente de error debida a tendencias o prejuicios personales; esto puede corregirse mejorando el muestreo.

El análisis estadístico no puede sustituir el buen juicio: a) en la selección de comunidades para su estudio cuantitativo; b) en la interpretación de la información obtenida.

Todos los métodos de análisis de la vegetación involucran más criterio personal del que parece (sobre todo si otra persona es quien verifica los resultados).

Censos sin parcelas

Los métodos de muestreo cuantitativo sin parcelas resultan de interés por su relativa rapidez. Se basan en el principio de que la densidad puede ser calculada fácilmente a partir de la distancia promedio existente entre los individuos. Son elegidas y medidas plantas individuales según su proximidad a puntos o plantas ubicadas al azar.

La técnica resulta adecuada para inventarios forestales, pero tiene una utilidad general en los estudios sinecológicos.

Los métodos de muestreo sin parcela dan el área media por planta y, el número de individuos por unidad de superficie. Si esta medición se suplementa con mediciones de área basal, peso de material herbáceo, y otros atributos, puede aumentarse la utilidad de los métodos.

Método de los cuartos (método de los cuadrantes)

Es un método puntual, empleado en el estudio de la vegetación de bosques. Se elige una serie de puntos en el terreno, generalmente mediante pasos a distancias fijas (o al azar), a lo largo de una línea establecida con ayuda de una brújula (figuras 12.3 y 12.4).

Se divide el espacio que rodea a cada punto en cuatro cuartos o cuadrantes conformando así una serie de líneas paralelas, transversales a la recta en los puntos señalados.

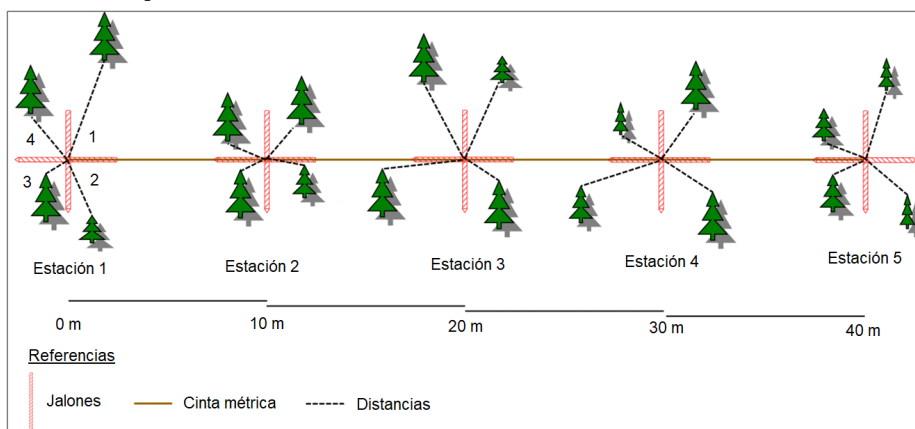


Fig. 12.3. Distancias fijas. Fuente: elaboración propia. Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).

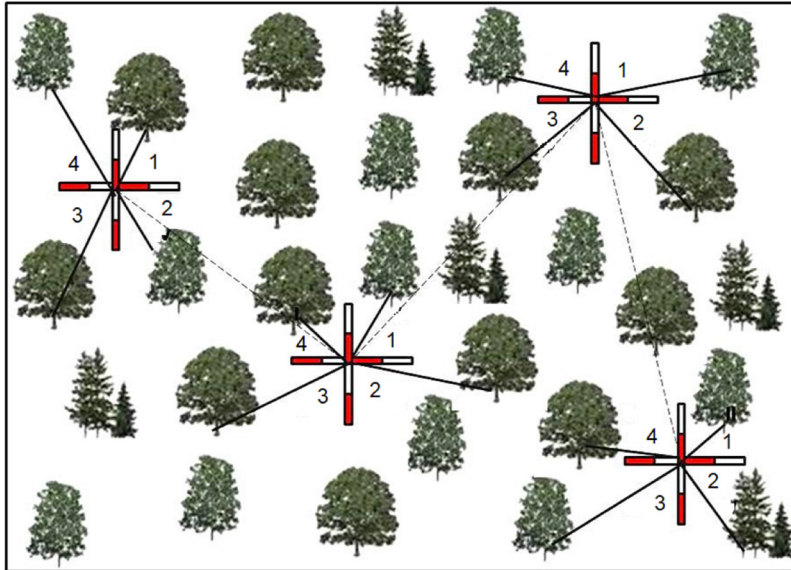


Fig. 12.4. Distancias al azar. Fuente: elaboración propia. Fuente: elaboración Gonzalo Román Torres (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).

Dentro de cada cuadrante se elige el árbol más próximo al punto y se anota su distancia al mismo, su área basal y su especie (cuatro anotaciones por estación). De la misma manera puede anotarse renuevos y arbustos. Para plantas herbáceas y plántulas de leñosas es mejor emplear parcelas con centro en cada punto (figura 12.5).

Se toman por lo menos cincuenta estaciones. Dividiendo la suma de todas las distancias anotadas por el número total de distancias, se obtiene la distancia media. Calculando el cuadrado de ésta, se obtiene el área media muestreada. Si se divide 10.000 m² por este valor, se obtiene el número total de árboles por hectárea.



Fig. 12.5. Relevamiento florístico. Fuente: Trabajo de campo. Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).

Censos con parcelas

Es más ventajoso el empleo de una serie de parcelas de tamaño relativamente chico -en vez de una sola parcela grande- y promediar la información obtenida, para expresar el carácter de toda una estación de vegetación (“stand”).

El tamaño, la forma, cantidad y disposición de las parcelas pueden ser diversos de acuerdo con la naturaleza de la vegetación y los propósitos del estudio.

Tamaño y número de las parcelas: Las comunidades vegetales por lo general presentan variaciones en la distribución y la cantidad de especies, por lo que se requieren muestras suficientemente grandes o numerosas.

En el muestreo ecológico se recurre con frecuencia a las curvas que resultan de la relación espacio/área, para decidir acerca de la cantidad y tamaño de las parcelas, que permita realizar un muestreo adecuado de una población o comunidad. En el eje vertical se grafica el número de especies acumuladas en el muestreo; en el eje horizontal, la cantidad o la superficie de las parcelas.

La curva que resulta asciende abruptamente al principio, pues en las primeras muestras se presentan muchas especies. Pero, al aumentar el muestreo, se incorporan pocas especies más, por lo cual la curva tiende

a aplastarse. El “quiebre” representa el punto en que el aumento de los esfuerzos de muestreo tiene retornos decrecientes. Así, esa zona define el área mínima para una representación adecuada de la lista florística (figura 12.6).

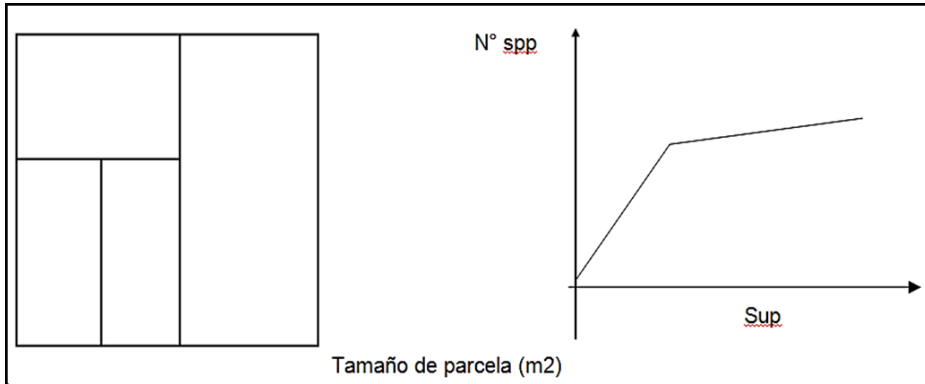


Fig. 12.6. Relevamiento florístico y determinación del área mínima. Fuente: elaboración propia. Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).

Forma de las parcelas: las unidades de observación pueden ser cuadradas, circulares, triangulares, oblongas, lineales y adimensionales.

- Parcelas cuadradas (cuadrados de censo): es la forma más usada, aunque otras son tan prácticas y a veces más eficientes (figura 12.7).
- Parcelas circulares: muy convenientes para usar cuando hay vegetación baja. Pueden ser anillos, o aros arrojados en todas las direcciones desde un punto central. También pueden marcarse con hilo sujeto a un anillo que gira en un eje central.

Clases de Parcelas: las parcelas pueden denominarse de acuerdo con los usos o la información obtenida en las mismas; así tenemos:

- Parcelas de listas: es una simple tabulación de las especies presentes; permiten un análisis florístico y la asignación de un índice de frecuencia.

- Parcelas de listas y recuento: además de las especies presentes se anota la cantidad.

- Parcelas de cobertura: se registra la cobertura efectiva o relativa; por lo general como porcentaje de un área determinada cubierta o sombreada por la vegetación.



Fig. 12.7. Parcelas cuadradas de listas y recuentos florísticos. Fuente: Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).

Técnicas de análisis con puntos (método Australiano)

Las técnicas de análisis con puntos son útiles principalmente para evaluar el área basal o del follaje y la composición botánica.

Se emplea en estudios detallados de todo tipo de vegetación densa (pasturas), para vegetación corta (hasta 25 cm) o pacida. Debe emplearse en días sin viento.

El método consiste en el uso de púas colocadas en un bastidor verticalmente o inclinadas en ángulo de 45°; se bajan las agujas y se anota el contacto con las hojas de las plantas (las puntas pueden tocar vegetales o suelo desnudo, figuras 12.8 y 12.9).

Los resultados pueden expresarse por el número de puntos que tocan cada especie o como porcentaje del total de puntos hechos (véase tabla 12.2 como ejemplo).

Variación: Puede dejarse caer verticalmente una púa cada 30 cm junto a una cinta de 30 m de largo, y registrar la vegetación o lo que toque.

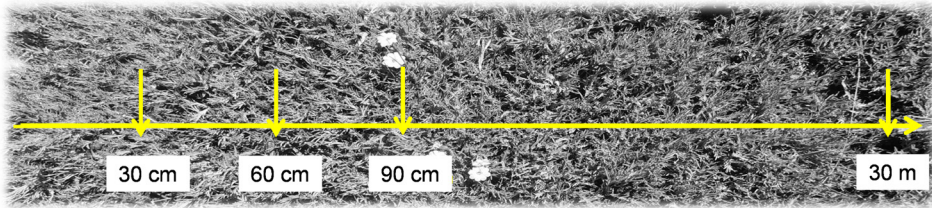


Fig. 12.8. Parcelas cuadradas de listas y recuentos florísticos. Fuente: Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).

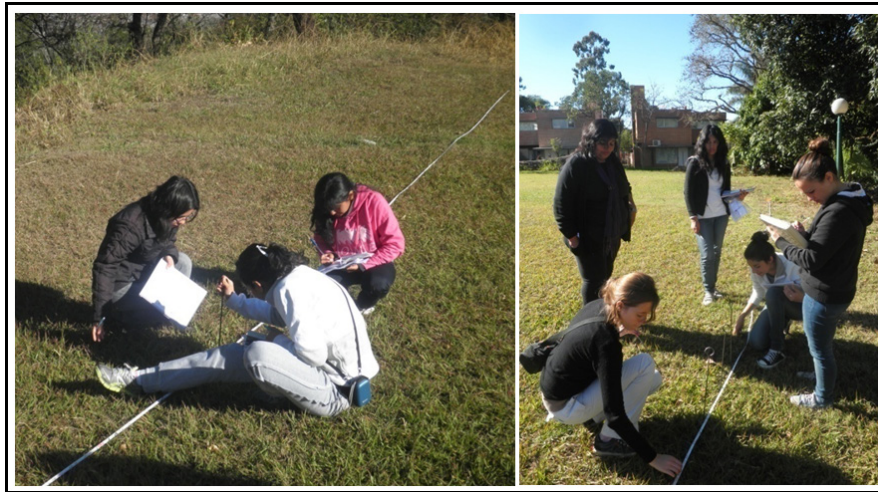


Fig. 12.9. Relevamiento de vegetación herbácea con la técnica de análisis con puntos. Fuente: Trabajo de campo. Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).

Transectas

La transecta es una sección transversal de un área, que se emplea para registrar, mapear o estudiar la vegetación de una o más estaciones. Puede tratarse de una faja de ancho diverso, o de una línea. Las transectas son útiles para estudios extensivos como para estudios detallados. Como unidad de muestreo, las mediciones realizadas dentro de una transecta se combinan, y cada transecta se considera como una observación aislada en la muestra total.

Actividades

1- Determine el área mínima de un sector de vegetación herbácea definido *a priori* y realice el relevamiento de vegetación: riqueza específica y abundancia de individuos por especie (Tabla 12.2). Posteriormente, efectúe la figura del área mínima representando en el eje de abscisas la abundancia proporcional y en el eje de ordenadas la riqueza específica. Explique los resultados obtenidos.

2- Efectúe el relevamiento de la vegetación herbácea según la técnica de análisis con puntos o método australiano (Tabla 12.2). Evalúe la riqueza específica y abundancia de individuos por especie vegetal y explique los resultados obtenidos.

3- Efectúe el relevamiento de la vegetación arbórea de acuerdo al método de los cuartos o de los cuadrantes (Tabla 12.2). Evalúe la riqueza específica y abundancia de individuos por especie vegetal y explique los resultados obtenidos.

Tabla 12.2. Relevamiento de datos. Referencias: n_i : abundancia o frecuencia absoluta; p_i : frecuencia relativa; $p_i\%$: frecuencia relativa porcentual.

Nº	Especies vegetales	n_i	p_i	$p_i\%$
1	<i>Especie x_1</i>			
2	<i>Especie x_2</i>			
3	<i>Especie x_3</i>			
4	<i>Especie x_4</i>			
5	(...)			
6	<i>Especie X</i>			
Total (N)				

Bibliografía

Braun W., R. H. (1973). *Estudio de Comunidades Vegetales: Conceptos y Métodos*. Bahía Blanca: Dpto. de Agronomía; UNS.

Matteucci, S. y Colma, A. (1982). *Metodología para el estudio de la vegetación*. Serie Biología. Monog. N° 22. OEA.

Mueller-Dombois, D. y Ellenberg, H. (1974). *Aims and Methods of vegetation ecology*. Nueva York: Ed. Wiley and Sons.

Raunkiaer C. (1934). *The life forms of plants and statistical plant geography; being the collected papers of C. Raunkiaer*. Oxford: Clarendon Press.

**BIODIVERSIDAD. ÍNDICES DE DIVERSIDAD.
METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DE LA
BIODIVERSIDAD EN COMUNIDADES ACUÁTICAS
Y TERRESTRES**

TRABAJO PRÁCTICO N° 13

Objetivos: Conocer y manejar los índices de diversidad utilizados en el estudio de comunidades acuáticas y terrestres.

Contenidos: Diversidad alfa, beta y gamma. Índices de diversidad.

Introducción

Los estudios sobre medición de biodiversidad se han centrado en la búsqueda de parámetros para caracterizarla como una propiedad emergente de las comunidades ecológicas. Sin embargo, las comunidades no están aisladas en un entorno neutro. En cada unidad geográfica, en cada paisaje, se encuentra un número variable de comunidades. Por ello, para comprender los cambios de la biodiversidad con relación a la estructura del paisaje, la separación de los componentes alfa, beta y gamma (Whittaker, 1972) puede ser de gran utilidad, principalmente para medir y monitorear los efectos de las actividades humanas (Halffter, 1998).

La **diversidad alfa (α)** se define como la riqueza de especies de una comunidad particular a la que consideramos homogénea, la **diversidad beta (β)** es el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades en un paisaje, y la **diversidad gamma (γ)** es la riqueza de especies del conjunto de comunidades que integran un paisaje, resultante tanto de las diversidades alfa como de las diversidades beta (Whittaker, 1972).

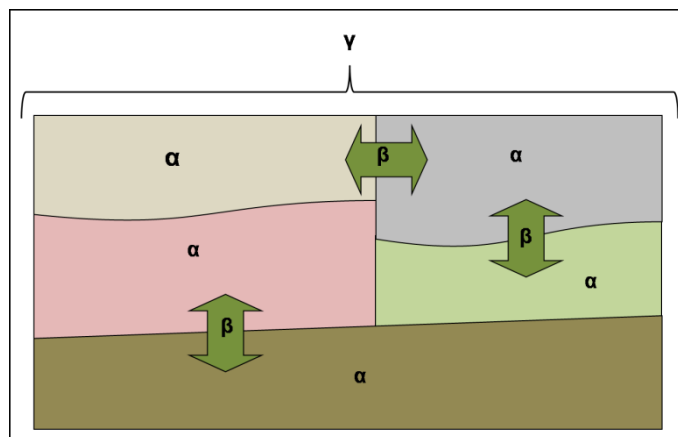


Fig. 13.1. Biodiversidad a distintos niveles. α : diversidad alfa; β : diversidad beta; γ : diversidad gamma. Fuente: imagen elaborada por Pamela Fierro (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).

Esta forma de analizar la biodiversidad resulta muy conveniente en el contexto actual ante la acelerada transformación de los ecosistemas naturales, ya que un simple listado de especies para una región dada no es suficiente. Para monitorear el efecto de los cambios en el ambiente es necesario contar con información de la diversidad biológica en comunidades naturales y modificadas (diversidad alfa) y también de la tasa de cambio en la biodiversidad entre distintas comunidades (diversidad beta), para conocer su contribución al nivel regional (diversidad gamma) y poder diseñar estrategias de conservación y llevar a cabo acciones concretas a escala local.

Medición de la diversidad alfa

La gran mayoría de los métodos propuestos para evaluar la diversidad de especies se refieren a la diversidad dentro de las comunidades (alfa). Para diferenciar los distintos métodos en función de las variables biológicas que miden, se dividen en dos grandes grupos:

- Métodos basados en la cuantificación del número de especies presentes (riqueza específica).

- Métodos basados en la estructura de la comunidad, es decir, la distribución proporcional del valor de importancia de cada especie (abundancia relativa de los individuos, su biomasa, cobertura, productividad, etc.).

Los métodos basados en la estructura pueden a su vez clasificarse según se basen en la dominancia o en la equidad de la comunidad.

Si entendemos a la diversidad alfa como el resultado del proceso evolutivo que se manifiesta en la existencia de diferentes especies dentro de un hábitat particular, entonces un simple conteo del número de especies de un sitio (índices de riqueza específica) sería suficiente para describir la diversidad alfa, sin necesidad de una evaluación del valor de importancia de cada especie dentro de la comunidad. Esta enumeración de especies parece una base simple pero sólida para apoyar el concepto teórico de diversidad alfa.

Medir la abundancia relativa de cada especie permite identificar aquellas especies que por su escasa representatividad en la comunidad son más sensibles a las perturbaciones ambientales. Además, identificar un cambio en la diversidad, ya sea en el número de especies, en la distribución de la abundancia de las especies o en la dominancia, nos alerta acerca de procesos empobrecedores (Magurran, 1988).

Entonces, para obtener parámetros completos de la diversidad de especies en un hábitat, es recomendable cuantificar el número de especies y su representatividad. La principal ventaja de los índices es que resumen mucha información en un solo valor y nos permiten hacer comparaciones rápidas y sujetas a comprobación estadística entre la diversidad de distintos hábitats o la diversidad de un mismo hábitat a través del tiempo.

La **riqueza específica (S)** es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, ya que se basa únicamente en el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas. La forma ideal de medir la riqueza específica es contar con un inventario completo que nos permita conocer el número total de especies (S) obtenido por un censo de la comunidad. Esto es posible únicamente para ciertos taxa bien conocidos y de manera puntual en tiempo y en espacio. La mayoría de las veces tenemos que recurrir a índices de riqueza específica obtenidos a

partir de un muestreo de la comunidad. Uno de los índices más comunes para medir la riqueza de especies es Riqueza específica (S) que es el número total de especies obtenido por un censo de la comunidad.

Además tenemos el índice de Margalef:

$$D_{mg} = \frac{S-1}{\ln N}$$

Donde:

S= número de especie

N= número total de individuos.

Los índices de abundancia e índices de equidad, son aquellos que toman en cuenta el valor de importancia de cada especie. Los índices de heterogeneidad son aquellos que además del valor de importancia de cada especie, consideran también el número total de especies en la comunidad. Sin embargo, cualquiera de estos índices enfatiza ya sea el grado de dominancia o la equidad de la comunidad, por lo que para fines prácticos resulta mejor clasificarlos en índices de dominancia e índices de equidad.

Los índices basados en la dominancia, toman en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies.

Uno de los índices de dominancia más comunes es el índice de Simpson

$$\gamma = \sum p_i^2$$

Donde:

p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie "i" dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Con respecto a los índices de equidad uno de los más aplicados es el índice de Shannon-Wiener

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra.

Medición de la diversidad beta

La diversidad beta o diversidad entre hábitats es el grado de reemplazamiento de especies o cambio biótico a través de gradientes ambientales (Whittaker, 1972). A diferencia de las diversidades alfa y gamma que pueden ser medidas fácilmente en función del número de especies, la medición de la diversidad beta es de una dimensión diferente porque está basada en proporciones o diferencias (Magurran, 1988).

Estas proporciones pueden evaluarse con base en índices o coeficientes de similitud, de disimilitud o de distancia entre las muestras a partir de datos cualitativos (presencia-ausencia de especies) o cuantitativos (abundancia proporcional de cada especie medida como número de individuos, biomasa, densidad, cobertura, etc.), o bien con índices de diversidad beta propiamente dichos (Magurran, 1988; Wilson y Shmida, 1984). Las medidas de diversidad beta, se clasifican según se basen en la disimilitud entre muestras o en el reemplazo propiamente dicho.

Los índices de similitud disimilitud, expresan el grado en el que dos muestras son semejantes por las especies presentes en ellas, Sin embargo, a partir de un valor de similitud (s) se puede calcular fácilmente la disimilitud (d) entre las muestras: $d=1- s$ (Magurran, 1988). Estos índices pueden obtenerse con base en datos cualitativos o cuantitativos.

Para datos cualitativos los índices más comunes son:

Coficiente de similitud de Jaccard

$$I_j = \frac{a}{a + b + c}$$

Donde el componente a representa la cantidad de veces que un atributo dado es positivo en ambos sitios o unidades operacionales mientras que b y c registran la cantidad de veces que un atributo es positivo o negativo en

uno de los dos sitios comparados. Finalmente el parámetro **d** representa el número de veces en las que el atributo está ausente simultáneamente en los dos sitios (Tablas 13.1). Para el caso particular de la comparación de sitios basados en listas de especies, los recuentos *negativos* tienden a ser desestimados ya que pueden contribuir a influenciar sobre la similitud, se prefiere enfatizar en las concordancias entre los sitios.

Tabla 13.1. Tabla de contingencia para la comparación de datos entre dos objetos o unidades operacionales.

		ITEM 2	
		Presente	Ausente
ITEM 1	Presente	a	b
	Ausente	c	d

El intervalo de valores para este índice va desde 0 cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1 cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies

Coefficiente de similitud de Sorensen (Czekanovski-Dice-Sørensen)

$$I_s = \frac{2 \cdot c}{a + b}$$

Relaciona el número de especies en común con la media aritmética de las especies en ambos sitios (Magurran, 1988).

Con respecto a los Índices con datos cuantitativos se puede aplicar:

Coefficiente de similitud de Sorensen para datos cuantitativos

$$I_{scuant} = \frac{2pN}{aN + bN}$$

Donde:

aN = número total de individuos en el sitio A

bN = número total de individuos en el sitio B

pN = sumatoria de la abundancia más baja de cada una de las especies compartidas entre ambos sitios (Magurran, 1988).

Curvas de acumulación de especies. Índice de completitud del muestreo

A través de la obtención de la muestra podemos observar el número de especies en una unidad de análisis, pero pocas veces podemos determinar los valores reales. Para conocer cuan completo es nuestro inventario usamos estimadores (figura 13.2).

Estimadores: métodos o funciones utilizados para conocer el valor del parámetro.

Curva de acumulación de especies: es el número de especies acumuladas a lo largo de una medida de esfuerzo de muestreo (UM). Las curvas muestran la tasa a la que nuevas especies se encuentran, más no la riqueza total.

Índice de completitud: es la relación entre la riqueza observada y la riqueza estimada.

Estimadores paramétricos: curva de rango abundancia o abundancia de especies. Se ajusta a unos parámetros de distribuciones como log normal, serie geométrica, vara quebrada, etc.

Estimadores no paramétricos: se basan en las especies raras.

- Chao 1: Especies encontradas una vez (singletones) y Especies encontradas dos veces (doubletones).

- Chao 2: Especies encontradas en sólo una muestra, Especies encontradas en dos muestras. ACE – ICE: Especies < 10

- Jackknife1 y 2: Especies encontradas en una o dos muestras.

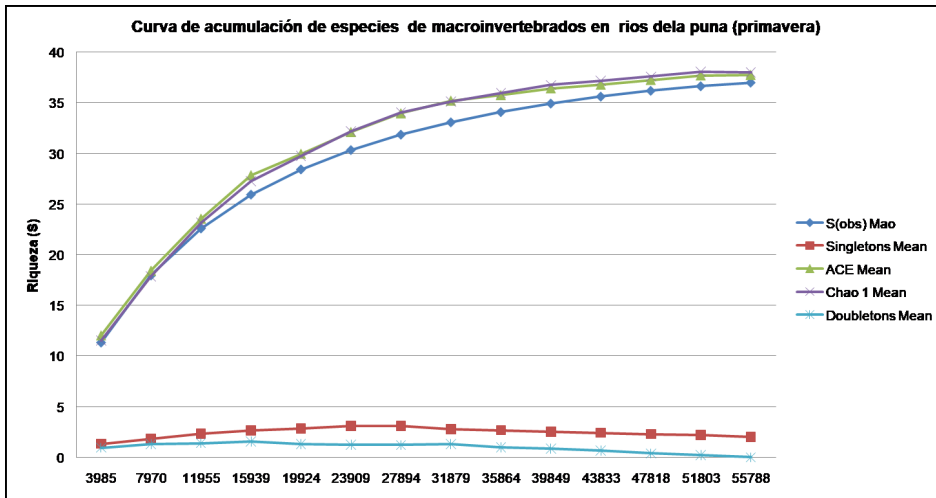


Fig. 13.2. Curva de acumulación de especies, con datos obtenidos con Estimates 9.0. Fuente: elaboración propia. Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).

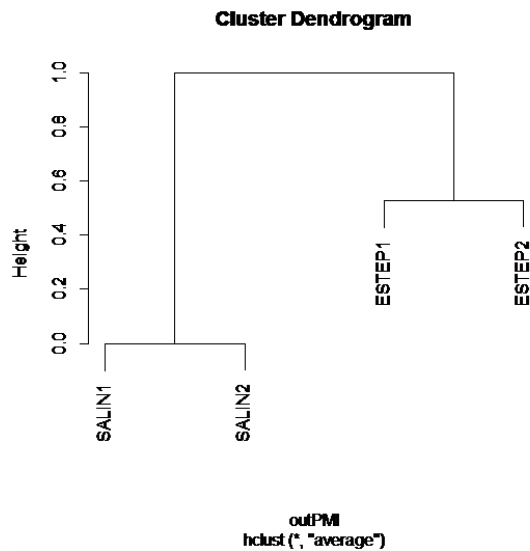


Fig. 13.3. Dendrograma (clúster) de salida con el índice PMI obtenido con script en "R". Fuente: elaboración propia. Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).

Actividades

Actividad N° 1. Metodología para el estudio de la biodiversidad en comunidades acuáticas y terrestres

La ventaja de trabajar con datos obtenidos desde el diseño del muestreo es la capacidad de volver una y otra vez a nuestra fuente de estudio y entender el tipo de dato, la selección del índice a utilizar y una correcta interpretación de los resultados. Para poner en práctica los índices de diversidad se trabajarán con las planillas de datos obtenidas durante las salidas de campo al dique Las Maderas (Tabla 13.2) y Salinas Grandes (Tabla 13.3). Se deberán realizar las siguientes actividades:

1- Construir la curva de acumulación de especies con el programa Estimates 9.0 de libre distribución (Colwell, 2013), con el cual se deberán procesar los datos, obtener los resultados y exportar a un archivo Excel, donde deberán seleccionar los estimadores a trabajar. Calcular el índice de completitud, como el porcentaje de completitud alcanzado con el muestreo realizado con los estimadores seleccionados.

2- Una vez verificada la completitud del muestreo, proseguir con el análisis de los índices de diversidad haciendo uso del programa PAST 3.0 de libre acceso (Hammer *et al.*, 2001). Aplicar la fórmula del índice de diversidad de Shannon-Wiener y coeficientes de similitud/disimilitud en el caso de análisis de diversidad beta (por ejemplo Bray Curtis, PMI).

3- Utilizar el programa R y conocer algunos *scripts* para trabajar con diversidad beta. El enlace de descarga actualizado será proporcionado por los docentes.

4- Discutir los resultados obtenidos.

5- Elaboración de informe.

Tabla 13.2. Valores absolutos de plancton registrado para el dique Las Maderas, Jujuy. S: sitios de estudio.

Taxón	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
<i>Ceratium furcoides</i>	63	400	24	336	16	106	39	25	98	103
<i>Ceriodaphnia dubia</i>		3				3	1	2	4	6
<i>Filinia longiseta</i>						4	3	2	5	3
<i>Staurastrum sp.</i>		2		1			4			
<i>Rotifera</i>								1	1	
<i>Polyarthra sp.</i>	1	3		2						
<i>Copepoda calanoidea</i>						1	1	1	1	2
<i>Nauplio</i>	,			1			5	1	4	3
<i>Microcystis sp.</i>						2		1	2	
<i>Fortiella sp.</i>				1						

Tabla 13.3. Valores absolutos de especies vegetales registradas durante la salida de campo a Salinas Grandes, Jujuy. Sitios de estudio: EQ: El Quemado; EA: Estepa arbustiva; SG: Salinas Grandes.

N°	Especies	EQ	EA	SG
1	<i>Adesmia inflexa</i>	1	1	
2	<i>Aloysia salsoloides</i>		1	
3	<i>Baccharis boliviensis</i>		3	
4	<i>Baccharis tola</i>	3	12	
5	<i>Chenopodium sp.</i>			19
6	<i>Chuquiraga acantophylla</i>		3	
7	<i>Ephedra breana</i>		1	
8	<i>Fabiana densa</i>		6	
9	<i>Festuca orthophylla</i>	72		1
10	<i>Hoffmannseggia glauca</i>	34		
11	<i>Hypochoeris echegarayi</i>	20		
12	<i>Lupinus intortus</i>	13		

N°	Especies	EQ	EA	SG
13	<i>Opuntia sp.</i>	1	2	
14	<i>Parastrephia filiformis</i>			
15	<i>Parastrephia lepidophylla</i>			
16	<i>Petroravenia friesii</i>			
17	Poaceae	40		
18	<i>Senecio dryophyllus</i>		1	
19	<i>Scirpus sp.</i>			15
20	<i>Sporobolus rigens</i>			155
21	<i>Tetraglochin cristatum</i>	5		
22	<i>Werneria sp.</i>	22		

Actividad N° 2. Medidas de Diversidad Beta: índices de similitud

A continuación efectúe el siguiente ejercicio:

1- Calcule el índice de similitud de Jaccard para el set de datos que se adjunta en la Tabla 13.4, complete las Tablas 13.5, 13.6, 13.7, y construya el dendrograma.

2- Calcule el mismo ejercicio usando el programa PAST 3.

Tabla 13.4. Matriz básica de datos.

Atributos	Lagos			
	A	B	C	D
1	1	0	1	1
2	0	0	1	1
3	1	0	1	0
4	1	1	1	0
5	0	1	0	1

Tabla 13.5. Matriz de índices de similitud.

	A	B	C	D
A	1			
B		1		
C			1	
D				1

Tabla 13.6. Primera matriz derivada.

	AC	B	D
AC	1		
B		1	
D			1

Tabla 13.7. Segunda matriz derivada.

	ACD	B
ACD	1	
B		1

Bibliografía

Crisci, J. V. y López-Armengol, M. F. (1983). *Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica*. La Plata: Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP.

Colwell, R. K. (2013). *EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9*. User's Guide and application published at: <http://purl.oclc.org/estimates>

Halffter, G. (1998). "A strategy for measuring landscape biodiversity". *Biology International* 36, 3-17. Zaragoza: SEA.

Hammer, O, Harper, D., Ryan, P. D. (2001). "PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis". *Palaeontologia Electronica* 4, 1-9. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm

Magurran, A. (1988). *Ecological Diversity and its Measurement*. London: Chapman & Hall.

Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. Zaragoza: M & T - Manuales y Tesis SEA.

Whittaker, R. H. (1972). "Evolution and Measurement of Species Diversity". *Taxon* 21, 213-251. Austria: International association for plant taxonomy.

Wilson, M. V., Shmida, A. (1984). "Measuring beta diversity with presence-absence data". *J. Ecology* 72, 1055-1064. United Kingdom: Blackwell Publishing Inc.

**ECOLOGÍA URBANA. CONTAMINACIÓN Y
DETERIORO AMBIENTAL**
TRABAJO PRÁCTICO N° 14

Objetivos: Reconocer algunos contaminantes que afectan el río Chico Xibi-Xibi y su entorno, relevar datos de residuos sólidos urbanos, contaminación por efluentes y líquidos de diversa procedencia y/o pérdida de la cobertura vegetal y contaminación acústica y elaborar conclusiones sobre el estado del río. Recuperación del tramo correspondiente al Parque Lineal.

Contenidos: Guía de estudio.

Introducción

La contaminación del ambiente constituye uno de los problemas más críticos a nivel mundial, es por ello que ha surgido la necesidad de su cuantificación y afianzar la toma de conciencia además de la búsqueda de alternativas para su solución. En este trabajo práctico se efectuará un diagnóstico de los agentes contaminantes en un área urbana definida, con el fin de obtener datos concretos y despertar el interés que favorezca una toma de conciencia de este problema, el cual afecta el desarrollo de la vida de la población involucrada. En los sectores urbanizados la contaminación se presenta de distintas formas: contaminación sonora, contaminación por residuos (sólidos, líquidos, gases), contaminación lumínica, entre otros.

En nuestra provincia la problemática de los residuos sólidos urbanos, se engloba en una problemática general, común a todos los centros poblados de nuestro país. El incremento poblacional y turístico tendría un efecto directo sobre la creciente cantidad de residuos sólidos urbanos, en donde se necesitarían acciones programadas para recolectar basura y llevar a cabo un manejo ambiental sostenible en el tiempo. Un Residuo Sólido Urbano (RSU) es cualquier producto, materia o sustancias como consecuencia de los procesos de consumo y desarrollo de actividades humanas, que son desechados y/o abandonados (Ley 25.916, art.2).

El “Síndrome de Río Urbano”, describe la degradación fisicoquímica y biológica de los ríos asociados al uso urbano. Tradicionalmente, se emplean métodos fisicoquímicos para el monitoreo de la calidad de las aguas corrientes y para otorgar licencias de funcionamiento de actividades que potencialmente podrían causar perturbaciones en el río, la principal desventaja es que este tipo de análisis sólo captura lo que ocurre en el momento de la toma de muestras.

El Río Xibi-Xibi o Chico (24° 12' 46" S, 65° 21' 08" O) es uno de los tributarios del río Grande de Jujuy y corresponde a la subcuenca del mismo nombre. Es un río caracterizado como urbano y recorre aproximadamente 10 km desde su nacimiento hasta su desembocadura, el rango de altitud varía entre los 1200 – 1370 msnm. Atraviesa el centro urbano en dirección noroeste a sureste y posee un régimen pluvial estival recibiendo el aporte de los arroyos Los Nogales, Chuquina y Juan Galán.

El ecosistema del río Xibi-Xibi de Jujuy ha sido afectado progresivamente por acción antrópica como consecuencia del desmonte del bosque ribereño, descarga de efluentes de establecimientos pecuarios, urbanización, efluentes domésticos, canalización y el constante aporte de desechos sólidos de toda naturaleza en sus márgenes. De esta manera se incrementa la carga de nutrientes y materia orgánica cuya entrada es crítica en el sistema acuático e influye en la calidad de agua, ocasionando su deterioro y alterando los servicios ecosistémicos que brinda. Esta situación, en el tramo urbano, presentó un cambio en el año 2018 cuando se inauguró el Parque Lineal Xibi-Xibi, un proyecto cuyo objetivo es recuperar parte del ecosistema afectado y brindar un área de esparcimiento a los ciudadanos de la ciudad de San Salvador de Jujuy y público en general. En un tramo de 2,4 km se realizaron una serie de obras con la finalidad de adaptar los tramos para usos diversos, estos usos se pueden transformar en datos medibles y comparables con la situación ambiental anterior. La cátedra cuenta con datos publicados sobre el estado ambiental previo a las obras, de este modo este ecosistema urbano se transforma en un laboratorio al aire libre, con diversos temas potenciales de estudio.



Fig. 14.1. Vista de residuos sólidos urbanos en los márgenes del río Xibi-Xibi previo a la construcción del Parque Lineal Xibi-Xibi. Fuente: Trabajo de campo. Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).



Fig. 14.2. Campaña de recolección de residuos sólidos urbanos de los márgenes del río Xibi-Xibi (junio del 2016) previo a la construcción del Parque Lineal Xibi-Xibi. Fuente: Trabajo de campo. Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).



Fig. 14.3. Tramo de la zona recuperada del Parque Lineal Xibi-Xibi (febrero de 2019). Caminerías, vegetación ribereña y canteros del proyecto paisajístico.
Fuente: Trabajo de campo. Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).



Fig. 14.4. Tramo de la zona recuperada del Parque Lineal Xibi-Xibi (diciembre de 2019). Vista nocturna, caminerías y vegetación ribereña. Fuente: Trabajo de campo.
Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).



Fig. 14.5. Tramo de la zona recuperada del Parque Lineal Xibi-Xibi (diciembre de 2019). Vista nocturna, caminerías, vegetación ribereña y macizos de plantas ornamentales. Fuente: Trabajo de campo. Cátedra de Ecología General (Fac. Cs. Agrarias, UNJu).

Actividades

El trabajo se realizará a lo largo del río Xibi-Xibi, desde su nacimiento a la altura de la entrada a la localidad de Juan Galán, hasta un lugar cercano a la desembocadura (badén cercano a la hormigonera) en un recorrido que presenta un gradiente ambiental.

Se formarán equipos de trabajo que podrán abordar los siguientes temas de estudio:

- Residuos Sólidos Urbanos
- Contaminación por efluentes y líquidos de diversa procedencia y/o pérdida de la cobertura vegetal
- Contaminación acústica
- Algunos usos y servicios ecosistémicos del parque lineal Xibi-Xibi
- Diversidad de aves, peces y anfibios
- Otros

El trabajo práctico deberá seguir las pautas del Método Científico, desde la toma de datos hasta la elaboración del informe. Cada equipo realizará el relevamiento de los datos de acuerdo a la frecuencia de aparición de los mismos; por ejemplo, montículos de basura, ingreso de efluentes, entre otros. En el caso de la contaminación acústica se deberá proceder en forma sistemática desde el principio al fin del recorrido (aproximadamente cada 500 m).

Para poder realizar el análisis de los datos, en el caso de los residuos, se cuantificarán en una unidad fácilmente medible (m^3); para los efluentes es recomendable cuantificar el caudal (ancho y profundidad en cada sitio) y en el caso de la contaminación sonora, utilizar un medidor de decibeles. En este último caso, se sugiere trabajar con la aplicación de celular “Sonómetro” y registrar el máximo valor en cada punto durante un lapso de 30 segundos.

Para todos los casos elaborar un mapa con los puntos GPS de su relevamiento.

Cada grupo analizará e interpretará sus datos, el informe final será presentado por escrito y la disertación oral se realizará en fecha acordada con los docentes previamente.

Bibliografía

Alcalde, J. A. (2010). *Cuenca del Río Xibi-Xibi. Bases para su ordenamiento territorial*. S. S. de Jujuy: EdiUNJu.

Arroyo, R. S., Tejerina, N. A., Vargas-Rodríguez, N. (2016). "Efluentes líquidos que ingresan al cauce del Río Xibi Xibi (Jujuy, Argentina)". *X Jornadas Científicas Técnicas de la Facultad de Ciencias Agrarias-UNJu*. Universidad Nacional de Jujuy. S. S. de Jujuy: libro de resúmenes de las jornadas.

Caldano, S.; Asiar, F.; Vargas-Rodríguez, N. (2016). "Contaminación acústica en el río Xibi-Xibi". *X Jornadas Científicas Técnicas de la Facultad de Ciencias Agrarias-UNJu*. Universidad Nacional de Jujuy. S. S. de Jujuy: libro de resúmenes de las jornadas.

Godoy, M. E. (2005). "Aportes del enfoque sistemático al caso de la problemática ambiental y urbano paisajística del Río Xibi Xibi (San Salvador de Jujuy-Argentina)". *Kairos Rev. de Temas Sociales 9 (16)* <http://revistakairos.org>

Guzmán, G. F, y B. S. Villafañe (2010). *Cubierta Vegetal. En Cuenca del Río Xibi Xibi. Bases para el Ordenamiento Territorial* (J. Alcalde Ed.). Ed. Unju (Págs 117-127). ISBN 978-950-721-343-4

Torrejón, S. E.; Vargas-Rodríguez, N. (2019). *Catálogo de los Chironomidae (Diptera) en el río Xibi-Xibi de Jujuy (Argentina). Serie: conociendo la flora y fauna de los ambientes acuáticos de la provincia de Jujuy*. S. S. de Jujuy.

Vilte, J. C. E., Romero, G. A. Y., Vargas-Rodríguez, N. (2016). "Contaminación y deterioro ambiental por residuos sólidos urbanos (RSU) en el río Xibi-Xibi". *X Jornadas Científicas Técnicas de la Facultad de Ciencias Agrarias-UNJu*. Universidad Nacional de Jujuy. S. S. de Jujuy: libro de resúmenes de las jornadas.

Sobre los autores

Liliana Concepción Lupo

Licenciada en Ciencias Biológicas con orientación Botánica (Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo de la UNT) y Doctora en Filosofía con orientación en Geografía Física (Universidad Otto-Friedrich de Bamberg, Alemania). Actualmente Profesora Adjunta de la Cátedra de Ecología General y de la Asignatura Palinología de la Carrera Licenciatura en Ciencias Biológicas, Directora del Laboratorio de Palinología (Fac. Cs. Agrarias, UNJu); Investigadora Independiente (CIC) de CONICET e integrante del Instituto de Ecorregiones Andinas (INECOA, CONICET/UNJU). Sus líneas de trabajo abordan estudios de Ecología de comunidades vegetales de zonas áridas y semiáridas; Palinología básica y aplicada a la paleoecología y arqueopalinología y melisopalinología (origen botánico y geográfico de las mieles) del Noroeste argentino. Es directora de proyectos nacionales (Secter-Unju, ANPCyT, CONICET) e internacionales de cooperación (BMBF-Alemana, Mincyt-Conicet-DAAD, Conicet-DAAD), con formación de recursos humanos de grado y posgrado, como de investigadores formados. Posee una importante producción científica de artículos y capítulos de libros (nacionales e internacionales) en las temáticas que investiga.

Nelly Nicolaza María Vargas Rodríguez

Licenciada en Ciencias Biológicas (Universidad Ricardo Palma, Lima - Perú), Magíster en Ciencias, mención Zoología (Universidad de Concepción, Chile) y con Doctorado en curso (Ciencias Biológicas, UNT). Con área de especialización en Limnología y Ecología Acuática. Actualmente Directora del Laboratorio de Limnología y Ecología Acuática (Fac. Cs. Agrarias, UNJu); con experiencia en el estudio de bioindicadores (invertebrados bentónicos y planctónicos, algas unicelulares) en ambientes acuáticos de ecorregiones de Yungas, Puna y Altos Andes. Trabaja en gestión del agua e impactos antrópicos, elaboración de líneas de base limnológicas en ecosistemas lacustres de montaña. Posee convenios interinstitucionales, monitoreo

limnológico participativo con las comunidades locales. Jefe de Trabajos Prácticos de la Cátedra Ecología General (Ciclo Básico) y Profesora a cargo de la asignatura Ecología Acuática y Limnología Aplicada (Ciclo Superior) de la Lic. en Ciencias Biológicas (Fac. Cs. Agrarias, UNJu), con dirección de proyectos de investigación (SeCTER-UNJu) y Voluntariado (SPU-Ministerio de Educación de la Nación), formación de recursos humanos y producción científica y de divulgación en las temáticas de investigación.

Fabio Fernando Flores

Licenciado en Ciencias Biológicas (UNJu), Doctor en Ciencias Biológicas (UNSa), Becario posdoctoral (INECOA-CONICET, UNJu), Auxiliar en Ecología General (Lic. en Ciencias Biológicas, FCA-UNJu) y Jefe de Trabajos Prácticos en Fisiología Vegetal, (Ing. Agronómica, Expansión San Pedro-FCA-UNJu), Profesor Adjunto de Ecología (Lic en Gestión Ambiental, Expansión Humahuaca-FCA-UNJu). Actualmente dirige el proyecto “Las meliponas o abejas sin aguijón en sectores yungueños de la provincia de Jujuy, segunda etapa” (SeCTER-UNJu). Sus líneas de trabajo se enfocan en las disciplinas Etnobiología, Melisopalinología y Ecología de comunidades vegetales en localidades de los Bosques Subtropicales Argentinos (Bosque Atlántico y Yungas); con la identificación de insectos melíferos utilizados por comunidades rurales, en particular de las abejas sin aguijón (Apidae, Meliponini), los usos otorgados a las mieles, polen, cera, propóleos y la determinación del origen botánico y geográfico de estos productos. Posee publicaciones científicas nacionales internaciones en la temática.

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE JUJUY

Rector

Lic. Rodolfo Alejandro Tecchi

Vice-Rector

Dr. Ricardo Enrique Gregorio Slavutsky

Secretario General

E.S. Edgardo Aramayo

Secretario de Asuntos Académicos

Mg. Mario César Bonillo

Secretario Legal y Técnico

Dr. César Guillermo Farfán

Secretario de Administración

C.P.N. Jaime Sebastián Berástegui

Secretaria de Ciencia y Técnica y Estudios Regionales

Mg. Sandra Adriana Giunta

Secretario de Extensión Universitaria

Dr. Ernesto Max Agüero

Secretario de Bienestar Universitario

Brom. Fernando Ramón Torrejón

Coordinador de EDIUNJu

Lic. Daniel González



Prácticas de Ecología General, de Lupo, Vargas Rodríguez y Flores se terminó de imprimir en la segunda quincena del septiembre de 2020, en los Talleres Gráficos de la Imprenta de la UNJu.
República Argentina.
Tirada: 200 ejemplares.

Este libro se realizó atendiendo a la necesidad de contar con un compendio de las principales actividades prácticas vinculadas a los contenidos teóricos de la asignatura Ecología General para la Licenciatura en Ciencias Biológicas de la Facultad de Ciencias Agrarias. Contribuirá a la sistematización de las tareas, durante el cursado de la materia, como en cualquier momento en que los estudiantes requieran retomar conocimientos teóricos-prácticos en la temática.

Prácticas de Ecología General, enfoca los conceptos clásicos de la ecología, en sus diferentes niveles de organización, con casos de estudio de ecosistemas terrestres y acuáticos, principalmente locales como regionales del Noroeste argentino, donde se desarrollan las investigaciones en problemáticas de la biología y ciencias afines de la Universidad Nacional de Jujuy. Cada trabajo práctico responde a un tema teórico del programa que se desarrollan durante el cursado de la asignatura. Estos proponen objetivos con actividades específicas que incluyen tarea de campo, gabinete y/o laboratorio, como reseñas bibliográficas para retomar y profundizar los temas.

Esperamos que este material didáctico sea de utilidad también en los diferentes ámbitos de la docencia secundaria y terciaria, donde se trabajan contenidos de Ciencias Biológicas y Naturales. En este último grupo, se espera motivar el interés por descubrir los sistemas naturales locales, en un diverso escenario biogeográfico como posee la provincia de Jujuy. Esta perspectiva es relevante, dada las complejidades de las problemáticas que necesitarán abordarse en el futuro inmediato, desde la ecología y líneas conexas.

Los autores

ISBN 978-950-721-558-2

