



explora
Un Programa CONICYT

PAREXPLORA
COQUIMBO
PROYECTO ASOCIATIVO REGIONAL



EXPLORANDO EL DESIERTO DE CHILE

Guía de actividades en ecología para la educación media





ÍNDICE

PRESENTACIÓN	4
¿POR QUÉ ENSEÑAR CIENCIAS?.....	5
¿CÓMO SE ENSEÑA CIENCIAS EN CHILE?.....	5
¿POR QUÉ ENSEÑAR ECOLOGÍA ?.....	6
¿CÓMO SE INVESTIGA EL MUNDO NATURAL?.....	14
OBSERVACIÓN DE PATRONES ECOLÓGICOS EN LA NATURALEZA.....	22
¿CÓMO INTERACTUAN LAS PLANTAS QUE HABITAN EN ECOSISTEMAS ÁRIDOS O SEMIÁRIDOS?.....	23
¿CÓMO INICIAR UNA INVESTIGACIÓN EN ECOLOGÍA ?.....	26
TIPOS DE INVESTIGACIONES.....	27
¿CÓMO FORMULARSE PREGUNTAS ?.....	28
CARACTERÍSTICAS DE LAS PREGUNTAS QUE AYUDAN A APRENDER.....	28
¿POR QUÉ GRANDES IDEAS?.....	31
DISEÑO EXPERIMENTAL	36
EXPERIMENTOS Y MUESTREOS.....	38
VARIABLES CATEGÓRICOS Y CONTINUAS.....	41
INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA ESCOLAR EN ECOLOGÍA.....	47
EQUIPO Y ROPA PARA EL TRABAJO EN TERRENO.....	49
MATERIALES E INSTRUMENTOS PARA EL TRABAJO EN TERRENO.....	50
METODOLOGÍAS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA ESCOLAR EN ECOLOGÍA.....	51
GUÍA 1 : PRINCIPIOS BÁSICOS PARA EL MUESTREO DE FLORA Y FAUNA	52
METODOLOGÍA PARA DESCRIBIR EL SITIO DE ESTUDIO.....	54
FICHA DE REGISTRO PARA LA DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO.....	55
METODOLOGÍA PARA EL MUESTREO DE LA FLORA.....	56
METODOLOGÍA DE MUESTREO PARA ATROPODOS TERRESTRES.....	58
METODOLOGÍA DE MUESTREO PARA VERTEBRADOS TERRESTRES.....	62
COLECTA FOTOGRÁFICA	66
GUÍA 2: IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN	68
ACTIVIDAD 1: USO Y CONSTRUCCIÓN DE CLAVES DICOTÓMICAS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES.....	73
ACTIVIDAD 2: IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES.....	75
GUÍA 3: RIQUEZA, ABUNDANCIA Y DIVERSIDAD BIOLÓGICA	80
ACTIVIDAD 1: EVALUAR RIQUEZA, ABUNDANCIA Y DIVERSIDAD DE ESPECIES.....	90
ACTIVIDAD 2: EVALUAR LA ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN EN UNA COMUNIDAD ECOLÓGICA.....	96
ACTIVIDAD 3: EVALUAR LA ABUNDANCIA Y DIVERSIDAD DE LA ARTRÓPOFAUNA.....	101
ACTIVIDAD 4: INTERACCIONES ECOLÓGICAS.....	104
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	108

PRESENTACIÓN



Zorro culpeo
Lycalopex culpaeus

¿Por qué enseñar ciencias?

Para abordar esta pregunta debemos considerar un supuesto importante: La ciencia es una disciplina construida por mujeres y hombres a lo largo de la historia de la humanidad, y por lo tanto, los valores asociados a ella dependen de la historia y creencias de cada cultura. Es innegable el aporte del conocimiento científico en el desarrollo de la sociedad que hemos construido. Nuestro bienestar y calidad de vida es producto del quehacer científico y su aplicación tecnológica.

Bajo este enfoque, la enseñanza de las ciencias adquiere una gran importancia, pues es la base del desarrollo de una cultura científica, mediante la cual construimos los adelantos tecnológicos que permiten el desarrollo de nuestra sociedad. La tarea de construir esta cultura científica recae principalmente en los profesores que enseñan ciencias, pues éstos deben motivar y promover el aprendizaje del conocimiento científico y tecnológico en las nuevas generaciones, y además, a través del proceso de enseñanza aprendizaje, contribuir en el desarrollo de valores relacionados a la persona, la sociedad, y el medio ambiente (Adúriz et al., 2001).

¿Cómo se enseña ciencia en Chile?

En Chile, las directrices de la educación son entregadas en las Bases Curriculares, las cuales se definieron con el propósito de articular el quehacer pedagógico y alcanzar los Objetivos de Aprendizajes (OA) establecidos para la educación básica y media, y definidos para cada curso y asignatura. Los OA definen la expectativa formativa que se espera que logren las y los estudiantes en cada nivel educativo (MINEDUC, 2016). Dichos objetivos integran el desarrollo de los Conocimientos, las Habilidades y las Actitudes que se consideran fundamentales para una participación activa, democrática, responsable y crítica de un ciudadano dentro de la Sociedad (MINEDUC, 2016).

Entre las principales ventajas que entrega el nuevo marco curricular se encuentran: la disminución del volumen de conocimientos de cada asignatura, un fuerte énfasis en el desarrollo de habilidades vinculadas al pensamiento científico, y su rol como instrumento marco para la elaboración de propuestas y programas educativos. Esto último, entrega una oportunidad para la labor y quehacer docente, ya que permite que los profesores de ciencia diseñen y propongan estrategias didácticas eficaces para el aprendizaje, respondiendo a las necesidades de la realidad local en la cual se encuentra el estudiante.

¿POR QUÉ ENSEÑAR ECOLOGÍA?

La Ecología como ciencia



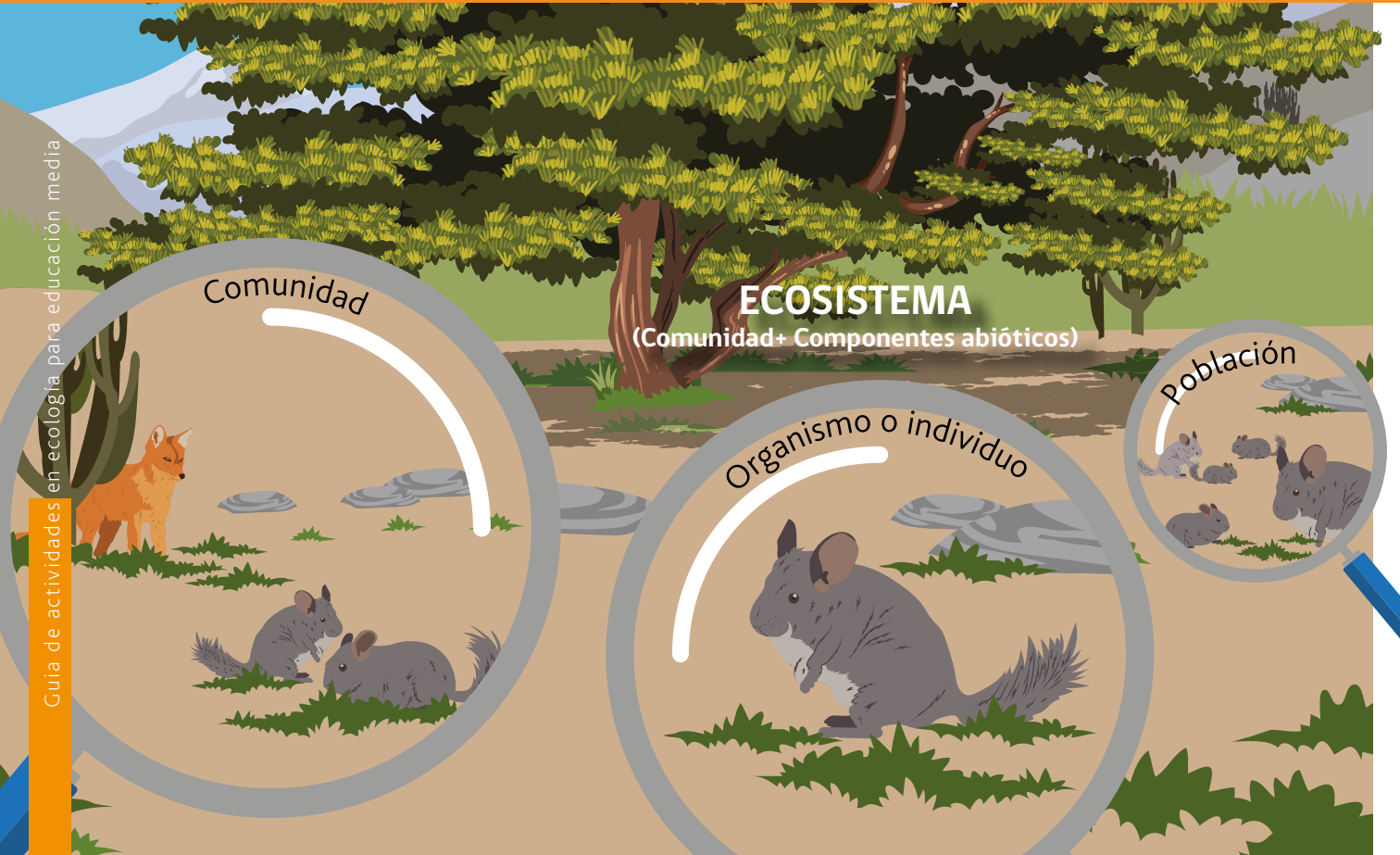
La ecología es un rama de la biología que estudia las relaciones entre los seres vivos y su ambiente, buscando entender el funcionamiento e interacción de los componentes bióticos y abióticos en uno o más de los distintos niveles de organización que se observan en la naturaleza.

Comunidad

ECOSISTEMA
(Comunidad+ Componentes abióticos)

Organismo o individuo

Población



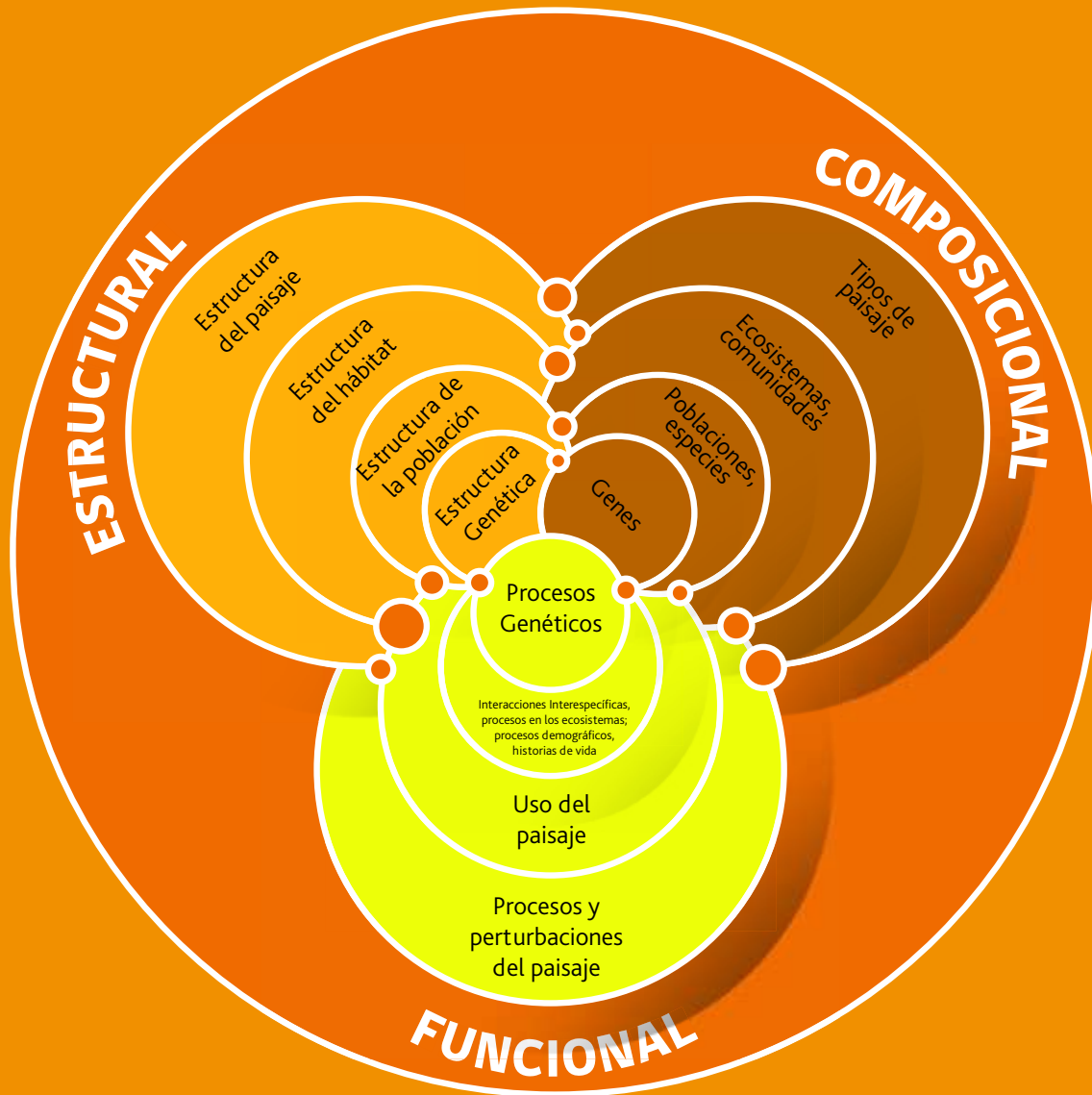


Figura 1. Sacado de Noss, 1990. Esta imagen muestra la propuesta que el autor hace sobre la caracterización de la biodiversidad, considerando la diversidad a nivel estructural, funcional, y composicional.

Copao
Eulychnia acida



El quehacer científico, y por ende el de la ecología, se fundamenta en la obtención de datos que permitan confrontar diferentes explicaciones del mundo natural, las que se denominan **hipótesis**, elemento central sobre el que se articula el método científico.

La investigación en ecología, como toda investigación científica, sigue una estructura lógica que se fundamenta en el contraste de hipótesis. Si las observaciones sugieren la existencia de un patrón, éste debe ser confirmado (o rechazado) mediante el contraste de hipótesis.

El siguiente esquema metodológico explica las vías por las cuales se puede abordar una investigación, y considera el método inductivo (hipótesis generadas a partir de observaciones empíricas) y el método deductivo (hipótesis surgen de teorías previamente establecidas). Este último tiene una fuerte influencia de Karl Popper, y es considerado como la aproximación más adecuada para el desarrollo de contraste de hipótesis, aunque en el último tiempo ha sido criticado por su rigidez, y se acepta que no existe una clara separación entre métodos. En ecología, por lo general, los métodos son complementarios.

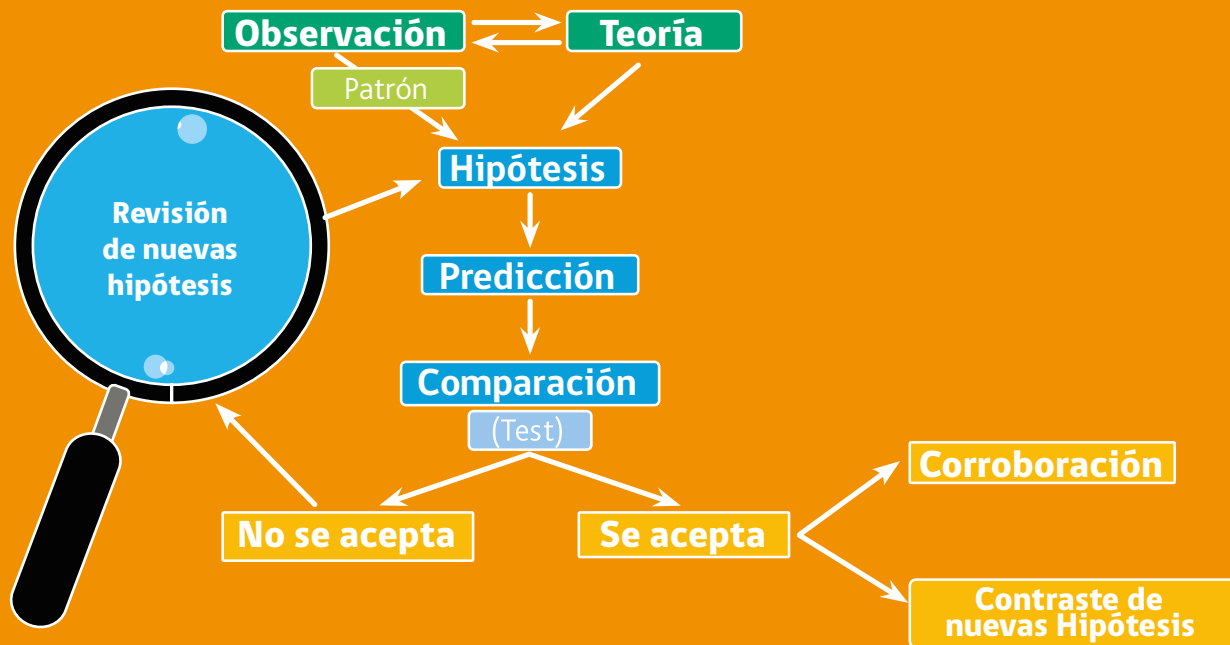
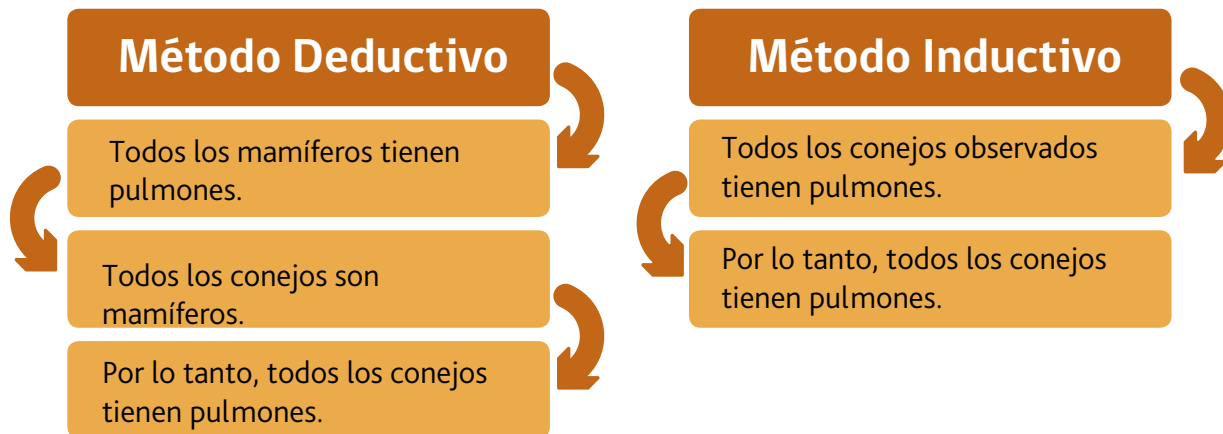


Figura 2. Esquema metodológico general del contraste de hipótesis (adaptado de Wiens, 1989)

Las definiciones más usadas al momento de diferenciar entre estos métodos hacen referencia al modo de razonamiento que el investigador utiliza para aproximarse a la posible explicación de un patrón o proceso. En el método deductivo el razonamiento puede partir de una afirmación general (teoría) y llegar a afirmaciones específicas aplicando las reglas de la lógica. En cambio, el razonamiento utilizado en el método inductivo puede iniciarse de observaciones puntuales o hechos específicos y llegar a conclusiones generales, así como se evidencia en la Tabla 1.

Tabla 1. Ejemplos de razonamiento entre los métodos inductivos y deductivos (adaptado de Dávila, 2006).



Una vez formulada la hipótesis, debemos recopilar los datos y confrontarlos con ella, esto nos permitirá aceptar o rechazar la hipótesis planteada mediante el uso de pruebas estadísticas.

Generalmente, el planteamiento de una hipótesis requiere asumir supuestos que se aceptan como válidos aunque no son objeto de análisis, para ello se considera que todas las condiciones de la investigación se mantienen constantes o controladas, salvo aquellas que se pretende analizar. Por ejemplo, si la hipótesis de una investigación propone que existe una relación entre la temperatura ambiental y la tasa de crecimiento de un insecto, debemos mantener constante todas las variables que podrían influir sobre el crecimiento de él, como disponibilidad de alimento, humedad, fotoperiodo, excepto la temperatura, la cual sí debería ser modificada por el investigador. Así, en nuestro experimento grupos de insectos serán sometidos a tratamientos con distintas temperaturas, manteniendo en todos los grupos las mismas condiciones de disponibilidad de alimento, humedad y fotoperiodo.

El aceptar o rechazar una hipótesis implica que el investigador debe buscar la mejor estrategia que le permita recopilar los antecedentes o datos suficientes sobre las variables que debe evaluar, y además, debe seleccionar la prueba estadística que permita contrastar su hipótesis. Esta etapa en la investigación se conoce como diseño experimental. Durante esta etapa el investigador debe ser capaz de identificar y controlar todos los factores que podrían influir sobre las respuestas (variables) que pueden afectar el sistema de estudio (Marone & Bunge, 1998).

En ecología los sistemas de estudio se pueden encontrar desde el nivel de especie hasta niveles tan complejos como los ecosistemas y biomas. El contar con una diversidad de sistemas de estudio, hace que la ecología sea una rama de la ciencia de muy fácil acceso. Se pueden estudiar procesos ecológicos utilizando como sistemas de estudio bacterias, artrópodos, moluscos, plantas y vertebrados, e incluso las poblaciones humanas pueden transformarse en sistemas atractivos para investigar.

Sistema:

Objeto complejo cuyos componentes están ligados entre sí. Se comporta hasta cierto punto como una unidad y, a excepción del universo, está incluido en un ambiente determinado.

Método:

Procedimiento que se sigue en las ciencias para hallar la verdad y enseñarla (Real Academia Española, 2017)

Ante tal diversidad de sistemas de estudios, existen también muchas formas de abordar nuestras preguntas de investigación e hipótesis, y de diseñar nuestros experimentos y muestreos, transformándose la etapa de elaboración de un diseño experimental, en un desafío de ingenio para el investigador.

LA INVESTIGACIÓN EN ECOLOGÍA COMO ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE EN CIENCIAS

La diversidad de aproximaciones y sistemas de estudio que nos entrega la investigación en ecología y el fácil acceso a ellos, son las principales ventajas que encontramos para desarrollar investigaciones en ecología con nuestros estudiantes.

Ellos pueden conocer de manera directa sus sistemas de estudio, ya que muchas veces, estos forman parte cotidiana del entorno en el cual se mueven, así la selección de un espacio natural (o artificial, como un invernadero o huerto) cercano a los estudiantes nos permitirá optimizar los tiempos de traslado, favoreciendo el tiempo de trabajo en terreno.

El trabajo en terreno o las actividades de enseñanza aprendizaje realizadas al aire libre, resultan ser altamente motivantes para los estudiantes, ya que les permite desenvolverse en ambientes menos rígidos y cerrados como son las salas de clases, favoreciendo el desarrollo de actividades de aprendizaje que buscan potenciar y consolidar las habilidades del pensamiento científico, incrementar el nivel de conocimiento en ciencias y fomentar un cambio de actitud que les permita desarrollarse como ciudadanos conscientes y responsables de su entorno.

Considerando que los contenidos curriculares relacionados a la ecología se entregan principalmente en primer y segundo medio, la guía de actividades. “**Explorando el desierto de Chile**”, tiene como objetivo entregar herramientas metodológicas a los profesores de ciencias para desarrollar proyectos de investigación escolar en ecología con estudiantes de enseñanza media. En la guía se describen metodologías de muestreo y experimentación en campo que han sido desarrollados por investigadores en ecología, y han permitido responder preguntas relacionadas a la distribución, la dinámica de poblaciones y comunidades, describir ecosistemas, así como caracterizar especies.

Queremos que este material sea una invitación a experimentar y ejercitar con las habilidades que un investigador en ecología debe desarrollar para formularse preguntas sobre la naturaleza, y a través de la elaboración de proyectos e investigaciones escolares contribuir al conocimiento sobre los ecosistemas áridos y semiáridos del norte de Chile.



Pata de guanaco
Cistanthe grandiflora

¿Cómo se investiga el mundo natural?

"La ciencia no nos habla de la naturaleza, nos ofrece respuestas a nuestras preguntas sobre la naturaleza. Lo que observamos no es la naturaleza en sí misma, sino la naturaleza a través de nuestro método de preguntar".

(Heisenberg, 1985)





Conocer el mundo involucra explorar, acción que nos insta a salir en busca de caminos y paisajes lejanos, maravillarnos con la presencia de formas de vidas extrañas y asombrosas, encontrar plantas y animales desconocidos y conocer estilos de vida humanas muy distintas a la nuestra, con creencias y costumbres que nos impresionan por su particularidad. Los primeros exploradores y observadores de la naturaleza fueron llamados "Naturalistas", y se caracterizaban por ser observadores, rigurosos y entusiastas.

Ellos fueron los primeros en registrar, interpretar y describir las características y fenómenos de la naturaleza. Estos primeros relatos de ciencia fueron armando un cuerpo de conocimientos que sentaron las bases de lo que hoy llamamos biología y en especial, es la base para las grandes teorías que sustentan a la ecología.

El legado de aquellos primeros exploradores se manifiesta a través de sus relatos, plasmados en escritos como diarios y bitácoras, los cuales fueron el punto de inicio de las primeras publicaciones que servirían de base para el conocimiento de la naturaleza.

En los relatos de los primeros exploradores encontramos descripciones detalladas del ambiente, clima, formas geológicas, composición y nuevas especies. En el caso de los seres vivos, describían principalmente su morfología, características del hábitat y comportamiento, y era habitual que colectaran material biológico para construir herbarios y colecciones de referencia.

Todo esto les permitía ser lo más riguroso y objetivo posible en la descripción de nuevos conocimientos sobre la historia natural de los seres vivos que habitaban en los ambientes que exploraban.

Uno de los primeros exploradores y naturalistas en recorrer el desierto de Atacama fue **Rodolfo Amando Philippi (1808-1904)**, botánico alemán que por encargo del gobierno chileno de la época, recorrió y documentó las características del paisaje del desierto, con el fin de satisfacer las necesidades de conocimiento sobre las riquezas naturales del norte del país.

Así, Philippi se convirtió en el primer naturalista en explorar aquella zona, a la que se le temía por su aislamiento e inhospitalidad y que sólo algunos aguerridos hombres, los denominados cateadores, se habían atrevido a cruzar (Philippi, 1860).

En su obra "Viaje al Desierto de Atacama" de 1860, detalla características climáticas y geográficas del desierto: temperatura, duración del día, elevación, ubicación, entre otros. La información y descripciones colectadas por Philippi se encuentran plasmadas en varios ensayos y publicaciones científicas de la época.



Figura 3. Ilustración de Paposo, uno de los paisajes explorados por Philippi durante su travesía por el desierto.

El historiador Diego Barros Arana (contemporáneo de Philippi), a través de sus escritos reconoce que la importancia de la riqueza documentada por Philippi en el norte del país, está más allá de sus recursos mineros:

“La importancia del libro de Philippi está en las noticias de otro orden, en cuanto se refiere a la topografía de aquellos lugares, a la naturaleza de su suelo, a sus producciones vegetales y animales, a la meteorología y a las condiciones favorables o adversas para el establecimiento del hombre, y para el provecho y bienestar de éste”.

En la actualidad, los aportes de las investigaciones en ecología, nos permiten construir relatos asombrosos sobre organismos con características únicas. Por ejemplo, en el desierto de Atacama existen plantas que producen semillas y tubérculos que pueden vivir sepultados bajo el calor de la arena del desierto, sin recibir una sola gota de agua por más de 20 años, sin embargo, cuando caen las impredecibles lluvias sobre el aparente manto estéril de suelo, emergen, y dan vida a un fenómeno que conocemos como desierto florido.

Mariposa de la Vega
Ctenucha vittigera



A



B



Figura 4. No solo las plantas emergen durante el desierto florido, muchos insectos se ven favorecidos con una "sobreadundancia de alimento" durante este período. En la fotografía A, se observa un "Palote" (*Orthoptera, Proscopiidae*) sobre las hojas de una herbácea, y en "B" se observa la "mariposa de la tarde" *Vanessa carye*, extendiendo su probóscide para alimentarse del néctar de las flores que abundan sobre los campos del desierto florido.

Estos fenómenos naturales entregan una oportunidad única para los investigadores de la naturaleza, los cuales con entusiasmo se apresuran en observar estos fenómenos con el fin de describirlos e investigarlos. Una observación rigurosa muchas veces es capaz de motivar nuestra curiosidad, y nos mueve a preguntarnos sobre los actores, procesos e historia natural que fueron construyendo el escenario natural en el cual nos encontramos. Estas incógnitas han sido la materia prima para el desarrollo científico, y en la búsqueda de resolverlas se ha ido creando un gran cuerpo de conocimientos y metodologías que fundamentan el quehacer de la ciencia. Pero no basta tan sólo con una buena pregunta, el mayor desafío es buscar las estrategias que permitan responder la pregunta, es decir registrar y describir características, eventos y patrones que se observan en la naturaleza, y así recopilar antecedentes que nos aproximen a una explicación sobre al fenómeno observado.

Esta búsqueda de estrategias es fundamental para quien busca resolver problemas ecológicos y ambientales, y es una acción que requiere de motivación, ingenio, rigurosidad y disciplina.

Los actuales "Naturalistas" son conocidos como ecólogos (investigadores en ecología), y se dedican a resolver preguntas sobre los fenómenos que se observan en la naturaleza. ¿Cuáles son las estrategias que utilizan las plantas para sobrevivir bajo condiciones de aridez extrema? ¿Cómo sobreviven los insectos herbívoros del desierto a los periodos de escasez de alimento durante el invierno?, son ejemplos de preguntas ecológicas.



Mariposa negra común
Auca coctei

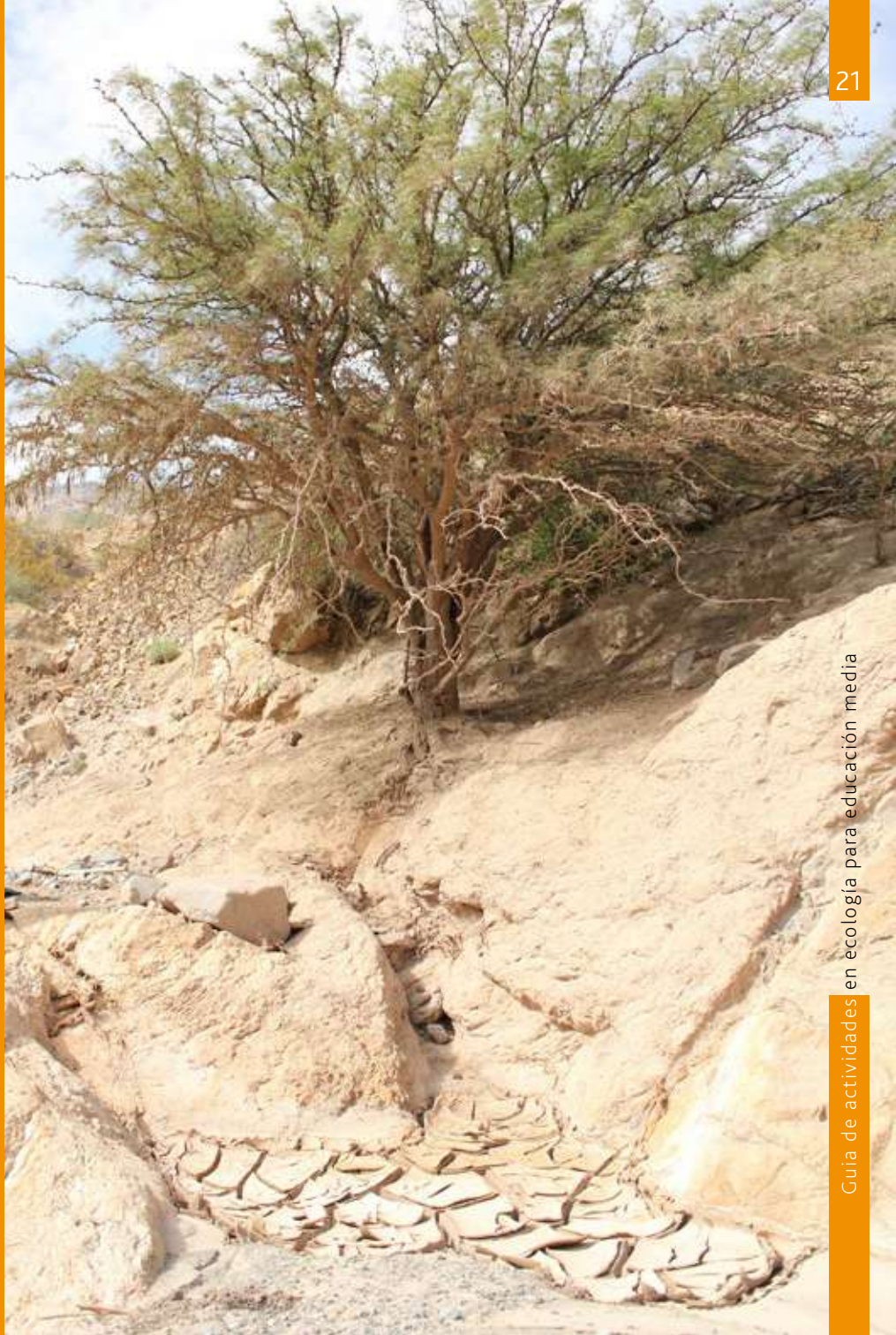


Figura 5. El algarrobo (*Prosopis chilensis*) es una planta leguminosa que crece en condiciones de aridez extrema, valiéndose de estrategias fisiológicas que le permite soportar la falta de agua.

OBSERVACIÓN DE PATRONES ECOLÓGICOS EN LA NATURALEZA

“La formulación de un problema es más importante que su solución”

(Albert Einstein)

Imagine a un explorador-investigador que emprende su travesía por un fragmento del territorio semiárido costero de la Región de Coquimbo, un ambiente que suele ser frecuentemente hostil para la vida. Los arbustos presentes en el camino se transforman en refugios pasajeros, y bajo su sombra la travesía se torna más agradable. En su caminar, el explorador observa que el arbusto que le cobija se repite en el paisaje, lo observa con detalle y bajo la sombra de uno de ellos registra minuciosamente el suelo, llega al borde de la sombra, se detiene, pero decide seguir registrando fuera de la sombra. Se sorprende al descubrir que las plantas que crecen debajo de la copa del arbusto son más grandes que las que crecen en espacios abiertos, ¿es posible que las especies de plantas que crecen bajo la copa de este arbusto se encuentran “protegidas” y “mejor nutridas” que las que se encuentran fuera de la copa? , es una primera pregunta que ronda en la cabeza del explorador. Pero una observación casual no es suficiente, sigue explorando y observando arbustos, y cada vez que se detiene a observar encuentra que bajo de la copa del arbusto se observa el mismo fenómeno; ¡esto es lo que los ecólogos llaman un patrón ecológico!

El descubrimiento de un patrón ecológico nos lleva irremediablemente a una fase crucial en una investigación: la formulación de un problema o pregunta.

PATRÓN:

Configuración particular de las características de un sistema (Wiens, 1989). El concepto quizás se puede entender mejor si se contrapone a proceso, el cual se define como “la causa que origina un patrón”. En el caso descrito del arbusto, la distribución agregada que se observa (patrón), podría estar causado, hipotéticamente, por un proceso de facilitación.

PROCESO:

Sucesión de estados en una cosa.

MECANISMO: Tipo especial de proceso que ocurre en un sistema concreto y que es capaz de provocar o bloquear cambios en el sistema.

¿CÓMO INTERACTÚAN LAS PLANTAS QUE HABITAN EN ECOSISTEMAS ÁRIDOS O SEMIÁRIDOS?

A las interacciones de facilitación entre plantas se le atribuyen un rol importante en ecosistemas áridos y semiáridos. El reclutamiento de plantas no ocurre en los espacios abiertos sino que bajo la sombra de árboles o arbustos nodriza. Una planta que provee de protección a sus plántulas o a las de otras especies en un ambiente hostil (como un desierto), mientras ellas crecen lo suficiente para enfrentar los embates del medio por sí mismas, se denomina una planta nodriza. Debajo de una planta nodriza las condiciones ambientales son menos hostiles, la temperatura ambiental y radiación solar es menor, la disponibilidad de agua en las capas superficiales y la humedad del aire es mayor en relación a los espacios abiertos, y es posible encontrar una mayor disponibilidad de nutrientes (Gutiérrez, 2001).

En asociación directa con la presencia de árboles y arbustos en los desiertos, los nutrientes están concentrados en parches o "islas de fertilidad", denominados también mosaicos de acumulación de nitrógeno o de disponibilidad de nitrógeno. Este patrón espacial resulta de los árboles o arbustos que absorben nitrógeno a través de sus sistemas radiculares y que son retornados al suelo cuando eliminan sus hojas. En un estudio a largo plazo realizado en el Parque Nacional Fray Jorge en la Región de Coquimbo, Gutiérrez y colaboradores (1993) mostraron que bajo la copa del arbusto *Porlieria chilensis* había seis veces más nitrógeno, tres veces más materia orgánica y dos veces más fósforo comparado a los espacios abiertos fuera de la copa. Aunque los investigadores contabilizaron

cuatro veces más especies de hierbas anuales fuera que bajo el dosel de *Porlieria chilensis*, no había diferencias en la biomasa sobre el suelo (Gutiérrez et al., 1993b). Es decir, había menos plantas pero estas eran más grandes bajo la copa que fuera de la copa de *P. chilensis*.

BIBLIOGRAFIA:

Gutiérrez, J.R., Meserve, P.L., Contreras, L.C., Vásquez, H. y Jaksic, F.M. 1993b. Spatial distribution of soil nutrients and ephemeral plants underneath and outside the canopy of *Porlieria chilensis* shrubs (Zygophyllaceae) in arid coastal Chile. *Oecología* 95: 347-352.

Gutiérrez, J.R., Squeo, F.A. 2004. Importancia de los arbustos en los ecosistemas semiáridos de Chile. *Ecosistemas* 13 (1): 36-45.

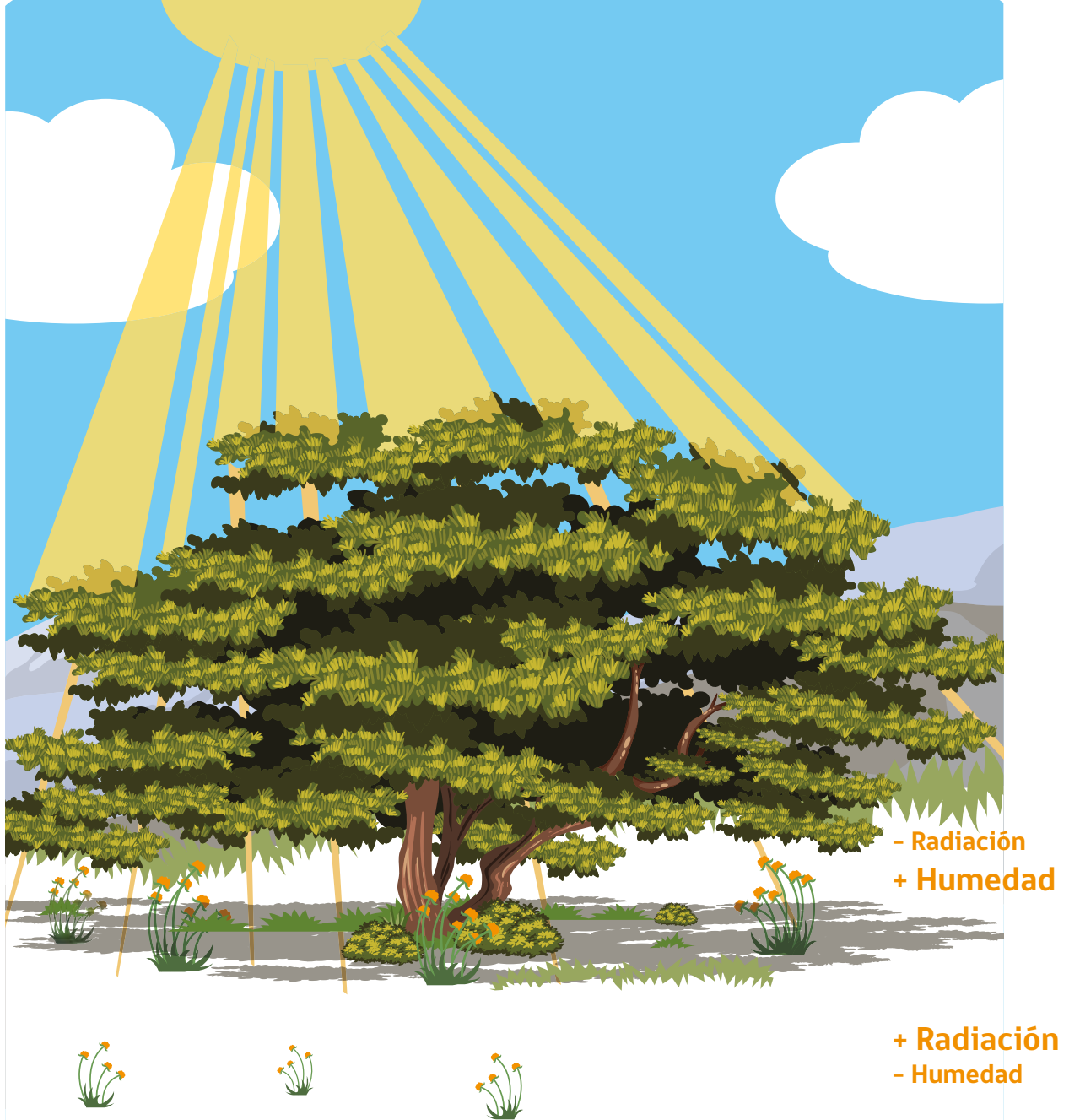


Figura 7. Gutiérrez y colaboradores observaron que las plantas que crecían bajo la copa del Guayacán (*Porlieria chilensis*) eran más grandes que aquellas que crecían fuera de la protección de la copa del arbusto.

A close-up photograph of a brown lizard with dark stripes, perched on a dry branch. The lizard is facing right, and its body is covered in intricate patterns of brown and tan. The background is a blurred mix of dry twigs and earth, suggesting a natural, arid habitat.

Lagartija café o lemniscata
Liolaemus lemniscatus

¿Cómo iniciar una investigación en ecología?

Pequén

Athene cunicularia



Cuando nos decidimos a realizar una investigación científica, debemos estar conscientes que enfrentaremos desafíos permanentemente. El primero de ellos es resolver la pregunta ¿Qué queremos investigar? Independiente que nuestra idea original sea producto de la observación de un patrón o de la teoría ecológica, la aproximación que le daremos a nuestra investigación dependerá del objeto de estudio, los recursos a disposición y de la experiencia del investigador, aspectos determinantes al momento de definir el tipo de investigación que desarrollaremos.

TIPOS DE INVESTIGACIONES

Según la literatura existen tres tipos de investigaciones: **exploratorias, descriptivas y experimentales.**

La finalidad de una **investigación exploratoria** es obtener datos y observaciones que permitan delimitar un problema. Es el tipo de investigación ideal cuando iniciamos exploraciones a sitios de los cuales se dispone poca información.

¿Qué tipo de artrópodos terrestres encontramos en invierno y verano?

¿Qué especies vegetales habitan en el cerro?

Las anteriores son ejemplos de preguntas para investigaciones exploratorias, en las cuales no es necesario establecer relaciones entre variables y plantearse una hipótesis. El diseño experimental para este tipo de investigaciones debe buscar recopilar la mayor cantidad de datos posibles sobre las características del objeto de estudio. Por ejemplo, la metodología que diseñemos para responder la pregunta: ¿qué especies vegetales habitan en el cerro?

Debe tener como principal objetivo registrar el mayor número distinto de especies vegetales (variable) que encontremos en el cerro (sistema u objeto de estudio) que exploraremos.

En una **investigación descriptiva** el investigador busca profundizar en una de las variables que intervienen en el problema de investigación, identificando sus rasgos característicos.

¿Cómo varía la abundancia de artrópodos terrestres entre invierno y verano?

¿Cuál es la diversidad de especies vegetales que habitan en el cerro?

Para responder estas preguntas debemos contar con una metodología que nos permita describir o medir la variable en estudio. Por ejemplo, para responder la pregunta ¿cómo varía la abundancia de artrópodos terrestres entre invierno y verano? debemos medir y registrar la abundancia de artrópodos terrestres (variable) en invierno y verano, para ello necesitamos contar y registrar el número de individuos (abundancia) por tipo durante las estaciones mencionadas.

Las **investigaciones experimentales** buscan determinar la relación causa efecto de un determinado fenómeno. Ellas buscan establecer la relación entre dos o más variables (variable independiente o factor de diseño y variable dependiente o respuesta).

¿Cómo varía la abundancia de artrópodos terrestres en relación a la temperatura ambiental que se registra en invierno y verano?

¿Cómo varía la riqueza de especies vegetales a lo largo del gradiente altitudinal del cerro?

El nivel de dificultad para responder estas preguntas es mayor, pues debemos definir claramente cuáles son las variables a medir, como las mediremos y que herramientas matemáticas y estadísticas nos permitirán poner a prueba nuestras hipótesis. En este tipo de investigación es fundamental formularse una pregunta clara y que defina claramente la relación entre las variables, ya que si esto es claro, surgirán hipótesis y predicciones atractivas para investigar y poner a prueba. Tomemos como ejemplo la pregunta ¿cómo varía la riqueza de especies vegetales a lo largo del gradiente altitudinal del cerro? Siendo la variable independiente o factor de diseño el gradiente altitudinal del cerro, se debe medir y registrar la altura a medida que vamos ascendiendo. Aquí debemos definir si medimos la altura metro a metro, cada cien metros o establecer categorías de altura (rangos). La variable dependiente corresponde a la riqueza de especies vegetales, y para definir la riqueza debemos identificar el mayor número de especies vegetales a medida que ascendemos por el cerro. Recuerde que lo que quiere demostrar es la variación de la riqueza de especies vegetales a lo largo de un gradiente altitudinal, y si definió medir cada un metro o cada 100 metros o por rangos, deberá registrar la riqueza de especies vegetales metro a metro o cada 100 metros o por rangos.

Una vez resuelto el objeto y tipo de estudio debo establecer claramente mi pregunta de investigación, es una etapa crucial, ya que una buena pregunta de investigación, por lo general, se transforma en una buena investigación.

¿CÓMO FORMULARSE PREGUNTAS?

Las preguntas significativas de la ciencia surgen del diálogo entre la teoría y los fenómenos observables, y permiten explicitar, escrutar y cambiar el estado de la teoría. Así, una manera de evitar que la comprensión en un área sea limitada, incompleta o incorrecta, es realizar un constante esfuerzo para identificar y plantear nuevas preguntas (Márquez & Roca, 2004).

Las preguntas en el proceso de enseñanza aprendizaje

De la misma manera que las preguntas y la búsqueda de respuestas son fundamentales en el desarrollo científico, también lo son en el proceso de enseñanza aprendizaje de las ciencias (Giordan, 1985). A lo largo de este proceso debería darse oportunidad a que los estudiantes planteen sus propias preguntas en relación a las observaciones o teorías de los fenómenos estudiados, y que elaboren explicaciones en función de sus conocimientos y del conocimiento científico actual (Márquez & Roca, 2004).

¿Cómo esperamos que los estudiantes aprendan ciencia sin enseñarles a hacerse preguntas?

CARACTERÍSTICAS DE LAS PREGUNTAS QUE AYUDAN A APRENDER

A continuación se describen las características de las preguntas que pueden ayudar a acercar los contenidos científicos (teoría) y observaciones de fenómenos naturales a los estudiantes, facilitando el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Grado de apertura de una pregunta:

- Preguntas cerradas (respuesta única), reproduce conocimiento. Por ejemplo: ¿Cuáles son las características de los cactus?
- Preguntas abiertas (varias respuestas), motiva a buscar información y reevaluar observaciones e ideas, y estimula la producción de conocimiento. Por ejemplo: ¿Cuáles podrían ser las mejores estrategias de conservación que nos permitan preservar a los cactus?...

Objetivos de las preguntas:

Debemos responder ¿Qué se quiere lograr con la pregunta?

- Una pregunta pudiera hacerse con el objetivo de explorar lo que piensan o saben los estudiantes sobre un fenómeno determinado. ¿Qué piensan sobre como ocurre el fenómeno del desierto florido? No es lo mismo que decir ¿Cómo ocurre el fenómeno del desierto florido? Lo último puede resultar intimidador para el estudiante, ya que asume que solo hay una respuesta correcta. Centrar la pregunta en la persona, como el primer caso, incentiva una participación activa ya que el estudiante debe movilizar sus propios conocimientos y percepciones, ya que no es fundamental encontrar la respuesta correcta.
- Otro objetivo de la pregunta es motivar al estudiante a elaborar una respuesta, y si queremos que desarrollen habilidades, pedirles en un formato determinado (escrito, presentación oral, etc.) pueden transformarse en un desafío que implique

poner en juego sus conocimientos y habilidades de comunicación. Por ejemplo, ¿Cómo podría describir en un escrito el fenómeno del desierto florido? ¿Cómo podría representar a través de un póster de imágenes (dibujos, recortes, fotografías, etc.) las características del fenómeno del desierto florido?

Contextualización de las preguntas:

El contextualizar implica definir los indicadores implícitos o explícitos que definan un contexto. Pueden ser históricos, cotidiano, científico, regional, provincial, comunal, etc., siendo fundamental que el alumno pueda identificar el motivo y el interlocutor de la pregunta. Por ejemplo, ¿Qué factores ambientales podrían influir para que ocurra el fenómeno del desierto florido en la costa de la Región de Coquimbo?

Preguntas para dar indicios sobre la teoría o conceptos implicados:

La pregunta debe ser clara en señalar los modelos o teorías que se relacionan con la respuesta, considerando que las respuestas pueden tener distintos niveles de respuesta. Por ejemplo, ante la pregunta ¿Por qué es necesario no cortar las flores que aparecen cuando ocurre el fenómeno del desierto florido?, las posibles respuestas pueden ser:

- Porque se mueren.
- Porque son bonitas y queremos que muchas personas sean capaces de apreciarlas antes que se mueran.
- Para prevenir la pérdida de la biodiversidad, ya que interrumpimos su ciclo de vida y no producirá semillas y un nueva generación.

Todas las respuestas no necesariamente son incorrectas, por lo que es conveniente situar la pregunta en el marco teórico de referencia. Por ejemplo, ¿Qué estrategias de conservación han resultado ser más efectivas para prevenir el corte de flores y extracción de material biológico cuando ocurre el fenómeno del desierto florido? ¿Cuáles son las características que se observan durante las distintas etapas del ciclo de vida de las plantas que emergen durante el fenómeno del desierto florido?

Preguntas con una demanda clara:

La pregunta debe estar formulada de manera coherente con lo que se quiere preguntar. El estudiante debe saber que esperamos de él cuando se le pide que explique, describa, argumente... Por ejemplo, ante la pregunta ¿Qué es el desierto florido? El alumno debe tener claro que hacer: definir, describir o explicar.

Inspiración para nuestras preguntas:

Una de las soluciones que se han propuesto para ordenar el amplio espectro de conocimientos en las ciencias, con el fin de enseñar ciencias, es dirigir el proceso de enseñanza-aprendizaje en búsqueda de la comprensión de las "Grandes ideas de la ciencia". Considerar una de estas "grandes ideas" y empezar a articular las planificaciones de clases permitiría abordar temas transversales y transferir conocimientos a nuevos problemas y situaciones (MINEDUC, 2016). Al comprender estas ideas, se hace más fácil predecir fenómenos, evaluar críticamente la evidencia científica y tomar conciencia de la estrecha relación entre ciencia y sociedad.



¿POR QUÉ GRANDES IDEAS?

Ante la necesidad de relevar y motivar el aprendizaje en ciencias en los países desarrollados, se ha diseñado un modelo curricular que permite a los estudiantes la posibilidad de aproximarse a las “grandes ideas de la ciencia”, las cuales podrían ayudarlos a entender aquello que los rodea y a tomar parte de las decisiones como ciudadanos informados en un mundo donde la ciencia y la tecnología ha aumentado significativamente. La meta de la educación en ciencias no es un cuerpo de hechos y teorías, es más bien una progresión hacia ideas claves que permitan entender eventos y fenómenos de relevancia para la vida del estudiante. (Harlen, W et al., 2010)

Una de las “grandes ideas” considerada en las Bases Curriculares del Ministerio de Educación es:

“Los organismos necesitan energía y materiales de los cuales con frecuencia dependen y por los que interactúan con otros organismos en un ecosistema”.

Los seres vivos necesitan energía y materiales para poder desarrollarse en equilibrio. Obtienen del ambiente la energía y los materiales que consumen como alimentos. Además, mediante la transferencia de energía entre seres vivos, los materiales se transforman, generando ciclos en la naturaleza.

En un ecosistema, diversos organismos compiten para obtener los materiales que les permiten vivir y reproducirse, generando redes de interacciones biológicas.

Esta idea se sustenta en los conocimientos aportados de diversos campos de investigación en ciencias, pero el gran marco teórico que la dirige proviene de la ecología. Comprender la relación de los seres vivos con los componentes abióticos y bióticos de su medio ambiente es el principal objetivo, y la conceptualización de estas interacciones el principal producto.

Estas "grandes ideas" pueden resultar complejas para los estudiantes, requiere muchas veces de abstracciones, conceptualización y construcción de modelos mentales para comprenderlas. Por lo que partir de pequeñas ideas y la construcción de un conjunto de conocimientos propios se ve un camino viable para el aprendizaje, ya que las relaciones entre estas pequeñas ideas permitirían comprender el marco de una gran idea.

Así, las "grandes ideas" podrían considerarse como fuente de inspiración para orientar nuestras clases, en especial las clases en ecología, ya que el contextualizar los procesos ecológicos a nuestro ambiente local, permite que los estudiantes observen, registren, describan y evalúen los componentes y procesos que le afectan directamente. Instarlos a explorar e investigar los favorecería el aprendizaje de conocimientos, habilidades y actitudes vinculados a esta "gran idea". Además de transformarse en un proceso motivador que involucre acciones mentales y actitudinales vinculadas al quehacer científico.



כפי

El siguiente ejemplo propone una forma de comenzar a redactar, a partir de una observación, la pregunta de investigación, hipótesis, definir las variables y establecer los objetivos.

Observación: En zonas altamente perturbadas por actividad antrópica se observa un menor número de plantas.

Pregunta de investigación

¿Cómo influye el grado de perturbación antrópica sobre la riqueza de las especies vegetales que habitan en la ribera de los ecosistemas fluviales?

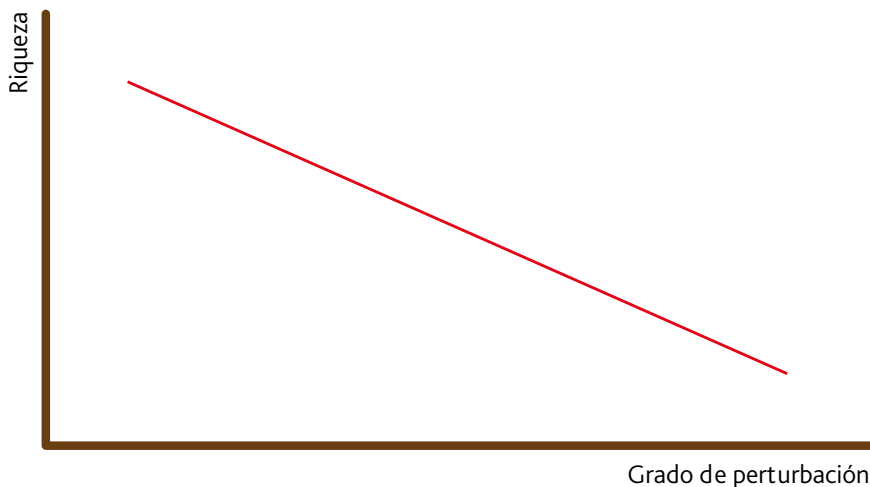
Hipótesis de investigación:

Si el grado de perturbación antrópica influye sobre la riqueza y abundancia de la vegetación en la ribera del río (supuesto), entonces, a un mayor grado de perturbación antrópica la riqueza de la vegetación es menor (predicción).

Variable Independiente: Grado de perturbación.

Variable dependiente: Riqueza vegetal.

Predicción: a un mayor grado de perturbación de la ribera del río, la riqueza de la vegetación es menor.



"Muchas veces graficar los resultados que esperamos nos permiten visualizar nuestras predicciones de mejor forma".

Una vez identificadas las variables, se formulan **los objetivos** que permitirán ordenar las acciones que se necesitan realizar para probar nuestra hipótesis. Recuerde que debe realizar acciones (objetivos) realistas y sencillas, para ello debe redactar cada objetivo utilizando un verbo (en infinitivo) que le permitirá recopilar los antecedentes que necesita para resolver el problema de investigación (puede revisar la lista de verbos utilizados comúnmente en la redacción de objetivos que aparece en la “Guía de apoyo a la investigación escolar”).

Objetivo general

Evaluar la relación que existe entre el grado de perturbación antrópica y la riqueza de especies vegetales que habitan en la ribera del río.

Objetivos específicos

1. Determinar el grado de perturbación antrópica que se observa en la ribera del río.
2. Estimar la riqueza de las principales especies vegetales que habitan en la ribera del río.
3. Relacionar el grado de perturbación antrópica con la riqueza de las principales especies vegetales que se observan en la ribera del río.

Ya planteados los objetivos y alcances de la investigación, el investigador debe diseñar y planificar cómo podría estimar y recolectar la información necesaria durante el trabajo de campo o experimento, en esta etapa el investigador elabora su diseño experimental. Durante esta etapa debe describir el trabajo de campo que realizará con el máximo de detalles, y se deben incluir los materiales y herramientas necesarias, además de describir los procedimientos que realizará para recopilar antecedentes (de ser necesario incluye dibujos o esquemas).



www.explora.cl/coquimbo

Escorpión o alacrán

Caraboctonus keyserlingi



DISEÑO EXPERIMENTAL

*“Un buen análisis de nuestros resultados no puede rescatar un diseño experimental pobre”
(Loayza & Ríos, 2014)*



Araña en cactus
Araneidae sp.

EXPERIMENTOS Y MUESTREOS.

Llegar a concluir que un determinado proceso es la causa que origina un determinado patrón (identificado por la observación) requiere del diseño de un procedimiento de investigación en el que todas las variables o factores ambientales están completamente controlados por el investigador. El control de todas las variables requiere de un nivel de manipulación efectivo, que muchas veces se logra en condiciones controladas de laboratorio. Cuando esto se logra se habla de experimentos o estudios experimentales. Sin embargo, los estudios sobre la naturaleza dificultan el control de las variables ambientales, y la capacidad de manipularlas es casi nulo. Por ello, los estudios en ecología se abordan con procedimientos que no requieren de la manipulación total de las variables o factores de estudio, y reciben el nombre de estudios no manipulativos, o muestreos, el cual es principalmente un procedimiento de observación, medida y registro de datos. Los estudios que incluye muestreos se les conocen como estudios observacionales.

No todos los estudios en ecología son solo observacionales, en algunos casos, y aplicando un diseño experimental riguroso, se pueden realizar estudios experimentales en la naturaleza.

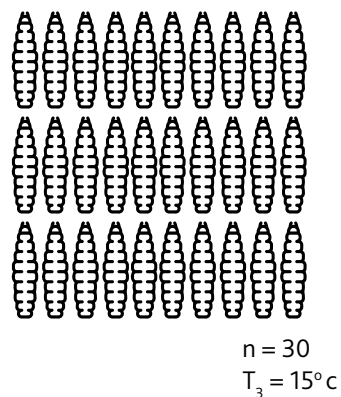
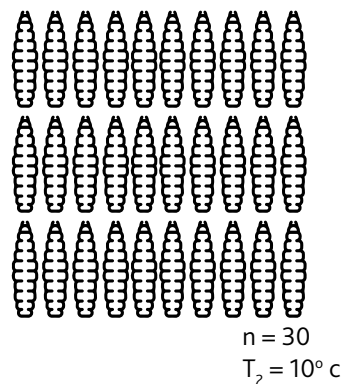
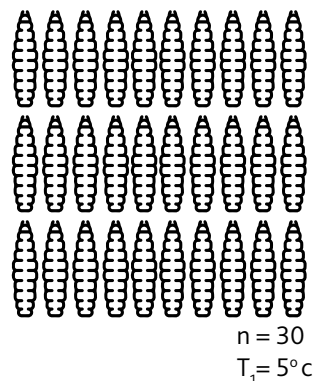


Figura 8. Tipos de investigaciones que se pueden realizar en ecología.

El diseño especifica la manera en que los tratamientos son asignados a la unidad experimental, el número de unidades experimentales (réplicas) que se someten a cada tratamiento y la disposición espacial de las mismas.

Por ejemplo, si queremos evaluar el efecto de la temperatura sobre el crecimiento de un insecto durante su etapa larval, debemos someter las larvas del insecto (unidad experimental) a distintas temperaturas (tratamientos). Imaginemos que sometemos 90 larvas de un insecto a tres condiciones distintas de temperatura (5°, 10° y 15°C). Las unidades experimentales son las larvas del insecto, y cada larva corresponde a "una réplica" ($N=90$; $n=30$), la cual es sometida a uno de tres tratamientos (T): T_1 : 5°C, T_2 : 10°C y T_3 : 15°C.

Es importante detallar que las 30 larvas que son sometidas a un tratamiento se encuentran dispuestas de forma independiente una de otra, asegurándonos que se encuentran en igualdad de condiciones, esto quiere decir que el resto de las variables como humedad, disponibilidad de alimento y espacio en el cual se desarrollan, son las mismas para cada larva en cada tratamiento. La designación de cada larva en cada tratamiento debe ser completamente al azar (aleatorización) y su disposición en el espacio debe ser independiente. Si se respetan estas condiciones, nuestras interpretaciones y conclusiones pueden ser consideradas válidas o correctas.



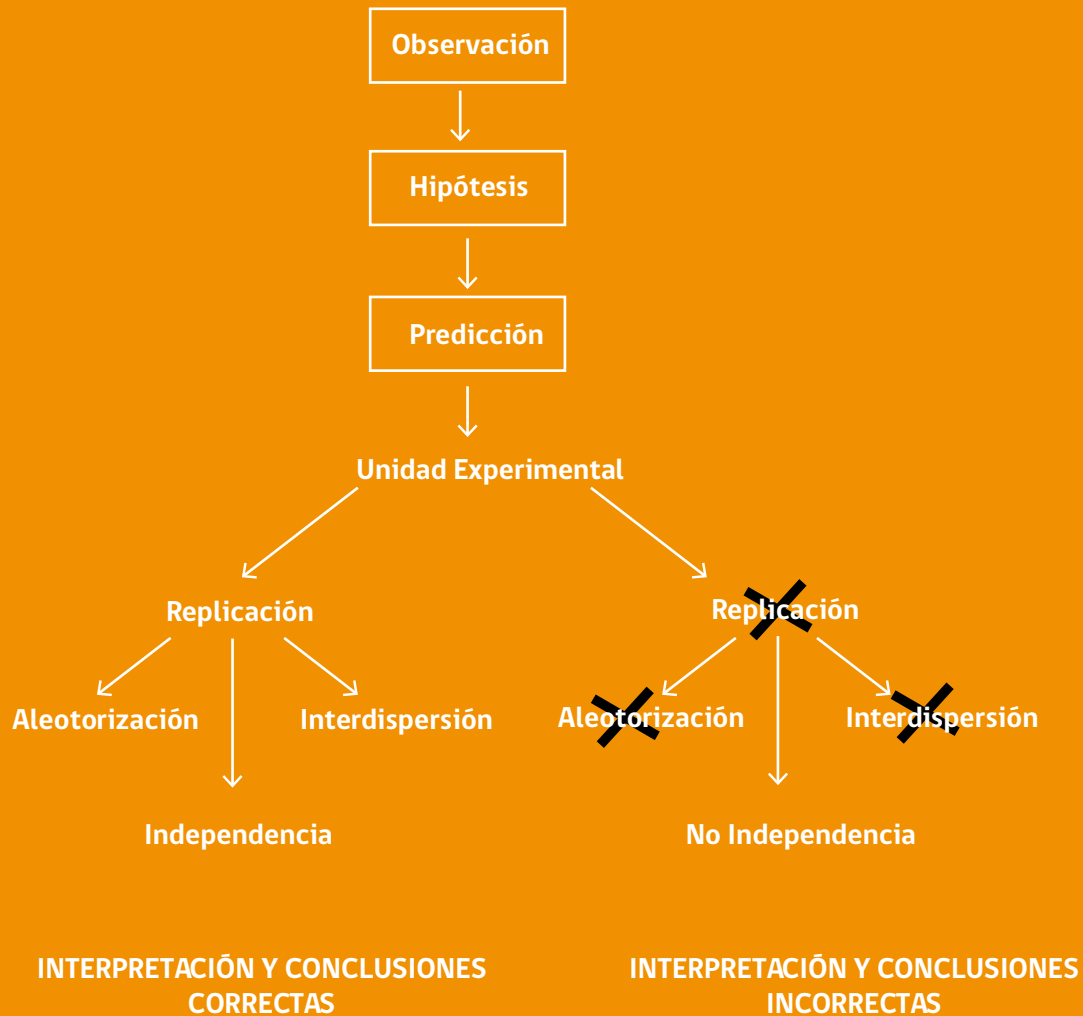


Figura 9. Esquema que muestra las características que debe poseer un buen diseño experimental que nos permita realizar interpretaciones y conclusiones correctas y válidas estadísticamente (Adaptado de Gotelli, 2004)

Variables categóricas y continuas

Una vez definidas las variables de estudio es importante reconocer el tipo de variable que uno está midiendo. Esto porque el tipo de diseño y posterior análisis que el investigador utiliza va a depender del tipo de variable que está analizando.

Se definen dos tipos de variables:

- 1) **Variables categóricas:** variables clasificadas en una o más categorías únicas.
- 2) **Variables continuas:** variables medidas en una escala numérica continua que pueden tomar valores de números reales enteros.

Retomemos el ejemplo anterior de las larvas sometidas a distintas temperaturas. El objetivo del experimento es evaluar el efecto de la temperatura sobre el crecimiento larval, por lo que nuestra hipótesis de causa efecto que estamos tratando de poner a prueba quedaría así:

“Si la variación de la temperatura afecta el crecimiento larval de un insecto, entonces, larvas sometidas a una menor temperatura son de menor tamaño”.

Factor de diseño (variable independiente): temperatura.

Variable de respuesta (variable dependiente): crecimiento larval.

La variable “temperatura” tiene tres categorías: 5°, 10° y 15°C

La variable “crecimiento larval” es una variable continua que puede quedar expresada en centímetros o milímetros, y puede adoptar una escala numérica que aún no definimos, ya que dependerá del tamaño que registremos en centímetros o milímetros de cada larva.

El designar qué tipo de variable evaluaremos (como una variable continua o categórica) es vital al momento de decidir el tipo de diseño (y posterior análisis) que elegiremos para nuestro experimento.

No es el objetivo de esta Guía ahondar en detalles sobre el diseño experimental o el uso de la estadística para el tratamiento de los datos, si no actuar como una guía básica antes de comenzar con un experimento o proyecto de investigación escolar. Para una revisión más detallada de los conceptos o tipos de diseño y análisis estadísticos de los resultados sugerimos revisar libros especializados sobre diseño experimental y análisis de resultados en estudios de ecología, como el caso de *Gotelli & Ellison, 2004. A Primer of Ecological Statistics*.

Tipos de diseño

Solo se presentan cuatro tipos de diseño experimental, los cuales se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 2. Tipos de diseño experimentales. El tipo de diseño se define en función del tipo de variable que necesitemos medir y/o categorizar.

Variable Dependiente	Variable Independiente	
	Continua	Catagórica
Continua	Regresión	ANOVA
Catagórica	Regresión logística	Tabular

Diseños de regresión

Cuando la variable independiente (factor de diseño) es medida en una escala numérica continua, la disposición del muestreo sigue un diseño de regresión. Si la variable dependiente se mide en una escala continua, los datos se pueden analizar usando modelos de regresión lineal. Si la variable dependiente es medida en una escala catagórica mas que continua, los datos se analizan usando modelos de regresión logística. Los casos más simples para este último tipo de regresión es cuando la variable respuesta es dicotómica (ej: si, no; hembra, macho; presencia, ausencia).

Ejemplo, para poner a prueba la siguiente hipótesis:

“La densidad de insectos en el desierto está relacionada con la cobertura vegetal de herbáceas que aparecen después de las lluvias de invierno”

Primero debemos definir el número y tamaño de las unidades experimentales. En este caso pudieran ser 30 parcelas de 1 x 1 m dispuestas aleatoriamente sobre la cobertura vegetal de los llanos del desierto en los cuales se observen herbáceas emergidas e insectos asociados a las plantas. Como variables en análisis debemos considerar:

Factor de diseño: cobertura vegetal (% del total de la superficie total de la parcela cubierto por herbáceas).

Variable respuesta: número de insectos por metro cuadrado.

Luego de medir las variables podríamos obtener este tipo de resultados.

Nº de parcela	Cobertura vegetal herbáceas (%)	Insectos/m ²
1	58	356
2	72	467
3	23	156
...
30	90	675

Este tipo de diseño asume una serie de requisitos, los cuales no son motivo de análisis en este documento. Por ello, solo mencionamos los tres más relevantes (para más detalles consultar Gotelli & Ellison, 2004. A Primer of Ecological Statistics)

- Replicación apropiada e independiente de los datos
- El rango de valores muestreados para el factor de diseño, debe ser suficientemente amplio como para obtener el rango completo de respuestas por parte de la variable respuesta.
- La distribución del factor de diseño es aproximadamente uniforme dentro del rango de muestreo.

La expresión gráfica de los resultados de un diseño de regresión pueden expresarse como se muestra en la Figura 10.

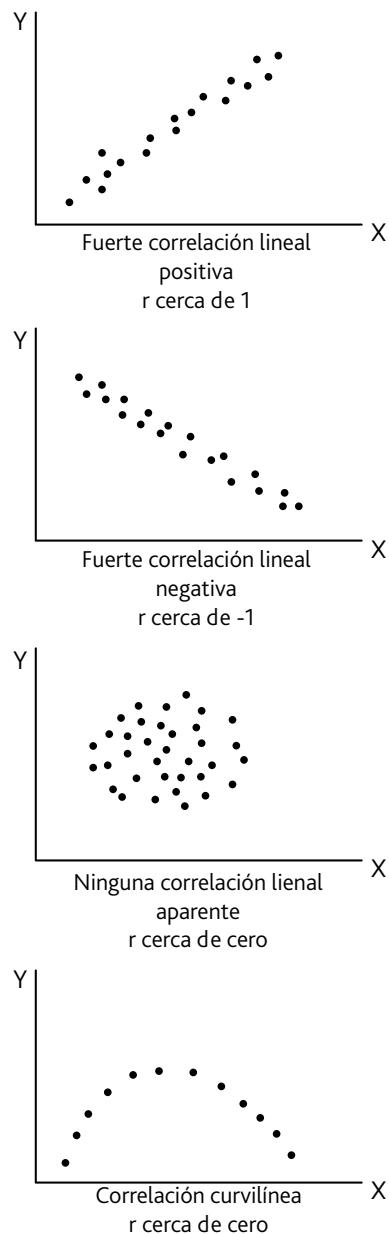


Figura 10. Representación gráfica de resultados obtenidos con un análisis de regresión.

Diseños de ANOVA (análisis de varianza)

El diseño de Análisis de Varianza (ANOVA) es considerado uno de los análisis experimentales más simple y poderoso (estadísticamente), es muy útil al momento de comparar medidas entre dos o más tratamientos o grupos. Se desarrollan diseños experimentales de ANOVA cuando el factor de diseño es una variable categórica y la variable respuesta es continua.

Con un diseño de este tipo, podríamos obtener el siguiente registro de datos:

Número de grupo	Tratamiento	Réplica	Depredación %
1	Vainas con insecticida	15	
2	Control	14	5
3	Vainas con insecticida	2	2
4	Control	2	65
...			
19	Vainas con insecticida	10	3
20	Control	10	73

Con estos datos podríamos aplicar la prueba estadística denominada Análisis de Varianza. El análisis de varianza es una herramienta estadística simple y poderosa, permite acomodar estudios en los que el número de réplicas por tratamiento es distinto y nos permite analizar las diferencias que existen entre tratamientos, además de poner a prueba hipótesis específicas sobre qué valores promedios de los tratamientos son distintos y cuales similares.

DISEÑOS TABULARES

Los diseños y análisis tabulares se utilizan cuando las variables de respuesta y el factor de diseño son categóricas. Las medidas en este tipo de diseño son conteos, y la forma más simple de registrar estas variables es con respuestas dicotómicas o binomiales en una serie de pruebas independientes.

Ejemplo, pongamos a prueba la siguiente predicción:

“El picaflor del norte y el picaflor común prefieren alimentarse de especies distintas de plantas”.

Para este estudio debemos registrar el número de visitas florales del picaflor del norte y del picaflor común. Suponiendo que el patrón de campo nos dice que el picaflor del norte se observa visitando las flores de la especie 1, y el picaflor común se ha observado más frecuentemente sobre la especie 2 (especie 1 y especie 2 bajo el supuesto de que son simpátricas).

Los resultados se podrán registrar en una tabla de conteo, y posteriormente realizar un análisis llamado **tablas de contingencia**

Tablas de contingencia

	Picaflor del norte	Picaflor común
Especie 1	589	12
Especie 2		678

ORGANIZACIÓN DE DATOS Y RESULTADOS

La organización, manejo y registro de su set de datos es parte esencial del proceso científico, y debe hacerse antes de analizar los. Es recomendable ordenarlos de acuerdo al diseño experimental que se estableció previamente, y construir bases de datos en planillas computarizadas para un posterior análisis..

Picaflor del norte



Picaflor común



Especie 1 Especie 2





Investigación Científica

Escolar en Ecología

La investigación escolar es una estrategia didáctica que considera los principios de la estrategia de proyectos, y favorece la representación, la construcción de ideas y el aprendizaje de nuevos conocimientos por parte de las y los estudiantes (Quintanilla, 2006). Su principal fortaleza reside en que es una actividad capaz de motivar y potenciar las habilidades y actitudes vinculadas al pensamiento científico, y movilizar saberes de distintas áreas del conocimiento. El considerar la ecología como la principal área de conocimiento que nos abastecerá de conceptos y explicaciones teóricas sobre fenómenos naturales, nos entrega una ventaja al momento de diseñar y planificar nuestras acciones pedagógicas: Estas pueden transformarse en actividades muy motivantes para los estudiantes ya que implica salir del aula y vivenciar nuevas experiencias explorando su entorno inmediato.

Por lo general, el comenzar una investigación en ecología implica realizar actividades en terreno, y es conveniente considerar los aspectos relacionados a las normas de seguridad, cuidado del medio ambiente y las características del lugar a explorar como tipo de terreno, condiciones climáticas, ubicación, transporte y riesgos asociados, entre otros. Otra variable a considerar en la planificación, es conocer las condiciones físicas del grupo de estudiantes; esto determina el esfuerzo de trabajo calculado para realizar cada actividad. Dependiendo de la pregunta de investigación, debemos planificar el trabajo

en terreno estimando el tiempo a utilizar por actividad, definir las funciones de cada estudiante dentro de cada grupo de investigación y asegurarse de contar con los materiales y herramientas necesarias para cumplir con el objetivo.

EQUIPO Y ROPA PARA EL TRABAJO EN TERRENO



a Polera o camisa manga larga

b Jockey o sombrero para el sol

c Pantalón largo

d Zapatos o zapatillas de suela gruesa.

1 Mochila

2 Botella de agua de un litro

3 Libreta de anotaciones

4 Lápiz grafito,

5 Una barra de cereal o fruta,

6 Bloqueador solar,

7 Alcohol gel

8 Botiquín pequeño.

MATERIALES E INSTRUMENTOS PARA EL TRABAJO EN TERRENO



- 1 Prensa de madera de 45 x 30 cm con cartón y hojas de diario del mismo tamaño
- 2 Frascos de vidrio con tapa
- 3 Pinzas
- 4 Alcohol 70%
- 5 Bolsas de papel para almacenar muestras
- 6 Cuchillo o tijeras de podar
- 7 Guantes, plumón para rotular
- 8 Cámara fotográfica
- 9 Guías de campo
- 10 Huincha de 10 o 50 m o un cordel de la misma longitud rotulada por metro,
- 11 Vasos plásticos de 200 ml,
- 12 Bidón de agua con detergente o lavavajilla,
- 13 Una pala y cinta de marcaje (pueden utilizar cintas de regalo gruesas de colores vistosos o masking tape).
- 14 Cajas o contenedores donde guardar las muestras colectadas.

METODOLOGÍAS DE INVESTIGACION CIENTIFICA ESCOLAR EN ECOLOGÍA

Una primera aproximación para iniciar una investigación en ecología es comenzar describiendo las características de los componentes bióticos que se encuentran en el ambiente: ¿Cuántas especies podemos encontrar? ¿Qué características poseen? ¿Cómo se distribuyen? ¿Qué características se observan en sus hábitats? ¿Cómo sobreviven a las condiciones del ambiente?, son preguntas fundamentales en ecología.

Si nuestro objetivo de investigación es responder preguntas relacionadas a describir qué tipo de seres vivos podemos encontrar en el ambiente debemos idear una metodología que nos permita ser capaces de identificar las especies encontradas. Para ello, existen claves de identificación taxonómica que nos permiten ubicarlos en los distintos niveles taxonómicos. En cambio, si queremos describir las características de las poblaciones en términos de abundancia, riqueza y distribución, debemos saber cuántos individuos de cada especie se encuentran presente en el área de estudio, y en donde se ubican en el espacio. Los ecólogos actuales utilizan índices numéricos que describen la riqueza, la abundancia y la diversidad biológica. Estos índices pueden estimarse utilizando metodologías de muestreo en terreno, y son de mucha ayuda al momento de describir algunas características de las poblaciones y comunidades que existen dentro de un ecosistema.

A continuación, se describen metodologías de investigación en ecología que permiten realizar inventarios de flora y fauna (principalmente artrópodos y vertebrados terrestres), construcción de colecciones de referencia con muestras biológicas y fotografías, y además, se proponen metodologías de campo que permiten estimar la riqueza y la abundancia, y de esta forma la diversidad biológica del sitio en estudio.



GUIA 1: PRINCIPIOS BÁSICOS PARA EL MUESTREO DE FLORA Y FAUNA

Curso: Primero medio

Duración: Variable, dependerá del tiempo disponible para el trabajo en terreno y de las metodologías que se aplicarán, puede ir desde dos a seis horas.

Objetivos de aprendizaje

Se espera que los y las estudiantes sean capaces de :

Investigar y explicar cómo se organizan e interactúan los seres vivos en diversos ecosistemas, a partir de ejemplos de Chile, considerando los niveles de organización de los seres vivos.

Habilidades de investigación

- Observar y describir detalladamente las características de objetos, procesos y fenómenos del mundo natural y tecnológico, usando los sentidos.
- Formular preguntas y/o problemas, a partir de conocimiento científico, que puedan ser resueltos mediante una investigación científica.
- Formular y fundamentar hipótesis comprobables, basándose en conocimiento científico.
- Planificar diversos diseños de investigaciones experimentales que den respuesta a una pregunta y/o problema sobre la base de diversas fuentes de información científica, considerando:
 - 1) El uso adecuado de instrumentos y materiales para asegurar la obtención de datos confiables,
 - 2) La manipulación de variables y sus relaciones, y
 - 3) La explicación clara de procedimientos posibles de replicar.
- Organizar el trabajo colaborativo, asignando responsabilidades, comunicándose en forma efectiva y siguiendo normas de seguridad.
- Organizar datos cuantitativos y/o cualitativos con precisión, fundamentando su confiabilidad, y presentarlos en tablas, gráficos, modelos u otras representaciones, con la ayuda de las TIC.

Actitudes científicas

Trabajar responsablemente en forma proactiva y colaborativa, considerando y respetando los variados aportes del equipo y manifestando disposición a entender los argumentos de otros en las soluciones a problemas científicos. Esforzarse y perseverar en el trabajo personal entendiendo que los logros se obtienen solo después de un trabajo riguroso, y que los datos empíricamente confiables se obtienen si se trabaja con precisión y orden.

Indicadores de evaluación

Investigan ecosistemas de su entorno, considerando fauna, flora, factores abióticos y las características propias de su clasificación, de acuerdo a convenciones científicas o a la cosmovisión de pueblos originarios en Chile.

Registran detalladamente observaciones y datos que describen las características de objetos, procesos y fenómenos.

Participan dentro de un grupo de trabajo colaborando con el desempeño de un rol asumido y/o asignado por el mismo o democráticamente por el grupo de trabajo.

Objetivo de la actividad

Se espera que los estudiantes sean capaces de:

Aplicar metodologías de investigación para describir algunas características de los componentes de un ecosistema determinado.

Aplicar metodologías de investigación para caracterizar la flora y fauna terrestre presente en un ecosistema determinado.

Colectar y/o registrar la presencia de las principales especies de plantas y animales terrestres que habitan en un ecosistema determinado.

Indicadores de evaluación

Indicadores de evaluación

Describen los principales componentes ambientales (suelo, flora y fauna) de un ecosistema.

Colectan plantas, artrópodos terrestres y restos de material biológico (ej: huesos, cadáveres, conchas, mudas, varios) en el sitio de estudio.

Registran datos en terreno utilizando planillas, fotografías, dibujos, esquemas o descripciones escritas.

Sugerencia al profesor: las metodologías descritas pueden ser aplicadas en una salida a terreno a un sitio de estudio definido por el profesor. Si su grupo es numeroso se sugiere dividirlos en grupos de 3 a 4 estudiantes, y que cada grupo aplique una metodología determinada. Para asegurar la rigurosidad y evitar errores durante el muestreo, se recomienda discutir las metodologías y acciones a realizar en terreno antes de la salida, definiendo claramente las funciones de cada integrante en el grupo.

METODOLOGÍA PARA DESCRIBIR EL SITIO DE ESTUDIO

Describir el sitio de estudio puede ser de mucha ayuda al momento de interpretar las interacciones y características de los componentes bióticos en un ecosistema. Definiremos al sitio de estudio como un ecosistema acotado espacialmente (Ej: hectáreas, kilómetros), de naturaleza heterogénea y que presenta una característica inherente, la cual está conformada por parches homogéneos en sus características edáficas (suelo), litológicas (rocas) y topográficas, así como biológicas (vegetación u otros organismos estructural o funcionalmente importantes) (Durán et al., 2002). La descripción del sitio de estudio suele ser cualitativa, ya que la evaluación es una estimación realizada por el investigador, por lo que se sugiere que más de un observador describa el sitio. Se sugiere complementar la descripción del sitio de estudio con antecedentes descritos en estudios previos o con datos ambientales publicados en sitios de agencias, centros de investigación y dirección meteorológica de Chile.

Orientaciones pedagógicas

Los resultados de esta ficha permiten describir los aspectos más generales del sitio de estudio. Con los resultados obtenidos podemos responder preguntas como: ¿Cuál es el grado de inclinación del horizonte del suelo? ¿Qué tipo de textura presenta el suelo? ¿Cuál es la cobertura estimada de vegetación? ¿Cuáles son los tipos biológicos más abundantes en el ecosistema? ¿Cómo podrías describir el paisaje del sitio de estudio? ¿Cómo podrías describir el clima del sitio de estudio?




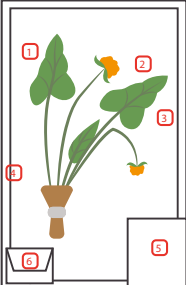
FICHA DE REGISTRO PARA LA DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO.

Sitio de estudio: <i>ecosistema que visita junto a sus estudiantes, ej: ladera norte del cerro Las Pircas.</i>		Localidad: <i>Sector geográfico que nos permite referenciar el sitio de estudio, ej: Las Pircas, Combarbalá.</i>		Fecha:	
Ubicación geográfica: <i>si cuenta con GPS puede registrar las coordenadas, de no ser así puede utilizar referencias bibliográficas.</i>			Temperatura promedio: <i>utilizar referencias bibliográficas.</i>		
			Precipitaciones: <i>utilizar referencias bibliográficas.</i>		
Características del suelo					
Inclinación: <i>grado de inclinación del horizonte del suelo, es una estimación cualitativa de acuerdo al criterio del observador.</i>					
<input type="radio"/> Plano		<input type="radio"/> Moderadamente inclinado		<input type="radio"/> Fuertemente inclinado	
<input type="radio"/> Escarpado					
Textura: <i>proporción en que se encuentran las diferentes partículas de tamaño inferior a 2 mm (arena, limo y arcilla).</i>					
<input type="radio"/> Fina		<input type="radio"/> Media		<input type="radio"/> Gruesa	
Cobertura estimada (%) <i>Se realiza una estimación del porcentaje estimado por el observador de cada componente, indicando 0% si no se encuentra y 100% si toda la superficie del sitio de estudio está cubierto completamente por uno de ellos.</i>					
Suelo desnudo : _____%		Vegetación: _____%		Rocas: _____%	
Características de la vegetación					
Cobertura estimada (%) <i>de los tipos biológicos (agrupaciones de especies que presentan un conjunto de rasgos similares), estimar el porcentaje de cobertura que ocupa en el paisaje cada uno de los tipos biológicos 0% si no se encuentra y 100% si toda la superficie del sitio de estudio está cubierto completamente por uno de ellos.</i>					
Herbáceas _____%	Leñosas bajas _____%	Arbustos <2m _____%	Arbustos > 2m _____%	Cactáceas _____%	
Observaciones:					

METODOLOGÍA PARA EL MUESTREO DE LA FLORA

El muestreo de la flora permite estimar indicadores de diversidad que describen las características generales del ambiente. Uno de ellos es la riqueza de especies (número de especies), índice que se puede estimar a través de la colecta de plantas o muestras de herbáceas, arbustos y árboles que se encuentren en el sitio de estudio. Para ello, el investigador deberá recorrer el sitio de estudio y coleccionar cada planta (o parte de ella para el caso de arbustos y árboles) que encuentre en una unidad de muestreo determinada (una parcela definida en metros cuadrados o en un transecto de un largo determinado), guardarla dentro de una prensa entre hojas de diario y trozos de cartón con el fin de transportarla al laboratorio. Posterior a ello, se debe herborizar.

RESUMEN DE ACCIONES PARA CONFECCIONAR UN HERBARIO.

			 <ol style="list-style-type: none"> 1. Haz de la hoja 2. Flor y/o fruto visible 3. Envés de la hoja 4. Margen 5. Ficha de herbario 6. Sobre
<p>Colectar muestras de plantas. En lo posible coleccionar muestras con todas las estructuras vegetativas de la planta (hoja, tallo, flores y frutos) en buen estado. Colectar solo lo que se utilizará y el tamaño de la muestra no exceda el tamaño de la prensa.</p>	<p>Almacenar las muestras para el transporte dentro de una prensa. Ser cuidadosos, resguardando que las hojas, flores y tallos queden en una misma dirección.</p>	<p>Prensar las muestras coleccionadas para su secado. Revisar periódicamente las condiciones de la muestra. Cambiar las hojas de diario para evitar el humedecimiento.</p>	<p>Montaje y uso de claves de identificación y colecciones de referencia fotográficas para identificar y describir las especies encontradas.</p>

Ejemplo de ficha que acompaña a cada una de las especies del herbario.

Nombre científico :	<i>Flourensia thurifera</i>		
Familia:	Asteraceae		
Lugar:	Provincia de Choapa. Río Chalinga. Salamanca		
Obs./ambiente:	Orilla de río, cruce camino a Manquehua, borde pedregoso		
Obs./ejemplar:	Arbusto de 1,7 mt de altura.		
Determinado por :	Alan Brito Delgado	Fecha colecta :	11 jun 2016
		Fecha identificación :	21 jun 2016

Orientaciones pedagógicas

Confeccionando un herbario podemos estimar la riqueza de especies del sitio de estudio. El número de especies colectadas e identificadas representaría la riqueza, y nos permitiría describir la composición de la flora del sitio de estudio. Las investigaciones que consideren sustentarse en esta metodología, deberán formularse preguntas descriptivas. Con los resultados obtenidos podemos responder preguntas como: ¿Cuál es la riqueza de plantas? ¿Qué tipos biológicos de plantas encontramos en mayor proporción? Una aproximación interesante que se puede realizar con el herbario es incluir el estado de conservación de cada especie y responder preguntas como ¿Cuál es la proporción de especies que se encuentran en cada categoría de conservación? ¿Cuáles son los arbustos más representativos del sitio de estudio? ¿Cuál es la contribución de las especies nativas al total de la flora? ¿Cuántas plantas endémicas forman parte de la flora del sitio de estudio?

Si nuestra intención es que los estudiantes no solo describan la flora de un sector, las preguntas de investigación pueden orientarse a comparar o establecer relaciones entre al menos dos variables, por ejemplo: evaluar la riqueza entre distintos sitios de estudios, entre distintos ambientes o incluso entre estaciones (ej: invierno y verano) ¿Cómo varía la riqueza de plantas entre invierno y verano?, es un ejemplo de este tipo de preguntas.

METODOLOGÍA DE MUESTREO PARA ARTRÓPODOS TERRESTRES

Los estudios en ecología de insectos requieren de una variedad de técnicas de muestreo que permitan capturarlos dentro de la diversidad de ambientes en los cuales habitan. Estas técnicas pueden dividirse en dos categorías: **colecta directa** (activa) e **indirecta** (pasiva).

Colecta directa:

En este tipo de colecta el investigador busca y colecta de manera activa a los organismos en su ambiente. Es decir, el investigador busca debajo de rocas, en ramas de arbustos y árboles, hojarasca y en todos los ambientes a los que tenga acceso, el mayor número de especies de insectos, arácnidos, y todo material biológico de artrópodos que encuentre. Las muestras pueden ser colectadas con los dedos o utilizando herramientas como pinzas, pinceles o redes entomológicas. Para el transporte de las muestras se recomienda utilizar frascos de plástico o vidrio con alcohol al 70%. Los organismos epigeos (que

caminan sobre el suelo) y algunos aéreos (como moscas, mosquitos y libélulas) serán almacenados en frascos de plástico o vidrio con tapa y alcohol al 70%, mientras que los lepidópteros (mariposas y polillas) serán almacenados en sobres de papel.

Colectas indirectas:

Son aquellas en las cuales se utilizan atrayentes o trampas, y no implica una búsqueda activa del explorador. Una de las estrategias más utilizadas por los investigadores para capturar artrópodos epigeos, es la utilización de trampas tipo Barber ("Pitfall" o trampa de intercepción de caída), las cuales pueden ser simplemente vasos plásticos enterrados en el suelo.

La cantidad y disposición de las trampas en el espacio depende de las características del ambiente y del esfuerzo de muestreo. Se sugiere disponer las trampas en cuadrantes, con una separación de 5 o 10 m por trampa.

CONSIDERAR QUE SIEMPRE DEBE SER CUIDADOSO EN LA CAPTURA DE ALGUNOS ORGANISMOS, SI VE QUE ESTOS SON ESCASOS, EVITAR COLECTARLOS, CON UNA BUENA FOTOGRAFÍA ES SUFICIENTE. Y RECUERDE COLECTAR EL MENOR NÚMERO DE INDIVIDUOS POR ESPECIE POSIBLE. A MAYOR TAMAÑO DE LOS EJEMPLARES DE UNA ESPECIE, MENOR DEBIERA SER EL NÚMERO DE INDIVIDUOS A CAPTURAR. TAMBIÉN, RECORDAR QUE HAY CASOS COMO EN LOS HIMENÓPTEROS (HORMIGAS, AVISPAS, ABEJAS), EN QUE SI LOS NIÑOS LLEGAN A CAPTURAR A UNA REINA, SE AFECTA A TODA LA COLONIA.



Figura 11. Estudiantes realizando una colecta directa con pinzas.

Para instalar las trampas, hay que cavar en cada vértice del cuadrante un agujero que permita enterrar un vaso plástico (los de 200 ml funcionan muy bien), cuidando que el borde del vaso quede a la misma altura de la línea del suelo. Dentro del vaso se vierte una mezcla de agua, glicerina (opcional) y detergente doméstico hasta completar $\frac{3}{4}$ del vaso. Las trampas pueden permanecer activas una semana, quince días o hasta un mes (incluso mas tiempo), pero requiere de una revisión periódica. Es recomendable marcar el lugar de las trampas utilizando trozos de cinta que indiquen el número de la trampa y cuadrante. Una vez retiradas las trampas y transportadas al laboratorio, es recomendable limpiar el contenido de las trampas y lavar las muestras con agua limpia y almacenarlas en frascos de vidrio o plásticos con tapa, con alcohol al 70% y debidamente rotuladas indicando el sitio de estudio, numero de trampas y la fecha para una posterior identificación, etiquetación y montaje.

Orientaciones pedagógicas

Los resultados obtenidos con las colectas directas nos permiten estimar la riqueza de especies de manera similar a lo obtenido con la confección de herbarios. El número de especies colectadas representaría la riqueza, y nos permitiría describir la composición de la artropofauna existente. Las investigaciones que consideren sustentarse en esta metodología, deberán formularse preguntas descriptivas. Con los resultados obtenidos de nuestras colectas directas podemos responder preguntas como: ¿Cuál es la riqueza de artrópodos terrestres? ¿Cuáles son las clases de artrópodos terrestres presentes en el sitio de estudio? El estado de conservación es un dato un poco complicado de obtener ya que el esfuerzo realizado para categorizar este grupo de organismos a nivel nacional es reciente, solo en el año 2011 se formó la Red Chilena Entomológica de la Conservación, la cual tiene como objetivo incorporar especies de insectos a las categorías de conservación (revisar Jerez et al., 2015 en referencias bibliográficas).

El uso de metodologías de colecta indirecta permite estimar curvas de acumulación de especies e índices de abundancia y diversidad (para estimar los índices mencionados revisar Guía 3).

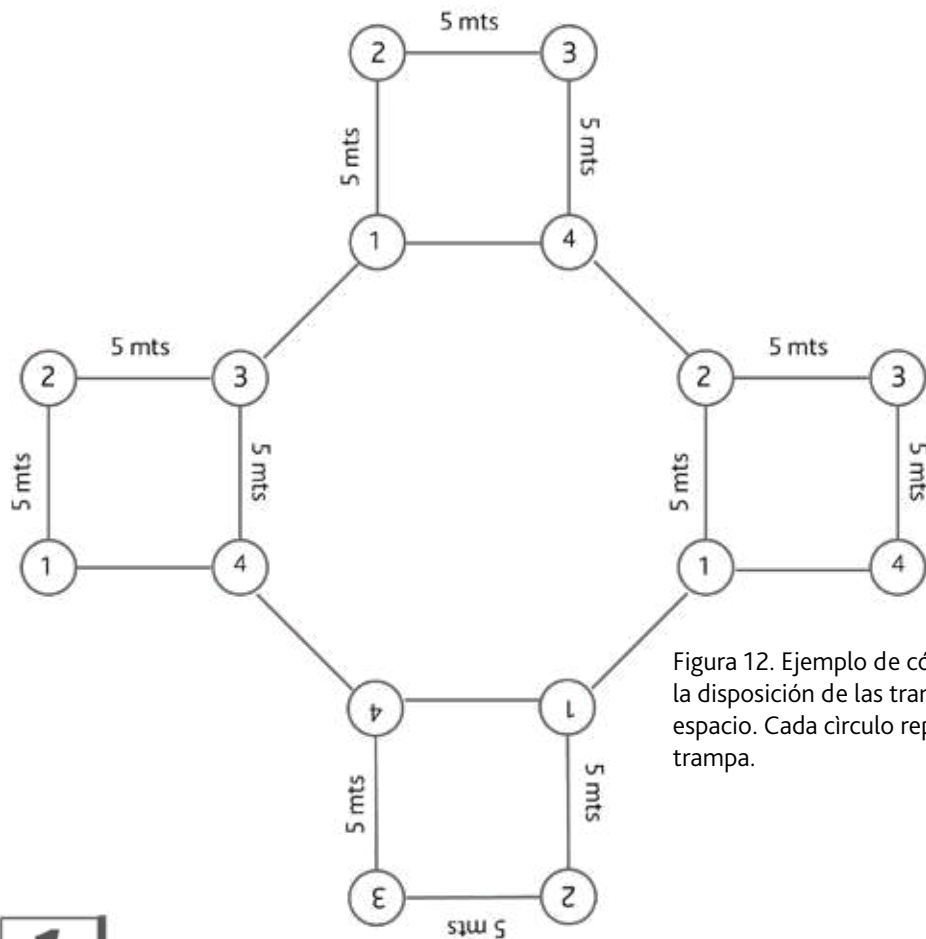


Figura 12. Ejemplo de cómo orientar la disposición de las trampas en el espacio. Cada círculo representa una trampa.

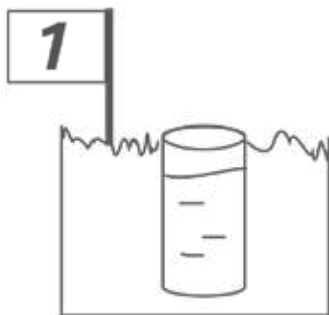


Figura 13. Modo de instalar una trampa de intercepción de caída tipo Barber o "pitfall".

METODOLOGÍA DE MUESTREO PARA VERTEBRADOS TERRESTRES

A diferencia de los invertebrados, es difícil coleccionar muestras de vertebrados terrestres para su posterior identificación, a menos que encontremos cadáveres o sacrificuemos a los animales, por lo que nos valdremos de técnicas de identificación en terreno por observación directa o por evidencia indirecta (fecas, huellas, cadáveres).

Para la identificación de especies de vertebrados terrestres (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) se propone utilizar la metodología de conteo por puntos (Bibby et al., 1993) a lo largo de un transecto lineal. La longitud y dirección del transecto y el número de puntos (estaciones de observación) se definen considerando las características del paisaje. Por ejemplo, si en el sitio de estudio observamos que hay quebradas, río, dunas y matorral, el transecto debe atravesar por todos los ambientes, capturando así la heterogeneidad del paisaje.

Se recomienda incluir al menos dos puntos por ambiente. En cada punto el investigador se debe detener, observar, identificar y contar las especies de anfibios, reptiles, aves y mamíferos que observe. El tamaño del punto se define con un radio de 25 m, y se debe permanecer en el durante 10 minutos, tiempo en el cual se registran las especies observadas. Se recomienda que los observadores traten de "camuflarse" con el entorno y observar en silencio. El total de las observaciones permitirá obtener una lista de especies presente en un área y la abundancia de individuos de vertebrados en cada punto (estación de observación) dentro de un radio de 25 m. En el mismo

punto, una vez terminado el periodo de observación, los estudiantes deben registrar activamente el ambiente en busca de evidencias indirectas de vertebrados terrestres como plumas, huellas, fecas, revolcaderos, huesos y cadáveres. Muchas de las evidencias pueden identificarse utilizando colecciones de referencia y fotografías publicadas en sitios de internet. Algunos de los restos pueden coleccionarlos en bolsas de papel, plásticas o frascos para colecta y almacenarlos en el laboratorio en un lugar seco y protegido del sol para una posterior identificación.

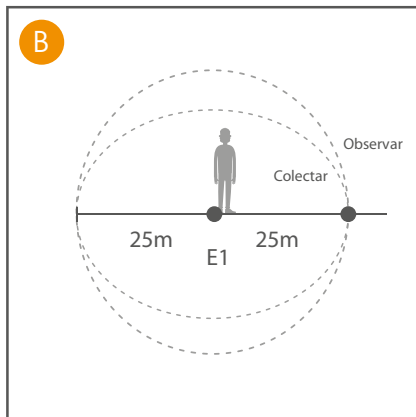
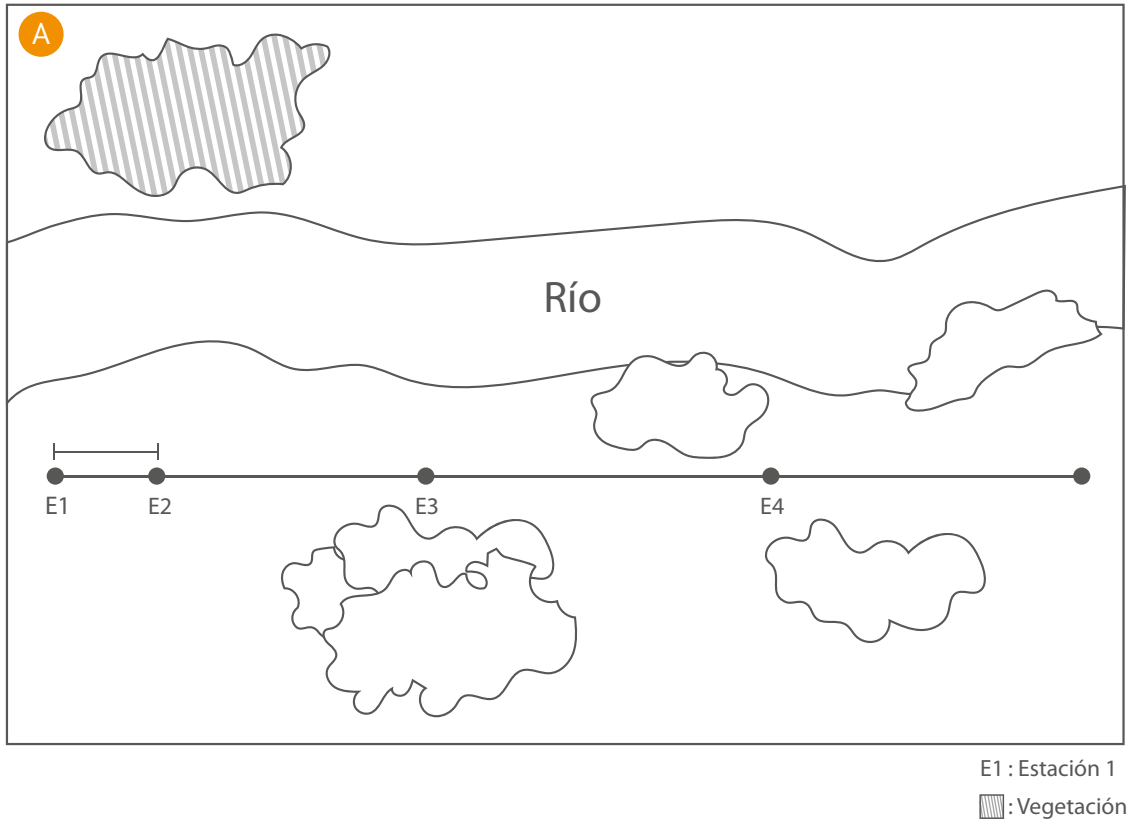


Figura 11. A) Disposición de un transecto lineal para la observación y colecta de vertebrados terrestres, las figuras achuradas representan parches de vegetación, B) Estación de muestreo, las líneas entrecortadas representan el radio de observación y colecta.

Ejemplo de ficha de registro de vertebrados en terreno (Tomada y modificada de "Guía de aves de los humedales costeros de la Región de Coquimbo").


FICHA DE REGISTRO DE VERTEBRADOS TERRESTRES

Sitio de estudio:
Sector:
Nº transecto:
Hora:
Observadores:


Nº estación	Clase (Anfibio, Reptil, Ave o Mamífero).	Especie	Abundancia (número) de individuos		Observaciones
			Dentro estación	De paso o fuera estación	

Orientaciones pedagógicas

Los resultados obtenidos aplicando esta metodología, permiten estimar la riqueza, abundancia y diversidad de vertebrados terrestres (para estimar índices ver Guía 3). Y nos permiten responder preguntas muy similares a las planteadas anteriormente.



ES IMPORTANTE QUE TODOS LOS GRUPOS TRABAJEN DE FORMA ORDENADA Y QUE CADA INTEGRANTE SEA METÓDICO Y PROLIJO CON LA COLECTA DE MUESTRAS Y EL ROTULADO DE LAS MISMAS, Y ADEMÁS ESTAR SIEMPRE ATENTO A LAS CONDICIONES DEL AMBIENTE CUIDANDO SU SEGURIDAD Y LA DE SUS COMPAÑEROS. NO DEJE BASURA O RESIDUOS EN EL SITIO DE ESTUDIO Y REVISE TODO LAS HERRAMIENTAS Y MATERIALES ANTES DE RETIRARSE.



COLECTA FOTOGRÁFICA DE ESPECIES

Pese a que anteriormente se describen metodologías de colecta para invertebrados y flora, es importante destacar que no es intención promover la colecta indiscriminada de plantas e insectos, ya que en este último grupo significa la muerte de los especímenes. Aunque reconocemos el valor de las colecciones de referencia para la educación e investigación escolar, estas pueden ser elaboradas con ayuda de expertos en el área con el fin de evitar efectos negativos sobre las poblaciones de flora y fauna. Las colectas deben realizarse en ciertas épocas del año y no todos los grupos son igualmente numerosos.

Una alternativa es la construcción de colecciones de referencia con fotografías digitales.

Para armar una colección de referencia digital puedes utilizar cámaras fotográficas de cualquier índole (compacta, semiprofesional o profesional, incluso las cámaras de los teléfonos celulares son válidas). Existen en internet una diversidad de páginas en las cuales puedes compartir tus fotografías y pedir ayuda con la identificación y consejos para mejorar tu técnica fotográfica.



Huairavo

Nycticorax nycticorax



Azulillo

Pasithea coerulea



Mosca tigre

Erax murinus

Asiento de la suegra o Sandillón

Eriocyce sandillon



GUIA 2: IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Curso: Primero medio

Duración: Variable, dependerá del número y tipo de muestras, y de la dedicación en términos de horas de observación e identificación. Puede variar entre dos y seis horas.

Objetivos de aprendizaje

Se espera que los y las estudiantes sean capaces de :

Explicar, basándose en evidencias, que la clasificación de la diversidad de organismos se construye a través del tiempo sobre la base de criterios taxonómicos que permiten organizarlos en grupos y subgrupos, identificando sus relaciones de parentesco con ancestros comunes.

Habilidades de investigación

Observar y describir detalladamente las características de objetos, procesos y fenómenos.

Formular preguntas y/o problemas, a partir de conocimiento científico, que puedan ser resueltos mediante una investigación científica.

Conducir rigurosamente investigaciones científicas para obtener evidencias precisas y confiables con el apoyo de las TIC.

Organizar el trabajo colaborativo, asignando responsabilidades, comunicándose en forma efectiva y siguiendo normas de seguridad.

Organizar datos cuantitativos y/o cualitativos con precisión, fundamentando su confiabilidad, y presentarlos en tablas, gráficos, modelos u otras representaciones, con la ayuda de las TIC.

Actitudes científicas

Mostrar curiosidad, creatividad e interés por conocer y comprender los fenómenos del entorno natural y tecnológico, disfrutando del crecimiento intelectual que genera el conocimiento científico y valorando su importancia para el desarrollo de la sociedad.

Trabajar responsablemente en forma proactiva y colaborativa, considerando y respetando los variados aportes del equipo y manifestando disposición a entender los argumentos de otros en las soluciones a problemas científicos.

Esforzarse y perseverar en el trabajo personal entendiendo que los logros se obtienen solo después de un trabajo riguroso, y que los datos empíricamente confiables se obtienen si se trabaja con precisión y orden.

Manifestar una actitud de pensamiento crítico, buscando rigurosidad y replicabilidad de las evidencias para sustentar las respuestas, las soluciones o las hipótesis.

Indicadores de evaluación

Investigan ecosistemas de su entorno, considerando fauna, flora, factores abióticos y las características propias de su clasificación, de acuerdo a convenciones científicas o a la cosmovisión de pueblos originarios en Chile. Registran detalladamente observaciones y datos que describen las características de objetos, procesos y fenómenos.

Participan dentro de un grupo de trabajo colaborando con el desempeño de un rol asumido y/o asignado por el mismo o democráticamente por el grupo de trabajo.

Objetivo de la actividad

Se espera que los estudiantes sean capaces de:

Aplicar metodologías de identificación de especies y uso de claves taxonómicas para describir las principales especies que habitan en un ecosistema determinado.

Aplicar metodologías de investigación para caracterizar la flora y fauna terrestre presente en un ecosistema determinado.

Colectar y/o registrar la presencia de las principales especies de plantas y animales terrestres que habitan en un ecosistema determinado.

Indicadores de evaluación

Utilizan guías de campo y claves de identificación taxonómica para identificar especies a partir de muestras fotográficas, biológicas y datos en terreno. Describen la clasificación de organismos mediante la investigación de criterios taxonómicos usados en el tiempo (morfología, comportamiento, estructura molecular, entre otros).

Clasifican la biodiversidad a partir de observaciones e identifican la diversidad de organismos presentes en el entorno.

Diferencian criterios taxonómicos de los niveles de clasificación de los organismos (de reino a especie).

Introducción

Los principales productos que obtuvimos de nuestra salida a terreno son muestras biológicas (ej. insectos, plantas, restos de animales) y planillas de registro con datos de diversa índole. El trabajo que procede a nuestro muestreo en terreno corresponde a la etapa que denominaremos **análisis de datos**, etapa en la cual es fundamental un minucioso trabajo en laboratorio.

Identificación Taxonómica

En este momento de la investigación tenemos a disposición muestras biológicas que representan la riqueza de especies del sitio de estudio. Obtener el valor que representa la riqueza del ecosistema en estudio es relativamente fácil, solo contamos el número total de especies. Sin embargo, ¿Qué tan seguro estamos que las especies que contamos representan realmente una especie? Resolver esta interrogante requiere de técnicas usadas en estudios sistemáticos que implica el uso de **Claves Taxonómicas Dicotómicas**.

Aunque las etapas de un estudio sistemático dependen del problema que queremos resolver, existen pasos comunes a la mayoría de los estudios de esta naturaleza:

- 1) Búsqueda bibliográfica.
- 2) Obtención e identificación de especímenes de estudio.
- 3) Selección y registro de caracteres.
- 4) Análisis de los caracteres, interpretación de los resultados y adopción de decisiones taxonómicas.

Claves Taxonómicas Dicotómicas

Las claves taxonómicas dicotómicas son herramientas bibliográficas que nos permiten clasificar el material biológico del que disponemos. Es un método directo y fácil de utilizar, y se encuentran a disposición en textos y sitios especializados sobre taxonomía general y específica. Las más frecuentes son claves para órdenes y familias. Una clave dicotómica se basa en definiciones sobre caracteres morfológicos; en ella se señalan dos alternativas posibles (por ello se denominan dicotómicas), se elige una de ellas en función de si tienen o no tienen determinado carácter, repitiéndose el proceso de definiciones de características, hasta llegar al organismo en cuestión.

Una alternativa al uso de claves taxonómicas, son las guías de campo y catálogos digitales de flora y fauna. A continuación se señalan algunas fuentes bibliográficas virtuales que pueden utilizar para la identificación de especies.



Flora:

www.chileflora.com

www.chilebosque.cl

www.chlorischile.cl

(orquídeas de Chile)

www.biouls.cl/lfrayjorge/libro.html

(Historia Natural del Parque Nacional Fray Jorge)

www.biouls.cl/lrojo/

(Libro rojo de la flora nativa y de los sitios prioritarios para su conservación región de Antofagasta, Atacama y Coquimbo).

www.musgosdechile.cl/

(Musgos de Chile).

www.efloras.org/

(Colección de flores digitales).

www6.uc.cl/sw_educ/agronomia/herbario/plano/

(Herbario de la Pontificia Universidad Católica de Chile, incluye un herbario virtual de fácil uso).

www.sacha.org/

(Sistema de información botánica de los andes, incluye algunas especies de la flora costera del norte de Chile).

www.iucnredlist.org/

(Listado de especies amenazadas según la Unión Internacional para la conservación de la naturaleza).

Insectos:

www.insectos.cl

www7.uc.cl/sw_educ/agronomia/insectos/index.html

(Morfología e identificación de insectos, incluye una clave dicotómica virtual).

www.corma.cl/_file/material/insectos_chile_2012.pdf

(Guía de campo Insectos de Chile).

www.libros.uchile.cl/420

(Libro Insectos de Chile, formato digital).

Arácnidos:

www2.udec.cl/~aracnologia/

www2.udec.cl/~aracnologia/clave.html

Vertebrados terrestres:

www.aveschile.cl

www.avesdechile.cl

www.ceachile.cl/mamiferos/Mamiferos_de_Chile.pdf

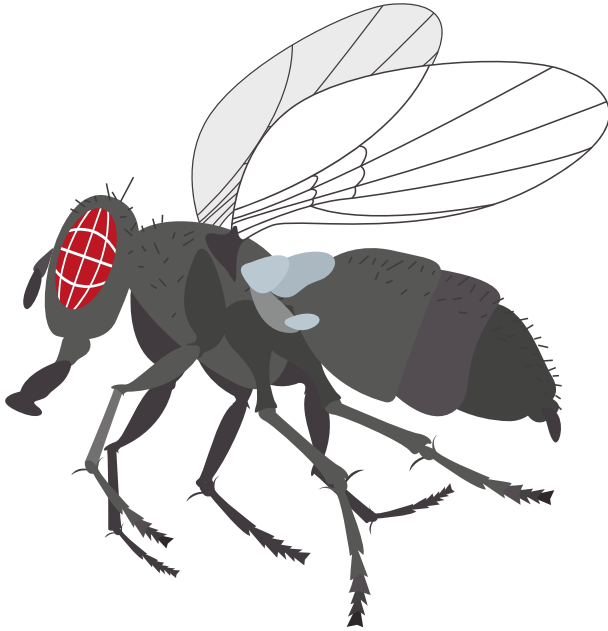
www.sag.cl/sites/default/files/guia_anfibios_reptiles_sag.pdf

En la página www.chilesilvestre.cl/documentos.htm pueden encontrar enlaces a una diversidad de libros y guías de campo especializados de aves, anfibios, reptiles y mamíferos de Chile, además de guías y libros sobre flora y artrópodos de Chile.

¿Cómo usar una clave taxonómica?

Para comenzar a utilizar claves para la identificación de especies es necesario identificar rasgos morfológicos característicos en cada individuo, y se debe discriminar constantemente entre dos alternativas y seguir los números que se indican.

Tomemos como ejemplo el siguiente organismo



- | | |
|------------------|----------|
| 1. Con alas..... | 2 |
| Sin alas..... | 3 |

Como el espécimen en cuestión tiene alas debemos seguir el número 2

- | | |
|---|--|
| 2. Con un par de alas, el segundo transformado en balancín, aparato bucal picador o chupador..... | |
|---|--|
- Díptera**

- | | |
|--|----------|
| Con dos pares de alas, aparato bucal masticador..... | 5 |
|--|----------|

El espécimen en cuestión posee dos pares de alas y un aparato bucal picador o chupador, y de acuerdo a la clave es una especie que corresponde al orden Diptera. ¿Fácil?.. ¡Apliquemos! Ahora, a trabajar utilizando claves o guías de campo para la identificación de las especies colectadas en terreno.

Sugerencia al profesor:

La clasificación de las especies colectadas o registradas resulta muchas veces un trabajo largo y tedioso, y que muchas veces requiere del apoyo de un experto. Si la tarea presenta muchas dificultades, es recomendable llegar solo al nivel taxonómico del cual podemos estar seguro que pertenece el organismo en cuestión. Para el caso de artrópodos el llegar al nivel de orden ya es una buena aproximación. Para los ejemplares difíciles de clasificar es recomendable no detenerse en esta etapa y designarles un nombre ficticio que lo caracterice, muchas veces se les designa como sp1, sp2, y así sucesivamente.

ACTIVIDAD 1: USO Y CONSTRUCCION DE CLAVES DICOTÓMICAS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES

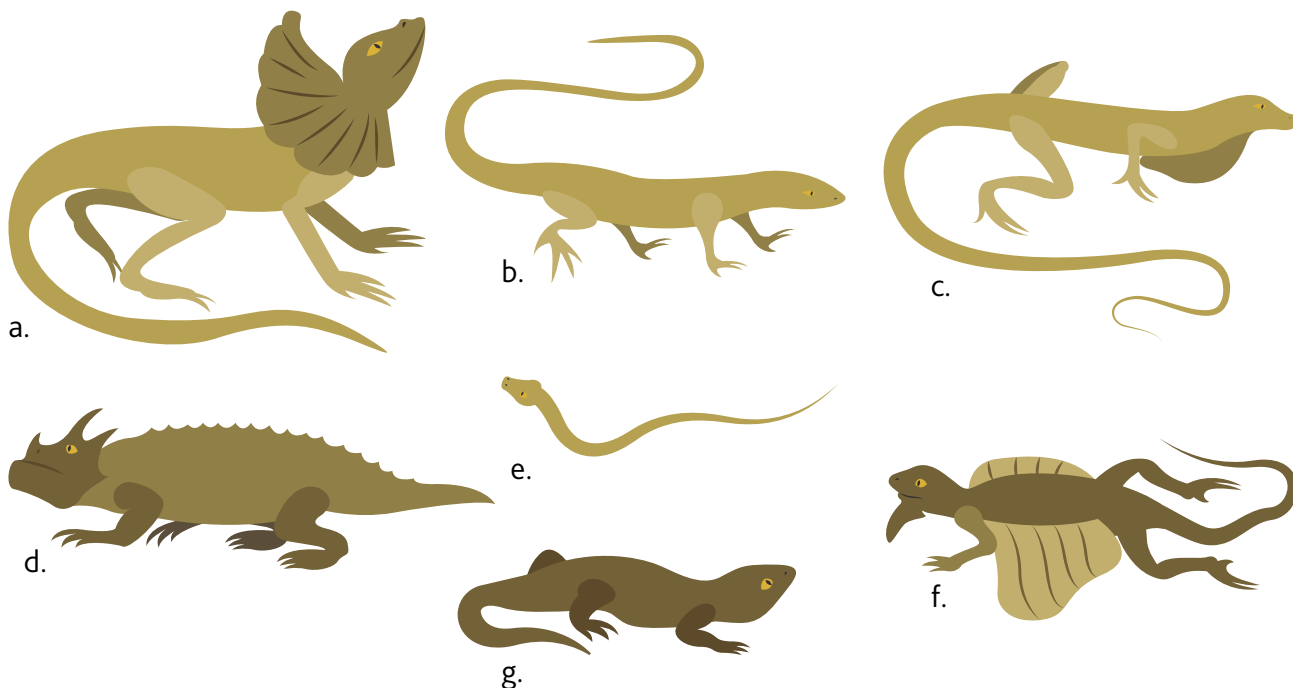
OBJETIVO DE LA ACTIVIDAD

Entender los principios básicos para utilizar claves de identificación taxonómica para el reconocimiento de especies, tomando como ejemplos claves para la identificación de reptiles e insectos.

Construir una clave dicotómica para figuras representativas de insectos hipotéticos.

Palabras clave: *taxonomía, claves dicotómicas, reptiles, insectos.*

1.- Observa la siguiente figura que representa a siete clases de reptiles



Define cuales son los caracteres más representativos de cada figura.

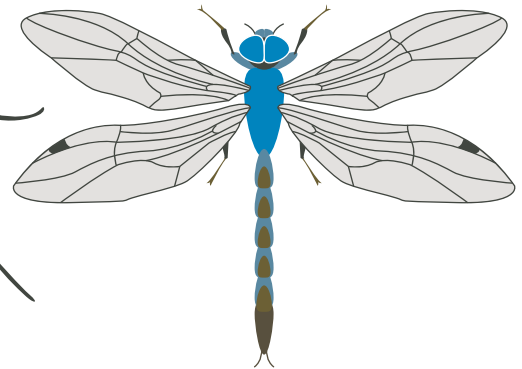
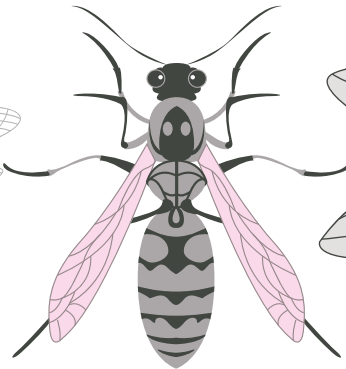
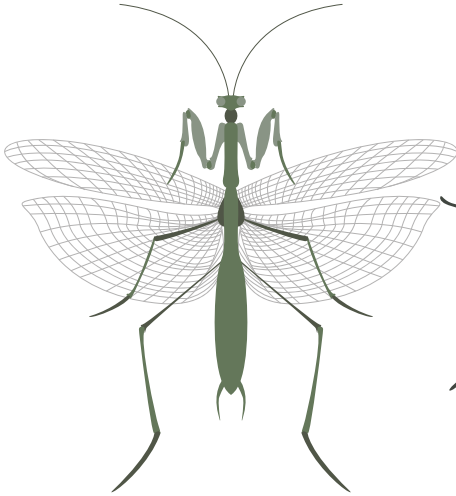
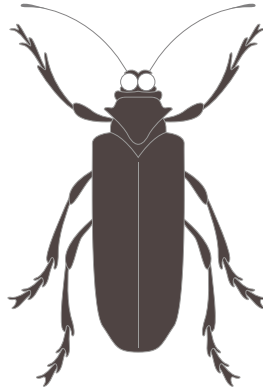
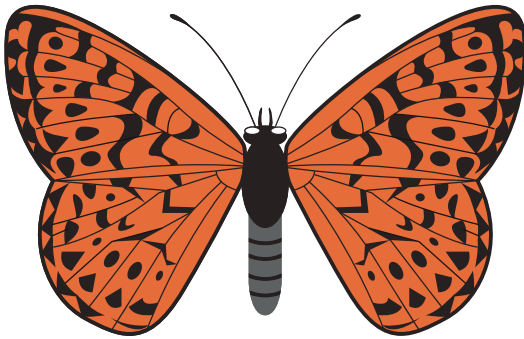
- a. _____
- b. _____
- c. _____
- d. _____
- e. _____
- f. _____
- g. _____

A continuación, determine los géneros de los reptiles ilustrados en la figura de arriba, mediante el uso de la siguiente clave:

- | | | |
|----|---|------------------------------|
| 1. | Sin extremidades | |
| 1' | Con extremidades | |
| 2. | Longitud de la cola menor que la longitud del cuerpo..... | 3 |
| 2' | Longitud de la cola mayor que la longitud del cuerpo..... | 4 |
| 3. | Cabeza con proyecciones semejantes a cuernos..... | <i>Phrynosoma</i> |
| 3' | Cabeza sin proyecciones semejantes a cuernos..... | <i>Sphenodon</i> |
| 4. | Cuerpo con expansiones membranosas..... | 5 |
| 4' | Cuerpo sin expansiones membranosas..... | <i>Lacerta</i> |
| 5. | Cuerpo con expansiones membranosas en el cuello..... | 6 |
| 5' | Cuerpo con expansiones membranosas en las costillas..... | <i>Draco</i> |
| 6. | Con expansiones gulares | <i>Anolis</i> |
| 6' | Con expansiones alrededor de todo el cuello..... | <i>Chlamidosaurus</i> |

2.- En el siguiente ejercicio se requiere del uso de una clave para la identificación de insectos, pueden trabajar con la clave publicada en www7.uc.cl/sw_educ/agronomia/insectos/index.html

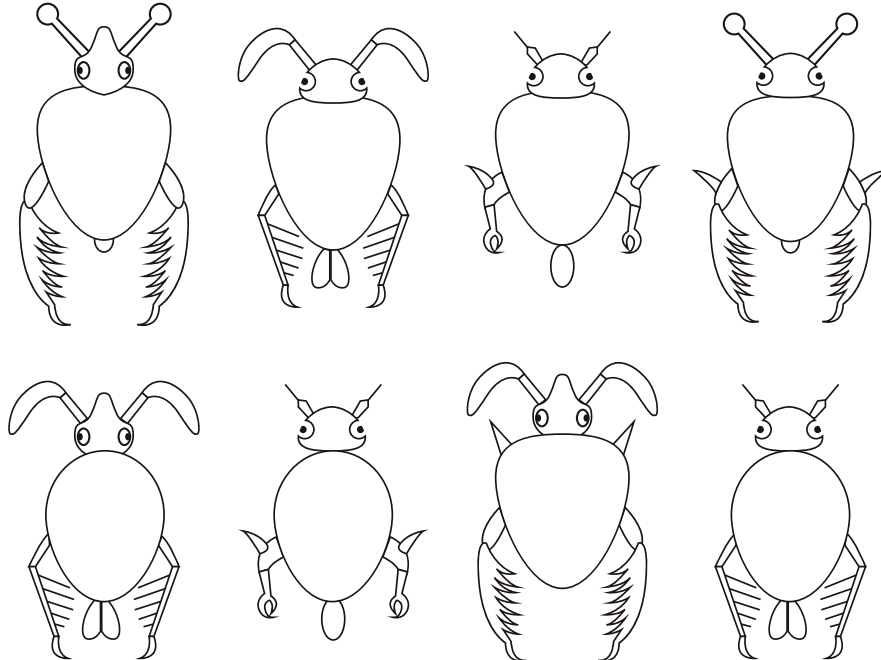
Observa las siguientes imágenes



3. Describe los caracteres distintivos de cada individuo y el orden al cual pertenecen.

Nº	Caracter Distintivo	Orden
1		
2		
3		
4		
5		

4. En base a las siguientes figuras hipotéticas de insectos diseñadas por Artigas (1979) construya una clave taxonómica que le permita clasificarlos.



ACTIVIDAD 2: IDENTIFICACION DE ESPECIES

Nivel: Primero Medio

Duración: Variable, dependerá del número de muestras y tiempo de dedicación asignada por el profesor, se sugiere una actividad de al menos 4 horas.

OBJETIVO DE LA ACTIVIDAD

Utilizar claves de identificación taxonómica para el reconocimiento de invertebrados terrestres, flora y fauna de vertebrados terrestres.

Palabras clave: *taxonomía, invertebrados, insectos, flora, vertebrados terrestres.*

Materiales

- Bandejas de plástico o placas de Petri.
- Pinzas.
- Alcohol al 70%.
- Etiquetas adhesivas.

Descripción

Dispones sobre la mesa o mesón de laboratorio el conjunto de muestras de invertebrados terrestres que fueron colectados en terreno. Para desarrollar esta parte de la investigación se deben realizar las siguientes acciones:

Separar las muestras: Al abrir y vaciar el contenido del frasco que almacenó tu colecta, te darás cuenta que fuiste capaz de coleccionar una diversidad de "bichos", entre ellos: arañas, moscas, escorpiones, escarabajos, varios. Una vez que tengas sobre una cápsula o bandeja el total de especies colectadas deberás separarlos, con ayuda de una pinza, de acuerdo a sus características generales.

Identificar: Si profundizas los motivos de tu separación inicial te darás cuenta que te fijaste detenidamente en características distintivas de los bichos. Este mismo procedimiento se utiliza para identificar los especímenes no identificados. Con ayuda de claves de identificación de órdenes de insectos y guías de campo para artrópodos (insectos y arácnidos principalmente) identifica los bichos que aparecieron en tus muestras. Sigue las instrucciones descritas al comienzo de esta guía.

Almacenar y etiquetar: Una vez identificado el insecto debes proceder a almacenarlo en frascos de vidrio o plástico con alcohol al 70%. Evita que queden residuos en el líquido. Posterior a ello, etiqueta el frasco usando el siguiente formato de etiqueta:

País: Chile	Provincia: Elqui
Localidad o sitio de estudio: Río Ovalle-Peñón	
Fecha: 2016-12-01	
Colector: Charles Darwin	Orden: Coleóptera
Características del ambiente:	

Registrar datos: Debes registrar los antecedentes que puedas extraer de las muestras colectadas. Puedes registrar algunos datos en la planilla de registro de datos para invertebrados que aparece en la Actividad 3 de la guía 3.

Identificación de Flora

Como producto de la colecta en terreno tienes muestras de plantas prensadas y esperando ser herborizadas. Para ello, debemos preparar, identificar y confeccionar las fichas de las muestras que exhibiremos en nuestro herbario.

Revisar las muestras: Abrir y revisar el estado de las plantas es fundamental durante el proceso de prensado. Para evitar que se humedezcan, ennegrezcan y se infecten con hongos, debes cambiar periódicamente el papel de diario, revisalas por lo menos dos veces a la semana y mantén la prensa en un lugar fresco y seco.

Identificar: Una de las tareas claves que debemos realizar es identificar que especies forman parte de nuestra colección. Puedes utilizar claves taxonómicas, pero debido a su complejidad utilizaremos guías de campo y listados de especies publicados en informes técnicos y manuscritos científicos relacionados al sitio de estudio. Te recomendamos utilizar guías de campo para flora (referencias descritas más arriba).

Etiquetar y montar el herbario: Una vez que identificaste la especie debes indicar en una etiqueta las características de las plantas que formaran parte de tu colección, sigue el formato de etiqueta descrita en la Guía 1.

Registrar datos: debes registrar los antecedentes que puedas extraer de las muestras colectadas, y registrarlos en una planilla de registro de datos para flora.

Identificación de Vertebrados Terrestres

Una de las actividades clave que desarrollaron en terreno fue la observación y registro de datos en campo de las especies de aves, reptiles y anfibios que se encontraron en el sitio de estudio. Las especies observadas pueden ser identificadas con las guías de campo que puedes encontrar en las páginas descritas arriba. Con los datos colectados y registrados en tu planilla de datos de campo, registra y complementa la planilla de datos para vertebrados terrestres.

Fecha observación	Orden	Familia	Género o Especie	N° Individuos	Estado de Conservación

GUIA 3: RIQUEZA, ABUNDANCIA Y DIVERSIDAD BIOLÓGICA

Curso: Primero medio

Duración: Variable, dependerá del tiempo disponible para el trabajo en terreno y de las metodologías que se aplicarán, puede ir desde dos a seis horas.

Objetivos de aprendizaje

Se espera que los y las estudiantes sean capaces de:

Eje temático

Investigar y explicar cómo se organizan e interactúan los seres vivos en diversos ecosistemas, a partir de ejemplos de Chile, considerando los niveles de organización de los seres vivos.

Habilidades de investigación

Observar y describir detalladamente las características de objetos, procesos y fenómenos del mundo natural y tecnológico, usando los sentidos.

Formular preguntas y/o problemas, a partir de conocimiento científico, que puedan ser resueltos mediante una investigación científica.

Formular y fundamentar hipótesis comprobables, basándose en conocimiento científico.

Planificar diversos diseños de investigaciones experimentales que den respuesta a una pregunta y/o problema sobre la base de diversas fuentes de información científica, considerando: 1) El uso adecuado de instrumentos y materiales para asegurar la obtención de datos confiables, 2) La manipulación de variables y sus relaciones, y 3) La explicación clara de procedimientos posibles de replicar.

Conducir rigurosamente investigaciones científicas para obtener evidencias precisas y confiables con el apoyo de las TIC.

Organizar el trabajo colaborativo, asignando responsabilidades, comunicándose en forma efectiva y siguiendo normas de seguridad.

Organizar datos cuantitativos y/o cualitativos con precisión, fundamentando su confiabilidad, y presentarlos en tablas, gráficos, modelos u otras representaciones, con la ayuda de las TIC.

Analizar y explicar los resultados de una investigación científica, para plantear inferencias y conclusiones:

- Comparando las relaciones, tendencias y patrones de las variables.
- Usando expresiones y operaciones matemáticas cuando sea pertinente.
- Utilizando vocabulario disciplinar pertinente.

Explicar y argumentar con evidencias provenientes de investigaciones científicas, en forma oral y escrita, incluyendo tablas, gráficos, modelos y TIC.

Actitudes científicas

Trabajar responsablemente en forma proactiva y colaborativa, considerando y respetando los variados aportes del equipo y manifestando disposición a entender los argumentos de otros en las soluciones a problemas científicos.

Esforzarse y perseverar en el trabajo personal entendiendo que los logros se obtienen solo después de un trabajo riguroso, y que los datos empíricamente confiables se obtienen si se trabaja con precisión y orden. Reconocer la importancia del entorno natural y sus recursos, y manifestar conductas de cuidado y uso eficiente de los recursos naturales y energéticos en favor del desarrollo sustentable y la protección del ambiente.

Indicadores de evaluación

Investigan ecosistemas de su entorno, considerando fauna, flora, factores abióticos y las características propias de su clasificación, de acuerdo a convenciones científicas o a la cosmovisión de pueblos originarios en Chile.

Explican la organización de la biodiversidad en sus distintos niveles como organismos, poblaciones y comunidades de especies que habitan el ecosistema en estudio en asociación con las condiciones climáticas de su ubicación mediante el uso de modelos.

Modelan cualitativamente interacciones biológicas, como depredación, competencia, comensalismo, mutualismo y parasitismo.

Sugerencia al profesor:

Las metodologías descritas pueden ser aplicadas en una salida a terreno en un sitio de estudio definido por el profesor, si su grupo es numeroso se sugiere dividirlos en grupos de 3 a 4 estudiantes. Para asegurar la rigurosidad y evitar errores durante el muestreo, se recomienda discutir las metodologías y acciones a realizar en terreno antes de la salida, definiendo claramente las funciones de cada integrante en el grupo.

INTRODUCCIÓN

La diversidad es un aspecto que conjuga dos aspectos: la abundancia de individuos y la riqueza de especies.

Riqueza

La riqueza (riqueza específica) se define como el número de especies registradas en una comunidad, es decir, el número de especies que coexisten en un tiempo y espacio determinados (Pavón et al., 2011). La riqueza es una aproximación muy utilizada para evaluar la biodiversidad de un sitio o hábitat, pues para calcularla no se necesita aplicar cálculos complejos.

La principal complejidad para evaluar la riqueza, se relaciona con el esfuerzo de muestreo (número de muestreos “terrenos” o réplicas). Mientras más muestreamos, más probabilidades tenemos de obtener valores altos de riqueza. Por ello, cuando tengamos como objetivo el comparar la riqueza de dos sitios distintos, debemos considerar que el esfuerzo de muestreo debe ser el mismo para ambos casos, para evitar sesgos en tal comparación.

Es poco probable que seamos capaces de realizar un censo completo de las especies presentes en un sector específico, en su lugar se realizan muestreos y se asume que la información recolectada es representativa de la comunidad que es objeto de estudio. Sin embargo, ¿qué tan representativo puede ser el número de especies que reportamos con nuestro esfuerzo de muestreo? La respuesta a esta pregunta se puede obtener calculando **estimadores de riqueza** y métodos como las funciones de **acumulación de especies**.

Un estimador es un modelo matemático que predice el número máximo de especies que potencialmente se podrían encontrar en una comunidad si continuáramos utilizando el mismo método de muestreo (Pavón et al., 2011). Asumen que todas las muestras son equivalentes e independientes. Entre los estimadores de riqueza más usados y simples que se utilizan en ecología, se encuentran los desarrollados por Chao (1984), basados en datos de la abundancia (número de individuos de cada especie en el conjunto de muestras) o basados en datos de incidencia (presencia o ausencia de las especies en las muestras) cuya principal ventaja es su sencillez (Escalante-Espinoza, 2003).

Una curva de acumulación de especies, es una representación gráfica del número total de especies acumuladas a lo largo de una medida de esfuerzo de muestreo. Las curvas de acumulación de especies grafican la tasa a la que nuevas especies se encuentran, más no la riqueza total.

Las curvas de acumulación permiten

- 1) dar fiabilidad a los inventarios biológicos y posibilitar su comparación.
- 2) una mejor planificación del trabajo de muestreo, tras estimar el esfuerzo requerido para conseguir inventarios confiables
- 3) extrapolar el número de especies observado en un inventario para estimar el total de especies que estarían presentes en la zona (Gotelli & Colwell, 2001).

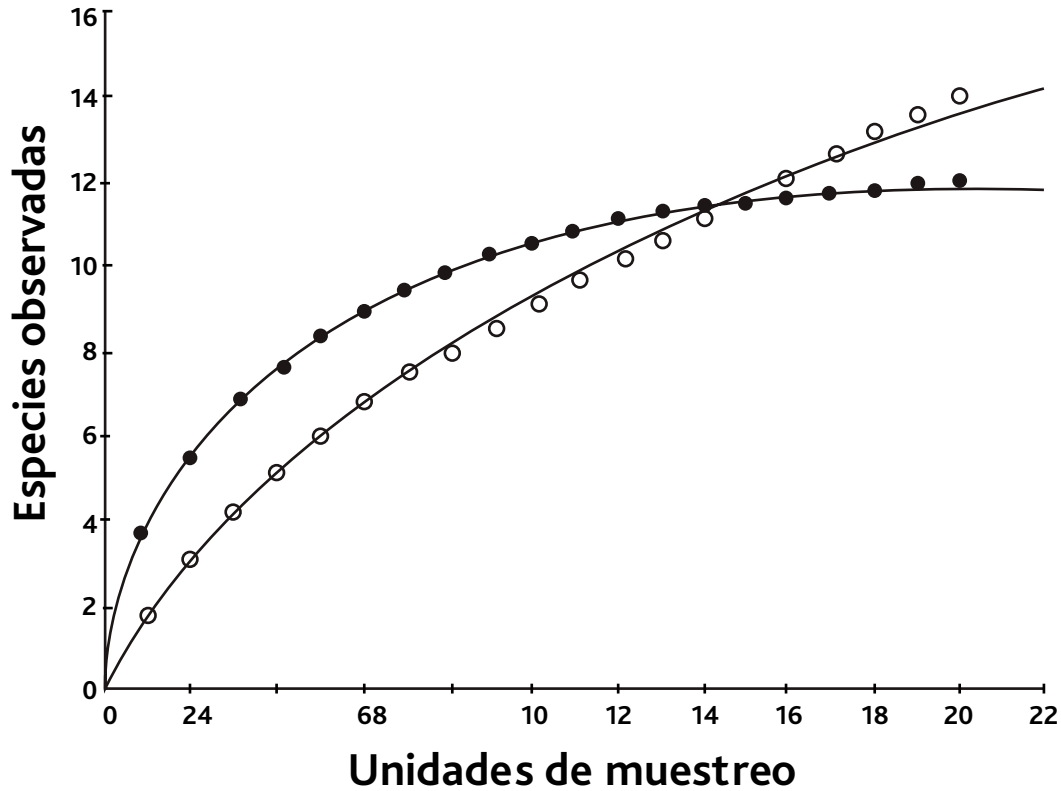


Figura 12. Ejemplo de dos curvas de acumulación de especies. En el eje X se grafica el esfuerzo de muestreo efectuado ("n" unidades de esfuerzo). El eje Y representa el número de especies encontradas para cada nivel de muestreo dado.

Abundancia

La abundancia se puede estimar de varias maneras, como la cantidad de biomasa o la cobertura que representa cada especie, pero la medida más común es el número de individuos.

Una manera de representar la abundancia es estimando el número de individuos presentes en una unidad de área, por ejemplo, si se contabilizó un total de 100 individuos de la especie 1 en un área de 100 m², se dice que la abundancia de la especie 1 es de 100 ind/100 m². Por el contrario, si la abundancia la expresamos en cobertura, se evalúa la superficie ocupada por una población en una unidad de área determinada.

Por ejemplo, si medimos la cobertura de todos los arbustos en un total de 100 m², y contabilizamos que la especie 1 ocupa un total de 45 m², podemos decir que el 45% de la cobertura total de arbustos se encuentra representada en un 45% por la especie 1.

Diversidad

La diversidad de un ecosistema puede abordarse desde distintas perspectivas: diversidad genética, diversidad de especies, comunidades y ecosistemas.

Cuando queremos evaluar la biodiversidad de un paisaje, notamos que se encuentra formado por más de una comunidad vegetal, las cuales se distribuyen en el territorio de acuerdo a ciertos parámetros ecológicos, uso del suelo por el humano u otros factores. En términos generales la diversidad biológica puede descomponerse en diversidad alfa, beta y gamma.

La diversidad alfa corresponde a la diversidad intrínseca de cada comunidad vegetal concreta del paisaje que se está evaluando.

Entre dos comunidades vegetales contiguas dentro del mismo paisaje, podemos encontrar especies distintas y muy probablemente especies comunes. La diversidad beta se define como la tasa de cambio en especies de dos comunidades vegetales adyacentes.

Finalmente la diversidad gamma integra ambos componentes: diversidad alfa y beta, y representa la diversidad intrínseca de un paisaje e incluye la diversidad de todas las comunidades que existen en el paisaje.

La diversidad alfa y beta son independientes. En un paisaje determinado los valores de la diversidad alfa pueden ser elevados, en cambio, los valores estimados para la diversidad beta pueden ser bajos, o al contrario.

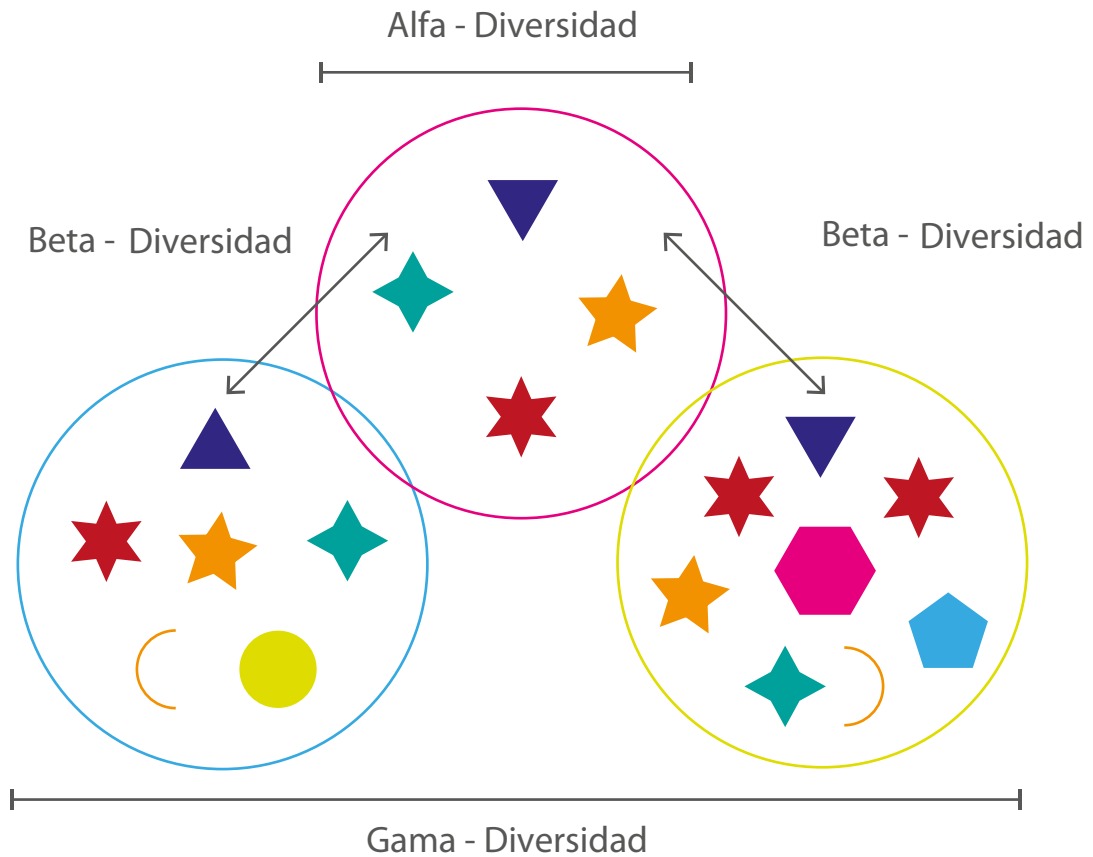


Figura 13. Representación gráfica de la diversidad alfa, beta y gamma en un paisaje hipotético

Para estimar la diversidad alfa, la manera más sencilla es a través de la riqueza de especies, sin embargo, esta medida no considera la uniformidad o equilibrio. Por ejemplo, en una comunidad dada, generalmente existen pocas especies con un alto grado de dominancia y muchas con una abundancia relativamente baja. Cuanto mayor sea la uniformidad de la comunidad, las especies descritas aparecen de forma más equilibrada en cuanto a su proporción. Entonces, una comunidad será más diversa si además de poseer un alto número de especies, además posee una alta uniformidad.

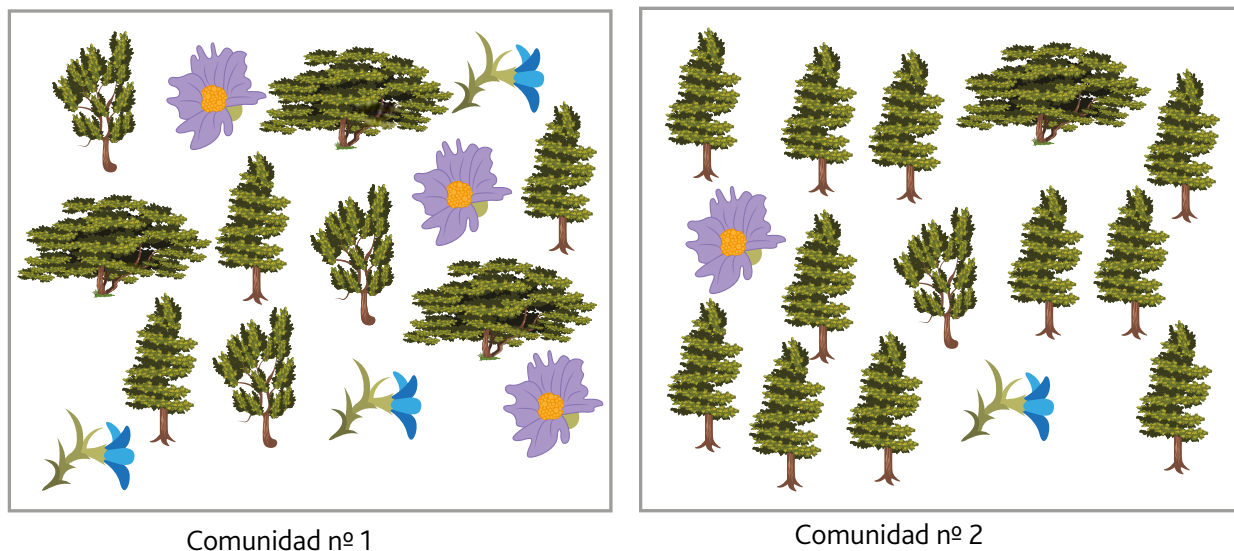


Figura 14. En el esquema, la comunidad 1 posee una uniformidad perfecta, ya que todas las especies aparecen igualmente representadas. En cambio la uniformidad de la comunidad 2 es baja, ya que una especie domina sobre las otras.

Como se mencionó anteriormente, la diversidad es una propiedad conjunta de dos aspectos: la **riqueza** y la **abundancia**, cuantificarla ha sido uno de los temas más debatidos en ecología de comunidades, y existe una variedad de medidas que han sido propuestas para este fin (Moreno, 2001). Tales medidas se denominan "*medidas de la complejidad en la composición de especies*", e incluyen índices de entropía y medidas de diversidad. Una de las más utilizadas es el índice de diversidad de Shannon. Este índice mide la incertidumbre que tendríamos al predecir a qué especie podría pertenecer un individuo seleccionado al azar dentro de una comunidad.

Si una comunidad tiene una especie muy dominante, a la cual pertenece el 90% de los individuos, podríamos tener un alto nivel de certidumbre (90% de probabilidad) de que un individuo seleccionado al azar pertenezca a dicha especie dominante. Por lo tanto, la incertidumbre sería muy baja, y eso se ha interpretado indicando que la comunidad tiene una baja diversidad. Por el contrario, si en una comunidad hay una gran equidad en la proporción de individuos, habrá una alta incertidumbre pues no podríamos predecir con seguridad a cuál especie podría pertenecer un individuo seleccionado al azar. Esta incertidumbre es "entropía", y se ha interpretado como "diversidad" de la comunidad (Pavón et al., 2011).

Sin embargo, estos índices han sido duramente criticados por varias razones que no son objeto de discusión de esta guía. Una alternativa a este tipo de índices tradicionales consiste en expresar la diversidad de especies en las comunidades usando medidas de "diversidad verdadera" (true diversity; Jost, 2006). Estas medidas pueden tener diferente orden según

el peso que dan a la abundancia proporcional de las especies. La diversidad de orden cero no considera de ninguna manera la abundancia, por lo que su valor es simplemente la riqueza de especies. Entre más alto sea el orden de una medida de diversidad verdadera más peso se dará a las especies dominantes y se tomarán cada vez menos en cuenta las especies raras (con baja abundancia).

El uso de medidas de diversidad verdadera tiene muchas ventajas, por ejemplo, tiene ciertas propiedades matemáticas que van de acorde con lo que los biólogos intuitivamente esperan en una medida de diversidad (Hill, 1973; Jost, 2006), además de que permite dividir la diversidad de una región (diversidad gamma) en dos componentes (diversidad alfa y diversidad beta) que sean matemáticamente independientes (Jost, 2007; Jost, 2010b; Baselga, 2010; Tuomisto, 2010). Estas cualidades no se cumplen con índices de entropía.

Pero una de las ventajas básicas de utilizar medidas de diversidad verdadera es que permiten comparar directamente la magnitud de los cambios que ocurren en la diversidad de dos o más comunidades. En un ejemplo hipotético, supongamos que un continente con 30 millones de especies igualmente comunes es azotado por una catástrofe que extingue a la mitad de las especies (Jost, 2007). Si esta pérdida de 15 millones de especies la evaluamos con el índice de Shannon, encontraríamos que la entropía sólo se reduce de 17.2 a 16.5 (sólo se pierde el 4% de la diversidad del continente). Por el contrario, usando medidas de diversidad verdadera sí detectaríamos un pérdida del 50% en la diversidad.

A continuación se presentan algunos de los índices más comunes y sencillos de calcular que se describen para estimar la diversidad alfa, beta y gamma dentro de una comunidad.

¿CÓMO ESTIMAMOS LA DIVERSIDAD ALFA?

Índice de diversidad de Shannon-Wiener

Para calcular este índice, necesitamos conocer la riqueza de especies y un indicador de abundancia (número de individuos por especie). Varía entre 0 (cuando hay una sola especie) y $\ln S$ (Logaritmo natural de S , S = riqueza).

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

Donde:

p_i : abundancia relativa de la especie i (abundancia especie i / suma total de abundancias de todas las especies).

La diversidad verdadera de orden uno se calcula de la siguiente manera:

$$D = \exp(H')$$

Donde:

H es el valor del índice de Shannon obtenido en la ecuación de arriba.

Índice de Simpson

Es una medida de abundancia en la cual las especies comunes tienen más peso respecto a las especies poco comunes o raras. En términos generales este índice expresa la probabilidad de extraer de la comunidad dos individuos al azar de la misma especie. Su valor oscila entre 0 (cuando hay solo una especie) y $1-1/S$.

$$\lambda = 1 - \sum_{i=1}^S p_i^2$$

Índice de Pielou

Este índice mide la uniformidad o equilibrio de un ecosistema, expresada como la diversidad observada respecto a la diversidad que se podría obtener en una comunidad con el mismo número de especies pero con una uniformidad máxima. Su valor oscila entre 0 y 1.

$$e = \frac{H'}{\ln S}$$

Donde:

H corresponde al índice de Shannon y S indica la riqueza de especies.

¿CÓMO ESTIMAMOS LA DIVERSIDAD BETA?

Para estimar la diversidad beta es necesario conocer el número de especies de cada comunidad. Una forma de estimar la diversidad beta es a través del análisis de la composición de especies a partir de coeficientes de similitud o disimilitud. Este último se emplea cuando solo consideramos la presencia o ausencia de especies y no sus proporciones. Uno de los índices más usados es el índice de similitud de Sorensen

$$\beta = \frac{2c}{S_1 + S_2}$$

Donde:

C: número de especies comunes de ambas comunidades

S_1 : número de especies de la comunidad 1

S_2 : número de especies de la comunidad 2



ACTIVIDAD 1: EVALUAR RIQUEZA, ABUNDANCIA Y DIVERSIDAD DE ESPECIES

Nivel: Primero medio

Duración: 2 horas

Objetivo de la actividad

Evaluar si el número de especies que se obtiene mediante un conjunto de muestras es representativo de la riqueza total de especies que hay en una comunidad ecológica.
Estimar índices de diversidad que permitan comparar la diversidad alfa y beta entre comunidades ecológicas ficticias.

Palabras clave: *riqueza, abundancia y diversidad de especies.*

Materiales

- 30 "especies" distintas fácilmente identificables y no contaminantes (una especie puede ser un tipo de semilla, un tipo de fideo o un tipo de arroz, etc.)
- Una bolsa de plástico para transportar las especies.
- Cuadrantes de 20 x 20 cm, se sugiere utilizar una pita o hilo con cuatro "estacas" (de fierro, madera, etc.)
- Huincha de medir.
- Calculadora científica.

Descripción

Previo a la actividad formar ocho grupos de trabajo con un máximo de cuatro estudiantes.
La actividad se realizará en el patio o en un ambiente lo más natural posible.
Cada grupo de trabajo se encargará de llevar y armar una lista de especies inventando un nombre para cada una.
Cada equipo se encargará de una comunidad distinta. Una comunidad estará representada por una bolsa de plástico grande que contenga el número total de individuos por especie que aparece descrito en la siguiente tabla. Mezclar bien los individuos dentro de la bolsa.

Tabla 3. Número de individuos de cada especie que integrarán la comunidad completa de los distintos equipos

Especie	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7	Grupo 8
1	19	15	21	23	0	3	2	0
2	19	15	21	23	1	3	2	0
3	19	15	21	23	2	3	2	1
4	19	15	21	23	3	3	2	2
5	19	15	21	23	5	3	2	3
6	19	15	21	23	6	3	2	4
7	19	15	21	23	8	18	2	5
8	19	15	21	23	10	18	2	6
9	19	15	21	23	11	18	2	7
10	19	15	21	23	13	18	2	8
11	19	15	21	23	15	18	2	9
12	19	15	21	23	17	18	2	10
13	19	15	21	23	18	18	2	11
14	19	15	21	23	20	18	2	12
15	19	15	21	23	22	18	2	13
16	19	15	21	23	23	18	39	14
17	19	15	21	23	25	18	39	15
18	19	15	21	23	27	18	39	16
19	19	15	21	30	28	18	17	17
20	19	15	21	32	39	44	18	0
21	19	15	21	34	39	61	21	1
22	19	15	23	35	39	61	20	1
23	19	15	23	37	39	61	21	1
24	19	15	23	39	30	61	120	1
25	15	0	0	0	0	0	0	0
26	15	0	0	0	0	0	0	0
27	15	0	0	0	0	0	0	0
28	15	0	0	0	0	0	0	0
29	15	0	0	0	0	0	0	0
30	15	0	0	0	0	0	0	0

Cada equipo debe definir y delimitar un área de estudio de 5 x 5 m. Dentro de cada cuadro, dispersar el total de cada comunidad (verter el contenido de las bolsas). Cada equipo deberá disponer 10 cuadrantes (cada cuadrante representa una muestra) dentro del área de estudio. El equipo deberá registrar cuantos individuos y de que especies son los que se registran en cada una de las diez muestras. Registrar los resultados en la siguiente ficha o planilla.

N°	Especie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total	p_i	$\ln p_i$	$p_i \times \ln p_i$
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															
21															
22															
23															
24															
25															
26															
27															
28															
29															
30															

Resolver

1.- Dibujar una curva de acumulación de especies y ver su comportamiento, ¿es una curva en crecimiento o se alcanza una asíntota? Recordar que en el eje x se representa el número de muestras y en el eje y el número de especies acumuladas:



2.- Calcular

Riqueza específica:

Índice de Shannon-Weinner:

Diversidad Verdadera:

Índice de Simpson:

Índice de Pielou:

Compartir los resultados de cada grupo y completar la siguiente tabla:

ÍNDICES

Grupo	Riqueza	Shannon Weinner	Diversidad Verdadera	Simpson

Responder

1. Al comparar las curvas de acumulación entre comunidades (grupos de trabajo) ¿Cuál es la comunidad de mayor riqueza?
2. Si comparamos los valores de riqueza que se observa en las curvas de acumulación con los valores reales que se describen en la tabla ¿Qué tan confiable puede ser el valor que estimamos al valor real? ¿Cómo podríamos mejorar esta aproximación a la realidad?
3. Si hay comunidades que tienen valores de riqueza iguales o muy similares ¿Por qué sus valores de diversidad cambian? ¿Cuánto cambia su diversidad?
4. Suponiendo que la comunidad muestreada por el equipo 1 corresponde a una zona evaluada justo antes de un disturbio, y que la comunidad muestreada por el equipo 7 es en la misma zona pero un tiempo después del disturbio. ¿Ha cambiado la diversidad ecológica?, ¿qué porcentaje de la diversidad se ha perdido a consecuencia del disturbio? Calcularlo usando como medida el índice de Shannon, y luego usando la diversidad verdadera. ¿Cuál de las dos medidas refleja mejor la realidad de acuerdo a los datos del muestreo?
5. ¿Cómo podría estimar la diversidad beta entre comunidades? Proponga un diseño de análisis.



ACTIVIDAD 2: EVALUAR LA ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN EN UNA COMUNIDAD ECOLÓGICA

Nivel: Primero medio

Duración: Variable, dependerá del tiempo disponible para el trabajo en terreno, y puede ir desde dos a seis horas, o lo que el profesor estime conveniente.

Objetivo de la actividad

Se espera que los estudiantes sean capaces de :

Aplicar metodologías de investigación en terreno para estimar la riqueza, abundancia y diversidad de especies.

Construir, con los resultados obtenidos, curvas de acumulación de especies para estimar la riqueza.

Estimar, a partir de los resultados obtenidos, la abundancia y diversidad de especies.

Identificar las interacciones observadas entre las poblaciones que habitan en el sitio de estudio.

Indicadores de evaluación

Calculan la riqueza e índices de abundancia y diversidad de especies.

Describen las principales poblaciones y comunidades de seres vivos presentes en el sitio de estudio.

Describen las principales interacciones observadas entre las poblaciones que habitan en el sitio de estudio.

Palabras clave: *riqueza, abundancia y diversidad de especies, vegetación y muestreo en terreno.*

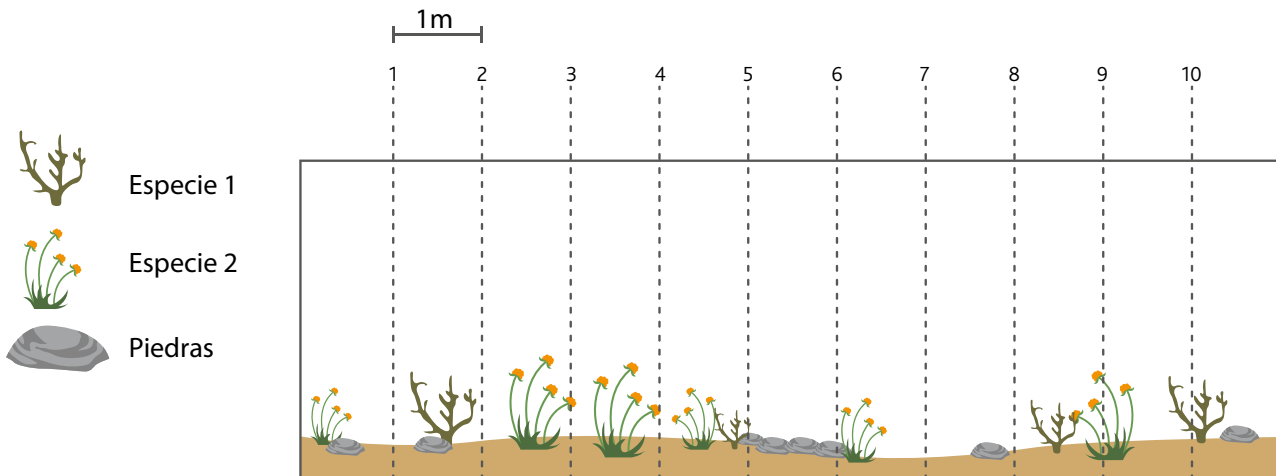
La siguiente actividad tiene como objetivo evaluar la estructura de la vegetación en un sitio de estudio determinado. Para ello seguir las recomendaciones metodológicas para el muestreo de la flora (Guía 1).

Estructura de la vegetación

La determinación de la abundancia y cobertura de la vegetación (estructura) se puede determinar utilizando la técnica de cuadrantes puntuales (Mueller-Dombois & Ellenberger, 1974; CONAMA 1994). Este método es bastante simple, y consiste en la evaluación de contactos en 100 puntos, espaciados regularmente dentro de un transecto definido, por lo general de 100 metros.

Descripción:

Utilizando una huincha o cordel de 50 m se distribuyen 100 cuadrantes puntuales a intervalos de 1 m. En cada cuadrante y perpendicularmente a la huincha, se baja una aguja metálica con su extremo aguzado registrando la presencia de las especies de plantas interceptadas por la proyección vertical de la aguja (contribución o frecuencia específica, FE) y el número de veces que ésta intercepte los individuos de cada especie (contribución específica de contacto o frecuencia específica de contacto, FEC). Si no se “toca” una especie vegetal se debe indicar el tipo de sustrato que se topa, como suelo desnudo, roca, piedra, bloques, grava o mantillo entre otros. Por ejemplo, si realizamos el siguiente transecto de 10 metros con un cuadrante cada un metro:



De la medición se obtiene que la superficie se encuentra representada por:

Suelo desnudo 30% (3 contactos), piedras 20% (2 contactos), cobertura especie 1 20% (2 contactos) y cobertura especie 2 30% (3 contactos). Estos resultados se obtienen de la FE.

De la vegetación o FEC obtenemos que en la especie 1 hay dos contactos y en la especie 2 nueve contactos, por lo que podemos inferir que la cobertura (o biomasa) de la especie 1 es de un 18% de la vegetación total registrada y de un 82% para la especie 2.

Para confeccionar una ficha de registro de cuadrantes puntuales se sugiere confeccionar una planilla de registro indicando los 100 puntos a muestrear en un transecto de 100 metros de largo, recordar que mientras más transectos se realicen tendremos una mayor aproximación a lo observado en la naturaleza.

Ejemplo abreviado de una planilla de registro para la metodología de cuadrantes puntuales, se ejemplifica solo con 10 puntos muestreados, considerando que representan los 100 puntos del transecto.

Especies											F.E		F.E.C		
	1	2	3	4	5	6	7	8	98	99	100	Nº	%	Nº	%
<i>Flourensia thurifera</i>	2	4	x	x	5	2	x	x	x	2	1	6	60	16	84,3
<i>Gutierrezia resinosa</i>	x	x	2	1	x	x	x	x	x	x	x	2	20	3	15,7
Sustrato															
Suelo desnudo	x	x	x	x	x	x	x	1	1	x	x	2	20		
												10	100	19	100

La frecuencia específica (FE) de una especie la podemos definir como el número de puntos donde una especie ha sido registrada a lo largo de un transecto lineal de 100 metros (o puntos). Con este dato podemos estimar la contribución específica por presencia de cada especie, siendo esta la relación que existe entre la FE de una especie, a la suma de las FE de todas las especies censadas. En nuestro ejemplo, *Flourensia thurifera* tienen una FE de 6, *Gutierrezia resinosa* de 2 y suelo desnudo de 2. La sumatoria de todos los puntos evaluados es de 10. Por lo tanto la contribución específica por presencia es:

$$F. thurifera: 6/10 \cdot 100 = 60\%$$

$$G. resinosa: 2/10 \cdot 100 = 20\%$$

$$\text{Suelo desnudo: } 2/10 \cdot 100 = 20\%$$

Los resultados se pueden interpretar indicando que en el sitio de estudio muestreado el 60% de la superficie censada está representada por la presencia de *F. thurifera*, un 20% por *G. resinosa* y un 20% de suelo desnudo.

La frecuencia específica de contacto (FEC) representa la relación del número de contactos de una especie a la suma de los contactos de todas las especies censadas en 100 puntos muestreados. Este valor puede ser considerado próximo a la biomasa.

En el ejemplo, los contactos para *F. thurifera* y *G. resinosa* es de 16 y 3 respectivamente. Por lo tanto,

$$F. thurifera: 16/19 \cdot 100 = 84,3\%$$

$$G. resinosa: 3/19 \cdot 100 = 15,7\%$$

Estos resultados nos pueden indicar que del total de la cobertura vegetal el 84,3% está representada por *F. thurifera*, y un 15,7% por *G. resinosa*.

Otra forma de evaluar la abundancia de herbáceas presentes en el ambiente, es utilizando cuadrantes de 1 x 1 m, los cuales se disponen aleatoriamente sobre el suelo. Se registra el número total de individuos por especie que se encuentre dentro del cuadrante. Es recomendable repetir los cuadrantes al menos unas 10 veces, y si nuestro objetivo es comparar la abundancia de herbáceas entre dos sitios distintos, el número de cuadrantes debe ser el mismo. Los resultados se expresan en número de individuos por metro cuadrado, siendo el resultado final el promedio del número de individuos de los diez cuadrantes.

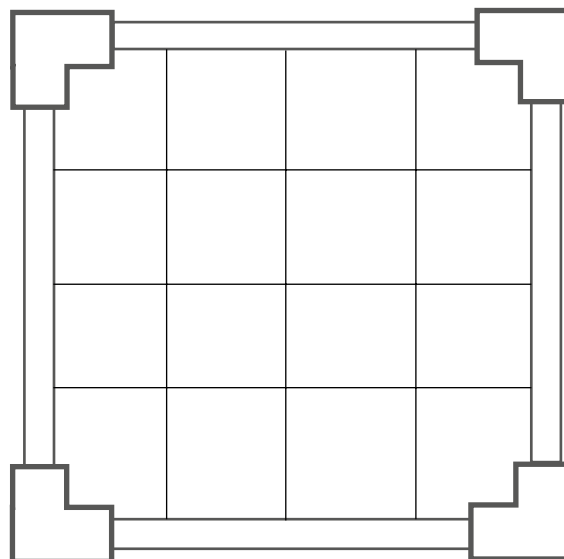


Figura 15. Ejemplo de un cuadrante de un metro cuadrado.

FICHA DE REGISTRO DE ESPECIES CUANDO SE UTILIZAN CUADRANTES

Número de individuos	Cuadrantes									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Especie										

Con los datos obtenidos podemos evaluar la riqueza, abundancia y diversidad de especies utilizando los índices de diversidad descritos más arriba.

Responder

1. ¿Cómo podría expresar la diversidad de la flora presente en el sitio de estudio? ¿Qué índices respaldan sus resultados?
2. ¿Cuáles son las especies que podríamos considerar dominantes en el sitio de estudio? ¿Qué indicador apoyaría nuestras interpretaciones y conclusiones?
3. ¿Qué factores ambientales crees que podrían estar influyendo en los resultados obtenidos?

4. ¿Cómo podrían interpretar los resultados de FE y FEC para cada especie? ¿Qué características presentan las especies que alcanzan los valores más altos para cada índice?

5. Los valores de sustrato que obtuvieron ¿Qué nos indica sobre el ambiente que estamos evaluando?

6. ¿Qué factores ambientales podrían influir en los valores de abundancia que obtuviste para las herbáceas evaluadas?

ACTIVIDAD 3: EVALUAR LA ABUNDANCIA Y DIVERSIDAD DE LA ARTROPOFAUNA

Nivel: Primero medio

Duración: Variable, dependerá del tiempo disponible para el trabajo en laboratorio, y puede ir desde dos a seis horas, o lo que el profesor estime conveniente.

Objetivo de la actividad

Evaluar la riqueza y estructura de la artropofauna en una comunidad ecológica.
Estimar índices de diversidad que permitan comparar la diversidad alfa y beta entre comunidades ecológicas.
Aplicar metodologías de muestreo que permitan estimar la riqueza, abundancia y diversidad de la artropofauna en una comunidad ecológica.

Palabras clave: *riqueza, abundancia y diversidad de especies, artropofauna y muestreo en terreno.*

La siguiente actividad tiene como objetivo evaluar la riqueza, abundancia y diversidad de artrópodos terrestres en un sitio de estudio determinado. Para ello seguir las recomendaciones metodológicas para el muestreo de artrópodos terrestres. (Guía 1).

EJEMPLO DE UNA FICHA DE REGISTRO PARA ARTRÓPODOS TERRESTRES ENCONTRADOS EN LAS TRAMPAS.

N° Trampa	Orden	Familia	Genero	Especie	N° individuos

Nota al docente:

La riqueza, abundancia y diversidad de vertebrados terrestres puede ser evaluada utilizando las metodologías descritas en la guía 1 y 3. Las preguntas a formular deben estar orientadas a explicar la relación entre las comunidades y su interacción con el ambiente abiótico, y las respuestas deben ser fundamentadas con los análisis de los censos y de los índices de diversidad. Puede tomar como referencia las preguntas formuladas al final de cada actividad para los grupos de flora y artropofauna.

Responder

1. ¿Cuál es la riqueza, abundancia y diversidad de especies de artrópodos presentes en el sitio de estudio? ¿Cuál cree usted que es la mejor forma de expresar los resultados?
2. ¿Cómo se relacionaría la riqueza y abundancia de artrópodos con las características del ambiente en el cual se instalaron las trampas?
3. ¿Qué características presentan las especies encontradas en cada uno de los ambientes censados?
4. ¿Cuáles son las especies más abundantes y menos abundantes? ¿Cómo explicarías estos resultados?

Sugerencia al profesor:

En la ficha aparecen representados los principales grupos de artrópodos colectados en cada trampa. Si no es capaz de identificar todas las especies, es suficiente con llegar al nivel taxonómico más bajo, incluso si solo mencionan el orden es válido.

Un dato fundamental al momento de interpretar los patrones de distribución de los artrópodos, es sobre las características del ambiente en el cual se instaló la trampa, a continuación se describe un formato de planilla de registro del ambiente en el cual se instalan las trampas.

FICHA DE TERRENO: MUESTREO DE ARTRÓPODOS TERRESTRES

Características de la estación de muestreo

Ubicación:

Cordillera alta: Pre-cordillera: Dunas: Bosque: Matorral:

Borde de río: Desembocadura: Quebrada: Ladera de cerro:

Otro: _____

Actividades próximas:

Pastoreo: Desechos mineros: Desechos industriales: Cultivos:

Planta de tratamiento de agua: Extracción de áridos:

Otros: _____

Tipo de vegetación:

Árboles: Arbustos: Herbáceas:

Estructura del paisaje:

Natural: Mitad natural y artificial: Artificial:

Observaciones del sitio de estudio:



ACTIVIDAD 4: INTERACCIONES ECOLÓGICAS

Nivel: Primero medio

Duración: 2 horas.

Objetivo de la actividad

Explicar las principales interacciones ecológicas que se observan en una comunidad ecológica.
Definir el concepto de especie clave relevando el valor que poseen dentro de un ecosistema.
Evaluar los efectos de la remoción hipotética de especies claves en un ecosistema.

Palabras clave: *interacciones ecológicas, especie clave, remoción.*

Introducción

Como definimos anteriormente, la biodiversidad o diversidad biológica puede definirse como toda la variedad o diversidad de formas de vida que habitan en un nivel ecológico determinado (ej. ecosistema, bioma o biosfera). Sin embargo, no podemos definir la biodiversidad solo como un listado de especies o utilizando un valor de índice específico, ya que las especies no se encuentran aisladas, sino que están ligadas y moldeadas por las interacciones ecológicas (Rico-Gray, 2005).

Las interacciones ecológicas son menos tangibles que las especies, sin embargo podemos encontrar evidencias que nos demuestren la relación de las especies dentro de una comunidad natural. Entre las principales interacciones que moldean la estructura ecológica dentro de un ecosistema se encuentran: depredación, competencia, comensalismo, mutualismo y parasitismo.

Diversos estudios demuestran la importancia de las interacciones interespecíficas al momento de explicar la diversidad biológica en los ecosistemas, y entre ellas, las interacciones planta-planta y planta-animal son las de principal interés. Por ejemplo, la herbivoría (depredación) es determinante en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas, ya que los herbívoros son poderosos consumidores primarios que influyen sobre la biomasa de los productores, e indirectamente sobre la disponibilidad de hábitat para otras especies que utilizan a las especies consumidas como refugio o sitios de reproducción.

¿Cómo evidenciar las interacciones ecológicas?

Las evidencias para determinar la relación que existen entre las especies que forman parte de un ecosistema o sitio de estudio determinado, se basan principalmente en la observación de campo y análisis experimental de

hábitos y dieta. Por ejemplo, si queremos evaluar la interacción planta-animal, debemos buscar evidencias en hojas, frutos, semillas que nos demuestren que son consumidas por ciertos herbívoros, o simplemente registrar los eventos de depredación que vemos en el terreno (ej. registrar la presencia de un herbívoro consumiendo una planta determinada).

Otra forma de evidenciar la herbivoría es a través de los análisis de dieta. Ejemplo, si en terreno colectamos fecas de animales herbívoros, podemos analizar en el laboratorio la presencia de restos de las hojas, flores o semillas consumidas por el animal. Sin embargo, estas técnicas son un poco complejas y requieren de un trabajo metódico y prolongado.

¿Cómo podemos definir el nivel de importancia de cada especie dentro de un ecosistema?

En función del rol que cumple una especie dentro de un ecosistema, se ha definido un cierto nivel de importancia para cada especie, asignándoles un valor de acuerdo al nivel de influencia en los atributos de la composición, estructura o funcionamiento de un ecosistema (Ministerio del Medio Ambiente, 2015).

De acuerdo a este nivel de importancia se definen las estrategias de conservación y las estrategias de uso y manejo de las poblaciones. La siguiente definición para las especies "relevantes" dentro de un ecosistema fue tomada de la "Guía para la descripción del área de influencia" publicada por el Ministerio de Medio Ambiente.

Especie dominante: en el caso de flora, son las especies que cubren la mayor superficie de suelo y en el caso de fauna son las que presentan un mayor número de individuos a nivel de población.

Especie paraguá: es aquella que necesita grandes extensiones de hábitat y que al protegerla se protege a su vez muchas otras especies.

Especie carismática: es aquella de interés popular, que sirve como símbolo y estimula la conciencia pública hacia la importancia de conservar la biodiversidad y puede llegar a liderar una campaña de conservación.

Especie clave: es aquella que ejerce una influencia directa y desproporcionadamente grande sobre los otros miembros de la comunidad. La pérdida o degradación de una especie clave puede provocar cambios importantes en otras poblaciones de especies y modificar sensiblemente el ecosistema, cambiando su esencia, convirtiéndolo en uno distinto.

Las especies claves pueden cumplir diversas funciones en el o los ecosistemas. Su condición de especie clave puede estar asociada al ejercicio de un rol estructurante (modificador o ingeniero del ecosistema), en la cadena trófica (como predador o presa, como planta), de enlace o intermediario entre especies, u otros roles relevantes. Una especie dominante no necesariamente es una especie clave. A mayor riqueza de especies en un ecosistema más complejo es determinar las especies claves.

Es posible que sólo se pueda reconocer alguna especie clave en la estructuración de la biota del ecosistema o que tiene un rol importante en la trama trófica por ser predatora tope. En el caso de ecosistemas complejos y con alta diversidad de especies se requieren estudios de largo plazo y manipulativos para determinar las especies claves.

Descripción

La actividad propuesta se fundamenta en el registro de especies realizado previamente, puedes utilizar los datos de las planillas para flora, invertebrados y vertebrados terrestres de las actividades previas. Es necesario que los datos de estado de conservación y formas de vida se encuentren descritas para cada especie.

De acuerdo a la siguiente tabla que indica la categoría de ciertas especies claves y su impacto de remoción del ecosistema (Mills et al, 1993).

Categoría de especie clave	Impacto de su remoción del ecosistema
Predador	Cumple un rol regulador de la trama trófica. Su remoción o afectación puede producir un incremento de uno o varios predadores, consumidores o competidores, el que posteriormente elimina varias especies presa/competidores
Presa	Cumple un rol fundamental y sostenedor en la base de la trama trófica. Su remoción puede provocar el colapso poblacional de sus consumidores.
Planta	Procesos ecosistémicos. Su remoción puede afectar a fauna dependiente de las plantas, incluyendo posibles polinizadores y dispersores de semillas, amenazando la continuidad del ecosistema en su forma natural.
Enlace o Intermediario	Algunos animales poseen relaciones mutualistas con plantas de carácter crítico para la sobrevivencia de estas últimas (p.e.), Polinizadores, dispersores de semillas, entre otras. La afectación de estas especies puede disminuir la tasa de reproducción y reduccion de ciertas especies de plantas, posibilitando su desaparición.
Modificador o ingeniero	Las actividades de ciertas especies afectan significativamente las características del hábitat, sin la necesidad de generar efectos directos en la cadena trófica de otras especies. En este caso, si las condiciones del hábitat son cruciales para la sobrevivencia de las especies, el modificador o especie ingeniera es una especie clave para el ecosistema. Su afectación puede provocar, por ejemplo, pérdida de estructuras y materiales que afectan el tipo de hábitat, el flujo de energía y la desaparición de especies dependientes de sucesión de hábitats y recursos.

Resuelve

1. Clasifica las especies colectadas o identificadas dentro de una de las categorías de especie clave descritas en la tabla.
2. Arma una trama trófica indicando el rol de cada una de las especies colectadas.
3. Discute el efecto que podría causar la remoción hipotética de cada una de las especies que describiste.
4. Imagina que en el sitio de estudio que describiste se instalará un megaproyecto que augura un gran nivel de impacto sobre el ecosistema ¿Cómo fundamentarías las estrategias de conservación para ciertas especies?
5. ¿Cuál (es) serían, según tus análisis y descripciones las especies clave más importantes para el ecosistema descrito?



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adúriz-Bravo, A., Izquierdo, M., y Estany, A. 2001. A characterization of practical proposals to teach the philosophy of science to prospective science teachers. *Science and technology education: preparing future citizens*, 1: 37-47.
- Artigas, J. N. 1979. Confiabilidad de los métodos: Sistemática alfa y Taxonomía Numérica. *Acta Zoológica Lilloana*, 34: 179- 187.
- Baselga, A. 2010. Multiplicative partition of true diversity yields independent alpha and beta components; additive partition does not. *Ecology*, 91: 1974–1981.
- Bibby C., Burgess, N., Hill, D., y Mustoe, S. 2000. *Bird Census Techniques*, Segunda edición, Academic Press, London.
- Cámara Chilena de la Construcción. 2008. *Viaje al desierto de Atacama* Rodolfo Amando Philippi. Biblioteca Fundamentos de la Construcción de Chile. Santiago, Chile.
- Cortez-Echeverría, J., y Pastén-Marambio, V. 2016. *Guía de Aves Húmedales Costeros*. La Serena, Chile: Centro de Estudios en Zonas Áridas CEAZA.
- Dávila, G. 2006. El razonamiento inductivo y deductivo dentro del proceso investigativo en ciencias experimentales y sociales. *Laurus*, 12: 180-205.
- Durán, E., Galicia, L., Pérez, E., y Zambrano, L. 2002. El paisaje en Ecología. *Ciencias*, 67: 44-50.
- Escalante-Espinoza, T. 2003. ¿Cuántas especies hay? Los estimadores no paramétricos de Chao. *Elementos*, 52: 53–56.
- Giordan, A. 1985. *La enseñanza de las ciencias, Siglo XXI*, Madrid, España.
- Gotelli, N.J. y Colwell, R.K. 2001. Quantifying Biodiversity: Procedures and Pitfalls in the Measurement and Comparison of Species Richness. *Ecology Letters*, 4: 379-391.
- Gotelli, N.J. y Ellison, A. 2004. *A primer of Ecological Statistics*. Sinauer Associates, Inc. Publishers Sunderland, Massachusetts U.S.A.
- Harlen, W. 2010. *Principios y grandes ideas de la educación en ciencias*. Association for Science Education College Lane, Hatfield, Herts, Gran Bretaña.
- Hill, M.O. 1973. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology*, 54: 427-432.
- Jerez, V., Zúñiga-Reinoso, A., Muñoz-Escobar, C., y Pizarro-Araya, J. 2015. Acciones y avances sobre la conservación de insectos en Chile. *Gayana*, 79(1): 1-3.
- Jost, L. 2006. Entropy and diversity. *Oikos*, 113: 363-375.
- Jost, L. 2007. Partitioning diversity into independent alpha and beta components. *Ecology*, 88: 2427-2439.
- Jost, L. 2010. Independence of alpha and beta diversities. *Ecology*, 91: 1969–1974.

- Marone, L. y Bunge, M. 1998. La explicación en ecología. Boletín de la Asociación Argentina de Ecología, 7: 35-37.
- Márquez, C. y Roca, M. 2004. Plantear preguntas: un punto de partida para aprender ciencias. Revista Educación y Pedagogía, 45: 63-71.
- Mills L., Soulé M. y Doak D. 1993. The keystone species concept in ecology and conservation. Bioscience, 43(4): 219-224.
- MINEDUC. 2016. Programa de Estudio Primero Medio. Santiago, Chile: Ministerio de Educación.
- Ministerio del Medio Ambiente. 2014. Quinto informe Nacional de Biodiversidad de Chile. Santiago, Chile: Ministerio del Medio Ambiente.
- Moreno, C.E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza, España.
- Mueller-Dombois, D. y H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley, Nueva York. 547 p.
- Noss, R. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. Conservation Biology, 4: 355-364.
- Pavón, M., Sánchez, G., Ramírez, B., Moreno, C., Rojas, A., Zuria, I., Ballesteros, C., Castellanos, I., y León, R. 2011. Prácticas de ecología: poblaciones, interacciones y comunidades. Editorial Universitaria, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca, México.
- Quintanilla, M. 2006. Identificación, caracterización y evaluación de competencias científicas desde una imagen naturalizada de la ciencia. Enseñar ciencias en el nuevo milenio. Retos y propuestas. Ediciones Universidad Católica de Chile, Cap. 1: 17-42.
- Rico-Gray, V. 2005. Las interacciones ecológicas y su relación con la conservación de la biodiversidad. Cuadernos de Biodiversidad: 3-8.
- Tuomisto, H. 2010. A diversity of beta diversities: straightening up a concept gone awry. Part 1. Defining beta diversity as a function of alpha and gamma diversity. Ecography, 33: 2-22.
- Wiens, J.A. 1989. The Ecology of Bird Communities. Volume 1. Foundations and Patterns. Cambridge University Press. Cambridge.





explora
Un Programa CONICYT

PAREXPLORA
COQUIMBO
PROYECTO ASOCIATIVO REGIONAL



La presente guía es una recopilación de metodologías utilizadas por los ecólogos, y pretende entregar un mapa conceptual inicial para aquellos profesores que se motiven y aventuren a desarrollar proyectos en dicha área junto a sus estudiantes. En ella se presenta una base teórica básica para comenzar a idear una investigación escolar, y continúa con la descripción de metodologías de colecta y registro de datos en terreno y laboratorio. La guía no incentiva la colecta de especies, sino más bien, propone la creación de colecciones de referencia con fines pedagógicos y de divulgación científica, así los equipos escolares además de aprender ecología, pueden construir sus propios relatos sobre la historia natural de sus escuelas y del ambiente del cual forman parte.

