

GUIA DIGITAL PARA DOCENTES Y ESCOLARES

# Aprendiendo a Restaurar Ecosistemas



Proyecto EXPLORA-CONICYT de valoración y divulgación de la ciencia y la tecnología:  
"Restaurando caminos para la conservación biológica en Tierra del Fuego"

Fiorella Repetto-Giavelli, Wara Marcelo & Ernesto Teneb



Programa  
EXPLORA CONICYT



w w w . k a r u k i n k a n a t u r a l . c l



#### Cómo citar este trabajo:

Repetto-Giavelli F, Marcelo W & Teneb E (2012) Aprendiendo a Restaurar Ecosistemas. Guía para docentes y escolares. WCS-Chile & Explora-Conicyt. Proyecto ED15-036. 78 pp.



Wildlife Conservation Society promueve la conservación de la vida silvestre y paisajes naturales alrededor del mundo, usando ciencia, conservación global, educación y la gestión del sistema de parques urbanos de vida silvestre más grande del mundo, liderado por su principal parque: el Zoológico del Bronx, en New York. En Chile, administra Karukinka, una reserva global de biodiversidad. Juntas, estas actividades cambian actitudes hacia la naturaleza y ayudan a las personas a imaginar a los humanos y la vida silvestre viviendo en armonía.

WCS está comprometida con esta misión porque es esencial para la integridad de la vida en la Tierra.

[www.wcs.org](http://www.wcs.org); [www.karukinkanatural.cl](http://www.karukinkanatural.cl)

## La Guía de la guía

Este libro fue elaborado en el marco del Proyecto: Restaurando caminos para la conservación biológica en Tierra del Fuego, financiado por el Programa Explora de CONICYT, y tiene por objetivo ser un elemento guía para ustedes: profesores y estudiantes, que quieran saber más sobre "Restauración Ecológica", siguiendo una metodología científica. Esta Guía es en sí misma una herramienta que puede ser usada en la sala de clases, pues contiene los conceptos, métodos y experimentos educativos que los apoyan a ustedes los docentes, y los alientan a ustedes los estudiantes a meter las manos en la restauración ecológica, juntos, de manera integrada y cooperativa.

La Guía, está organizada como sigue:

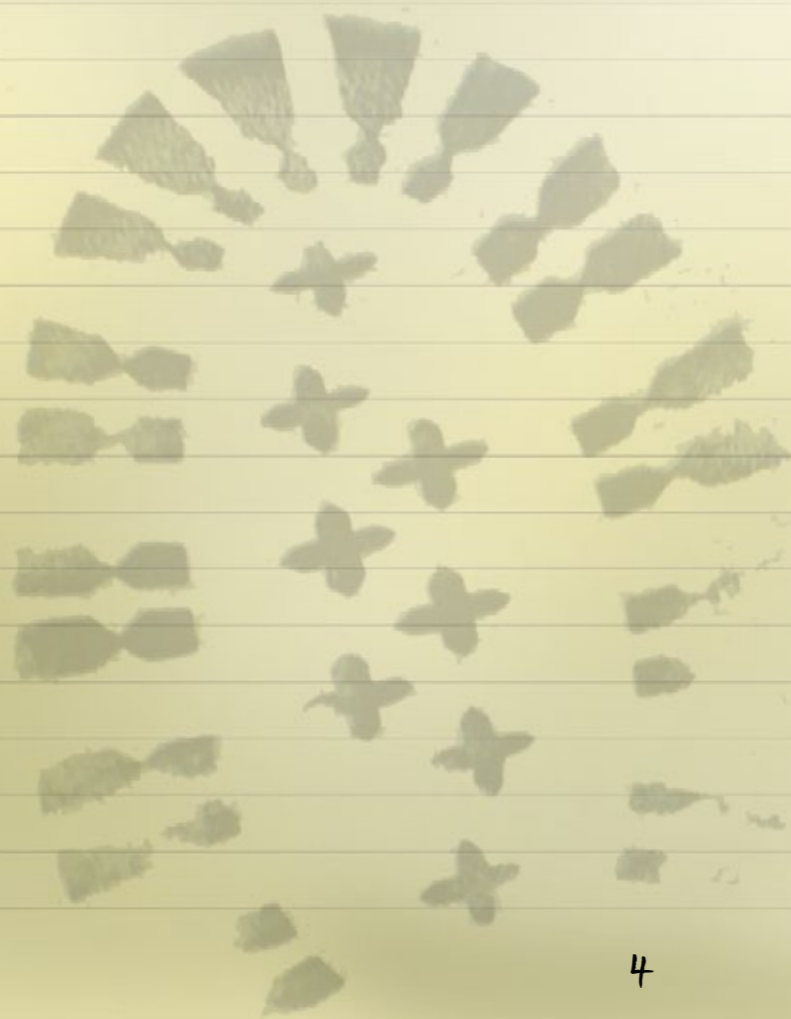
- **Capítulo 1.** Introducción: Aprendiendo a Restaurar Ecosistemas
- **Capítulo 2.** Indagación Científica: Practicando el Ciclo de Indagación
- **Capítulo 3.** Bases y conceptos de la Restauración Ecológica: una herramienta para la recuperación de ecosistemas degradados
- **Capítulo 4.** Introducción a la Botánica
- **Capítulo 5.** Reproducción de Especies Vegetales Nativas
- **Capítulo 6.** Experiencia Proyecto EXPLORA-CONICYT "Restaurando caminos para la conservación biológica en Tierra del Fuego"

Como es la ciencia, encontrarán algunas palabras que quizás nunca han escuchado o leído, o quizás solo tengan una vaga idea de su definición, pero no hay que preocuparse! Todas estas palabras significan cosas sencillas, y nosotros los iremos ayudando a descifrar su lenguaje en cada capítulo. Para ello deben poner atención a las palabras **subrayadas y en negro** que están en cada capítulo, pues éstas tendrán su definición muy cerca, muchas veces como un post it!. También hay que estar atento a las palabras **remarcadas en negro** ya que estos son conceptos importantes que todos debemos aprender.

A lo largo de la Guía hay diferentes ejercicios de indagación para que los desarrollen de manera conjunta, profesores y estudiantes. Y se pueden aplicar ya sea en la sala de clases, en un laboratorio y mucho mejor en un patio o parque. ¡Por lo cual aquí hay una buena excusa para salir de la sala!. Hay varias preguntas que les haremos en este camino, y sus respuestas están en la parte final de la Guía. ¡No hagan trampa y mírenlas al finalizar la actividad!

Y ahora, ¡¡los invitamos a disfrutar de este producto Explora-CONICYT!! ¡Y les deseamos que puedan comenzar a amar la restauración ecológica, tal como lo hacemos nosotros! Y que puedan ver su utilidad para la vida de todos!.

Disfrútenlo ;)



Capítulo I:  
Introducción:  
Aprendiendo a Restaurar  
Ecosistemas

Autoras: Marcela Bustamante, Bárbara Saavedra & Fiorella Repetto-Giavelli.







**Ecosistema degradado:**

Sistema ecológico que ha sufrido pérdida de sus cualidades originales, sean estructurales o funcionales, lo que amenaza su persistencia en el tiempo.



*Sucesión ecológica: conjunto de cambios físicos y biológicos que ocurren en un ecosistema en forma natural, como parte su evolución hacia sistemas más complejos. La idea de sucesión alude al hecho del recambio de especies durante la historia del proceso*

La **Restauración Ecológica** es una actividad que se realiza activamente y que busca iniciar o acelerar la recuperación de un **ecosistema degradado**.

Los ecosistemas que requieren restauración son aquellos que han sido degradados, dañados o transformados a otros tipos de ecosistemas, o cuando éstos han sido totalmente destruidos. Muchas actividades humanas tienen impacto negativo sobre los ecosistemas, como por ejemplo la construcción de infraestructura como caminos, antenas o ductos, la operación de industrias como la minera, ganadera o forestal. Todas ellas son comunes en Chile y las puedes ver cerca de tus propias casas o escuelas. La restauración puede ser necesaria también luego de perturbaciones o catástrofes naturales, como erupciones volcánicas, maremotos, caída masiva de árboles por efecto del viento, derrumbes, inundaciones o tormentas, entre muchas otras.

Un ecosistema puede verse afectado por un evento que ocurre solo una vez, pero que lo cambia significativamente, como por ejemplo el derrame de petróleo, o un incendio. O puede resultar destruido por eventos que ocurren más de una vez, o incluso ser continuos en el tiempo, como es el caso del pastoreo no regulado de ganado, o si se descargan contaminantes a las aguas de un río de manera permanente. A su vez, la degradación de un ecosistema puede tener una única causa (tal como un incendio o tala) o múltiples causas, si varias causas diferentes actúan al mismo tiempo o en forma sucesiva (como incendios, tala e introducción de especies exóticas, por ejemplo).

La restauración ecológica es necesaria en los casos en que el ecosistema no es capaz de recuperarse naturalmente, y su meta u objetivo final es "llevar" el ecosistema dañado a un estado lo más parecido posible a lo que se encontraba antes de que ocurriera la alteración. Frente a esto, lo primero que necesitamos entonces es conocer las condiciones históricas del ecosistema (o sea, las condiciones anteriores a la perturbación), pues esto nos entregará un punto de referencia (o una meta) que guiará el diseño de la restauración.

La restauración ecológica tiene varios objetivos fundamentales, incluyendo: detener las causas que originaron la degradación, recuperar la vegetación nativa de los ecosistemas, facilitar el proceso de **sucesión ecológica** - estimulando la regeneración natural y promover acciones de auto-recuperación que permitan al ecosistema sostener su recuperación en el tiempo.

Una de las causas importantes de perturbación en ecosistemas naturales es la construcción de caminos, especialmente en áreas de protección, como parques nacionales o reservas. Los caminos son necesarios sin embargo, para poder acceder a estas zonas y realizar tareas de investigación, educación o manejo de esas áreas. Al mismo tiempo, los caminos permiten el acceso de turistas, permitiéndoles admirar paisajes y biodiversidad de valor y belleza.

La construcción de caminos se asocia fuertemente a procesos erosivos, debido a la necesaria remoción de la vegetación y la sobreexposición de los suelos por las aberturas realizadas en el terreno (**taludes**), por la extracción de material en amplias



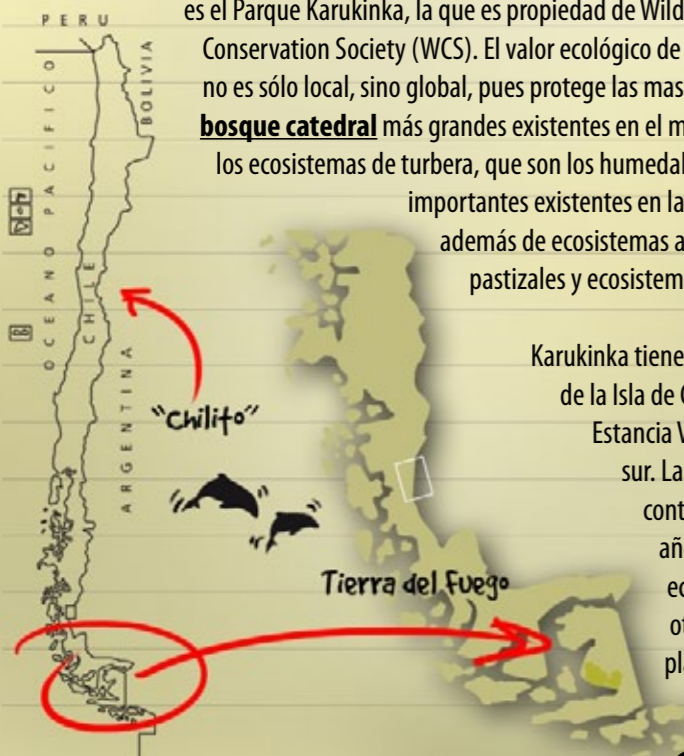
extensiones (**empréstitos o canteras**), además de la construcción de infraestructura necesaria para desviar cursos de agua, y drenar agua de lluvia (**alcantarillas, cunetas y contrafosos**). Estas problemáticas asociadas a la degradación del paisaje pueden ser minimizadas y controladas por sencillas medidas de recuperación y restauración ecológica, las cuales se hacen fundamentales cuando el paisaje es de alta belleza escénica.

La Patagonia Chilena, conformada fundamentalmente por las regiones de Aysén y Magallanes, es una de las zonas del mundo que todavía presenta gran parte de su biodiversidad intacta. Posee ecosistemas de gran valor incluyendo extensos bosques templados, amplias zonas de estepa, montañas con biodiversidad única, y por supuesto innumerables fiordos y canales. El valor ecológico y escénico de la Patagonia es muy grande, y presenta gran parte de su superficie terrestre protegida. De hecho, los parques nacionales más grandes de Chile están en esta zona (PN Bernardo O'Higgins y PN Alberto De Agostini), y en total más de un 50% de la superficie de la Patagonia Chilena está protegida de alguna manera, en parques, reservas, monumentos, e incluso en áreas privadas.

El área protegida más grande que existe en la isla de Tierra del Fuego es el Parque Karukinka, la que es propiedad de Wildlife Conservation Society (WCS). El valor ecológico de Karukinka no es sólo local, sino global, pues protege las masas de **bosque catedral** más grandes existentes en el mundo, los ecosistemas de turbera, que son los humedales más importantes existentes en la provincia, además de ecosistemas andinos, pastizales y ecosistemas acuáticos de alto valor para la biodiversidad local.

**Bosque catedral** o Lemu-Rehue, bosque nativo conformado por árboles majestuosos, cuyos troncos se elevan como las columnas de un templo natural. Un bosque (Lemu) donde se elevan las escaleras sagradas del pueblo mapuche (Rehue).

Karukinka tiene una superficie de 300.000 ha (el equivalente a casi un tercio de la Isla de Chiloé), y tiene acceso terrestre gracias a la Ruta Y-85 (Camino Estancia Vicuña-Yendegaia), cruzándola completamente de norte a sur. La construcción de este camino fue iniciada en 1995 y todavía continúa, pues se pretende alcanzar el Canal Beagle en los próximos años. La construcción de esta Ruta ha impactado los diversos ecosistemas que existen en Karukinka, y continuará afectando otras áreas a medida que su avance continúe hacia el sur. Esto ha planteado un desafío a la conservación del área, especialmente



Karukinka

en lo referido a la restauración de los ecosistemas degradados por el camino, acción que WCS y la Dirección de Vialidad de Magallanes esperan desarrollar de manera adecuada en los próximos años. Se espera con esto desarrollar metodologías que puedan servir a la restauración de otras áreas protegidas existentes en Patagonia, las que comparten historias y biodiversidad similares.

En respuesta a esto durante el año 2011, WCS desarrolló el proyecto "Restaurando caminos para la conservación biológica en Tierra del Fuego" financiado por el Programa Explora de CONICYT, cuyo objetivo fue experimentar con las potenciales herramientas que existen en la zona para restaurar las áreas que han sido degradadas en Karukinka, teniendo la oportunidad de realizar investigación y educación con la flora nativa de esta Isla, junto con nuestros jóvenes estudiantes fueguinos y sus profesores.

Pusimos toda nuestra energía en aprender juntos sobre la Restauración ecológica, y desarrollamos diversos talleres y charlas que fueron dictadas por expertos en las distintas materias. También vimos cómo operaba la restauración en terreno, pues pusimos en práctica toda la teoría aprendida durante el año en experimentos que realizamos en el Parque Karukinka, al sur de Tierra del Fuego.



En este proyecto participó activamente la Escuela Bernardo O'Higgins, el Liceo Polivalente Hernando de Magallanes, el Grupo de Estudios Ambientales de la Universidad de Magallanes y WCS. También participaron diferentes actores, todos entusiastas expertos y aprendices de ciencias y conservación, incluyendo: el Banco de Germoplasma del Servicio Agrícola y Ganadero de la Región de Magallanes, el Centro Universitario de Porvenir, la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas y la Universidad de Concepción.

En esta Guía hemos querido compartir el proceso de aprendizaje que vivimos durante el año: jóvenes del Liceo y la Escuela de Porvenir, sus profesores, científicos, amigos y el personal de WCS. Pues esperamos con esto dar a conocer las diferentes disciplinas científicas que aprendimos: la **botánica**, que incluye la descripción, clasificación, distribución e identificación de las plantas; la **reproducción de especies vegetales nativas**, y el estudio de las condiciones propicias que necesitan las semillas de las plantas para que germinen, especialmente las plantas nativas de Tierra de Fuego; y por último, la aplicación en terreno de la **restauración ecológica**, y saber de las acciones necesarias para recuperar un ecosistema degradado.

Pero además de leer y conocer más acerca de cada una de estas disciplinas, los invitamos a ponerlas en práctica y generar sus propias investigaciones!



## Capítulo II:

# Indagación Científica: practicando el ciclo de indagación

Autora: Wara Marcelo

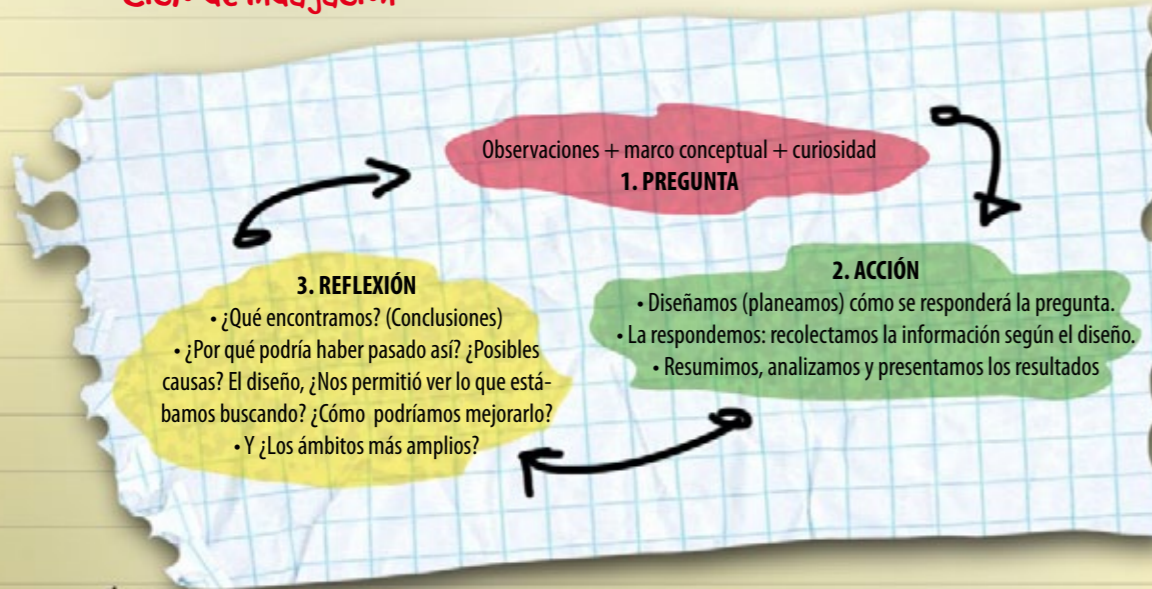
La restauración ecológica es una disciplina de las ciencias, por lo que para ponerla en práctica lo que debemos hacer es realizar nuestras propias investigaciones. ¡Sí, nos convertiremos en verdaderos científicos! Y para hacerlo utilizaremos **el ciclo de indagación**, una forma muy sencilla y práctica de aplicar el método científico, e igualmente riguroso y objetivo.

El ciclo de indagación es un proceso de tres pasos:

Paso 1 - la Pregunta / Paso 2 - la Acción / Paso 3 - la Reflexión.

Y como su nombre lo indica: es un ciclo, es decir que se debe repetir una y otra vez, comenzando desde el principio, o sea realizando nuevas preguntas.

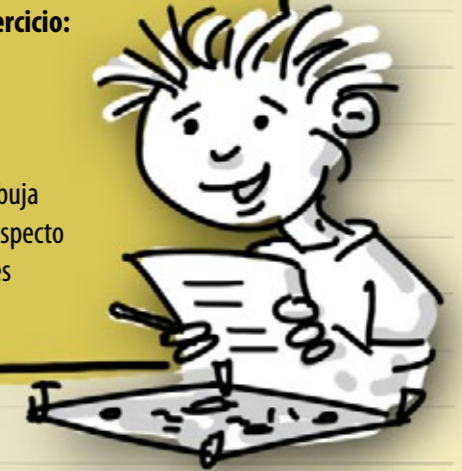
### Ciclo de Indagación



Antes de revisar en qué consiste cada paso, los invitamos a realizar este ejercicio:

### Elaborando preguntas en "la parcelita"

Recorre tu entorno y busca un lugar que te guste. En ese lugar marca un cuadrado o parcelita de unos 50 x 50 cm. Obsérvalo con mucha detención y curiosidad. Luego dibuja un croquis con los elementos que hay dentro de la parcelita y formula 5 preguntas respecto a tu parcelita. Todas las preguntas son válidas, pero la regla del juego es que no debes conocer las respuestas.



### 1. La Pregunta

Toda indagación se inicia con una **pregunta** que nace de nuestra curiosidad o inquietud sobre las observaciones que hemos hecho y realizamos constantemente de nuestro entorno, y de la información o conocimientos que hemos adquirido anteriormente.



¡Recuerden que no hay pregunta mala! Pero aunque todas las preguntas que nos hacemos son muy interesantes y válidas, no todas ellas nos sirven para empezar una indagación. La mayoría de nosotros, al intentar hacer preguntas sobre lo que observamos en la naturaleza, utilizamos espontáneamente la expresión ¿Por qué...? Por ejemplo: ¿Por qué esta semilla llegó al patio del colegio? o ¿Por qué crecen diferentes plantas en la plaza? Fíjense en las preguntas que se plantearon en el ejercicio de la parcelita, seguro que varias de ellas empiezan con un ¿por qué?



Pero estas preguntas, si bien son muy llamativas, son difíciles de contestar por medio de una indagación. En cambio, puedes preguntar ¿Cuáles son las diferencias...? ¿Cómo varía...? ¿Cuántos...?, las que si son posibles de contestar por medio de la investigación directa. ¡Pero no se preocupen! Las preguntas iniciales de su parcelita son parte de la inquietud y se pueden modificar de forma que si podamos realizar una indagación.



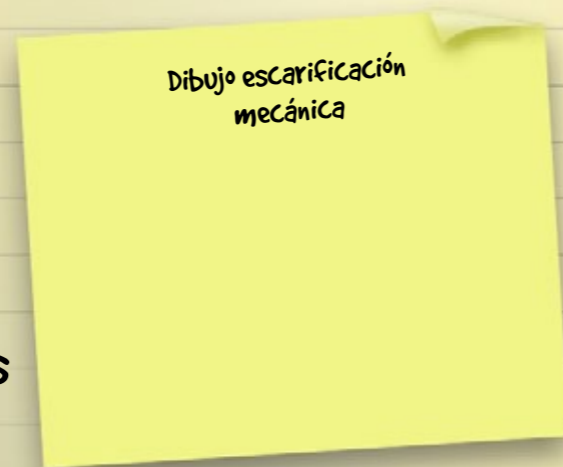


Ahora les explicamos entonces las cuatro características que deben tener las preguntas para poder iniciar una indagación:

**A) sencilla:** la pregunta debe evitar el lenguaje muy complejo. Por lo menos al inicio recomendamos no usar nombres ni términos científicos, lo que no implica que los podamos aprender e ir incorporando de a poco a nuestro lenguaje. Y no seamos dependientes de materiales sofisticados que no tenemos disponibles. Existen muchas preguntas que para contestarlas solo requerimos usar ¡nuestros sentidos!

**B) medible:** la pregunta debe ser posible de ser contestada a través de nuestra indagación (o sea nuestra acción) y dentro de un lapso apropiado de tiempo. La mejor manera de verificar si se cumple con esto es que debemos poder precisar exactamente qué vamos a observar (o sea medir) y registrarlo en un cuaderno.

**C) comparativa:** para ayudar a obtener respuestas, la pregunta que hagamos debe establecer una comparación entre cosas o situaciones diferentes. La comparación se basa en algo que podría influir o afectar lo que estamos midiendo. Por ejemplo ¿cómo varía el número de semillas de calafate (*Berberis microphylla*) que germinan con diferentes tratamientos (escarificación) sobre su semilla por ejemplo con químicos o con acción mecánica? En este ejemplo, lo que se va a registrar o medir es el número de semillas que germinan del calafate y vamos a comparar el tratamiento de escarificación mecánica versus el tratamiento de escarificación química. Así podremos reflexionar fácilmente sobre las diferencias o similitudes de nuestros resultados. De este modo la pregunta, más su respuesta, llevan a reflexiones profundas y y diversas y a la construcción de conocimiento. ¡Esa es la base de la ciencia!.



Versus

**D) Entretenida:** la pregunta que nos hagamos debe ser entretenida o atractiva para nosotros, es decir que ella nos motive a investigarla y obtener una respuesta a través de nuestra indagación de primera mano. La pregunta será más interesante si es que no conocemos la respuesta de antemano y si además no requiere un trabajo agotador y aburrido para responderla. Sin embargo, que la pregunta sea entretenida también dependerá de la edad, intereses y entusiasmo de las personas que realizarán la indagación.

## II. Acción

Una vez formulada la pregunta que debe cumplir con ser sencilla, medible, comparativa y llamativa, tenemos que pasar a la acción. En esta etapa, buscamos responder nuestra pregunta investigando y recolectando la información nosotros mismos, por nuestra cuenta, en vez de consultar a un experto o un texto sobre el tema. Para realizar la acción, debemos seguir tres pasos:

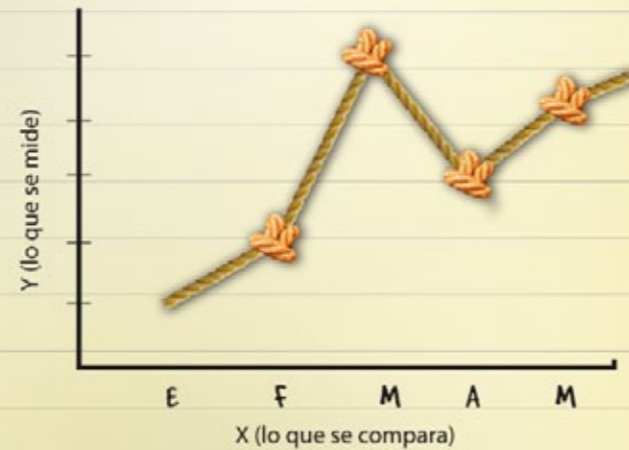
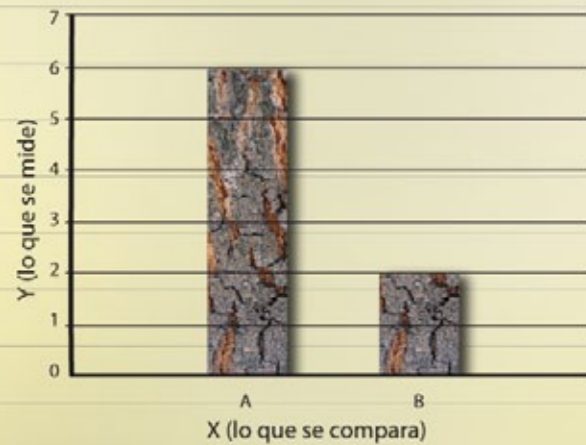
- Primero, debemos planear cómo recolectar la información necesaria para responder nuestra pregunta. O sea, tenemos que diseñar una forma sobre cómo vamos a contestar nuestra pregunta. Por ejemplo en la pregunta ¿cómo varía el número de semillas de calafate que germinan con diferentes tratamientos de escarificación: mecánica o química? Hay que definir: a) cuántas semillas van a recibir cada tratamiento (o experimento) de escarificación, b) dónde, cuándo y cómo vamos a hacer germinar las semillas y c) cómo vamos a medir el número de semillas que podrían germinar. Es muy útil diseñar tablas donde se van a registrar los resultados y observaciones, antes de comenzar a recolectar información. Por ejemplo, en nuestro experimento de germinación, las Tablas podrían ser así:

Día	Número de semillas germinadas	
	Escarificación mecánica	Escarificación química
1		
2		
3		
4		
...		
30		

- Después, debemos hacer lo que planificamos y llevar a cabo nuestro plan. En todo momento debemos tener los ojos abiertos y la mente alerta para ver si ocurren sucesos novedosos o imprevistos. Si eso pasa, no significa que nuestro plan haya fallado, sino que podríamos estar descubriendo cosas nuevas. Por eso, debemos anotar todos los resultados. Recuerden tener a mano papel y lápiz.



- Finalmente debemos resumir y analizar la información que colectamos en forma de gráficos, tablas, dibujos o textos. Esto nos ayudará a presentar los resultados de la mejor manera posible, facilitando su comunicación a nuestros compañeros y profesores. Una forma muy útil de mostrar información es a través de gráficos. En general los gráficos tienen dos ejes: el horizontal (eje x, que corresponde a lo que se está comparando. En nuestro ejemplo, correspondería poner allí escarificación química versus mecánica) y el eje vertical (eje y, que corresponde a lo que se está midiendo. En nuestro ejemplo, correspondería al número de semillas de calafate que germinaron en cada caso). Existen otros gráficos como los de "torta", que resumen información de porcentajes. Y otros más que puedes investigar por tu propia cuenta.



### III. Reflexión

Finalmente en el tercer paso, la reflexión, debemos pensar cómo los hallazgos y los resultados de nuestro experimento se relacionan con la pregunta que hicimos al principio (¿respondimos o no la pregunta?). Nos preguntamos: por qué obtuvimos esos resultados y nos planteamos explicaciones posibles sobre lo encontrado. La reflexión, también nos lleva a imaginar sobre lo que podría estar ocurriendo a otras escalas: por ejemplo en espacios más grandes a las parcelas que usamos para nuestro experimento (cómo podría ser la germinación del calafate en la parte norte de Tierra del Fuego, en comparación a la parte sur, donde está Karukinka y los bosques), por ejemplo en tiempos diferentes (cómo podría ser la germinación entre años secos en comparación a años húmedos), o en condiciones diferentes a las de nuestra indagación (por ejemplo, cómo afectaría un incendio a la germinación del calafate). En la etapa de la reflexión también podemos buscar ideas e información de otras fuentes (por ejemplo en libros, revistas, internet, entrevistas) para apoyar (o no) nuestras observaciones y las posibles explicaciones que pensamos.

Esta etapa de reflexión nos sirve para encontrar otras inquietudes, las que a su vez nos pueden animar a iniciar nuevas indagaciones, o sea para tener nuevas preguntas. Por eso la indagación científica es un ciclo, pues cada vez se nos van a ir ocurriendo nuevas cosas a partir de las indagaciones realizadas y podemos plantearnos una nueva pregunta para empezar una indagación nueva... y ¡así sucesivamente!

### ¿Y ahora qué?

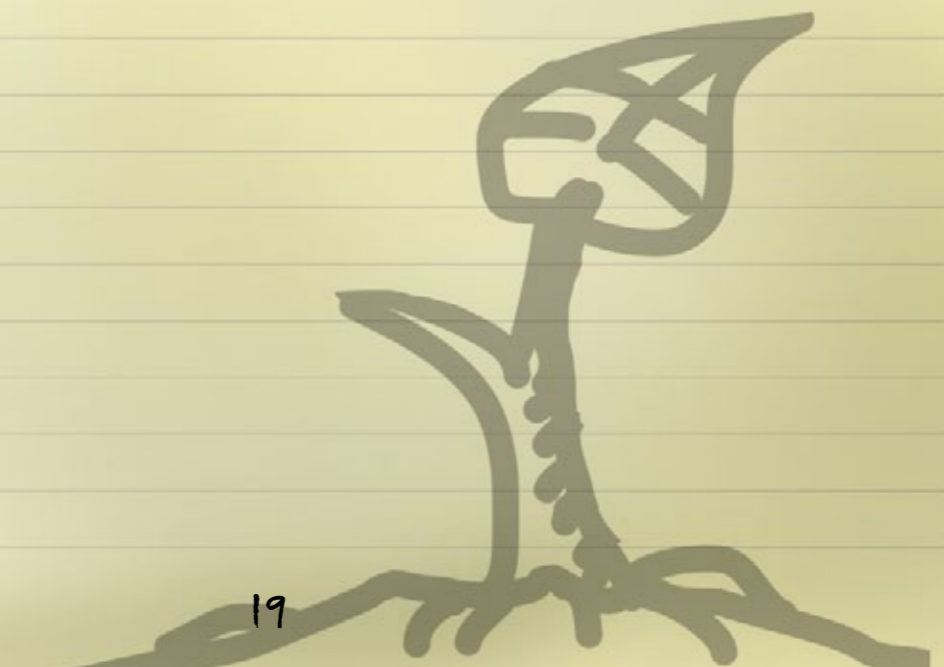
Ahora que ya conocen de qué se trata el ciclo de indagación, sabrán cómo desarrollar las indagaciones que les propondremos al final de cada capítulo de esta guía. Pero nuestra invitación es más grande, pues los invitamos a despertar su curiosidad juvenil, a desarrollar su "capacidad preguntona" y a que se lancen a realizar sus propias indagaciones.



Capítulo III:

Bases y conceptos de la  
Restauración Ecológica: una  
herramienta para la recuperación  
de ecosistemas degradados

Autora: Marcela Bustamante





Como mencionamos antes, los ecosistemas están siempre expuestos a perturbaciones de origen humano o natural. Los ecosistemas contienen diferentes tipos de comunidades, por ejemplo las comunidades vegetales pueden ser bosques, estepa o matorrales, u otras, y las perturbaciones pueden destruir parte o toda la comunidad, dejando espacios de terreno desnudo en donde comenzarán procesos de regeneración. Estas comunidades vegetales están conformadas por diferentes especies (por ejemplo los bosques de Karukinka tienen lenga y coigüe de Magallanes principalmente; mientras que los matorrales tienen romerillo o calafate), y las perturbaciones afectan el tipo de especies en cada comunidad, o su composición. Al cabo de varios años de cambios en la **composición de especies**, la comunidad idealmente podría volver a su condición de **diversidad y estructura** original. Luego de una perturbación este reemplazo de una especie por otra en una comunidad que habita un sitio y que ocurre a través del tiempo se denomina sucesión ecológica, y corresponde a una forma de restauración natural que ocurre con frecuencia en los ecosistemas.

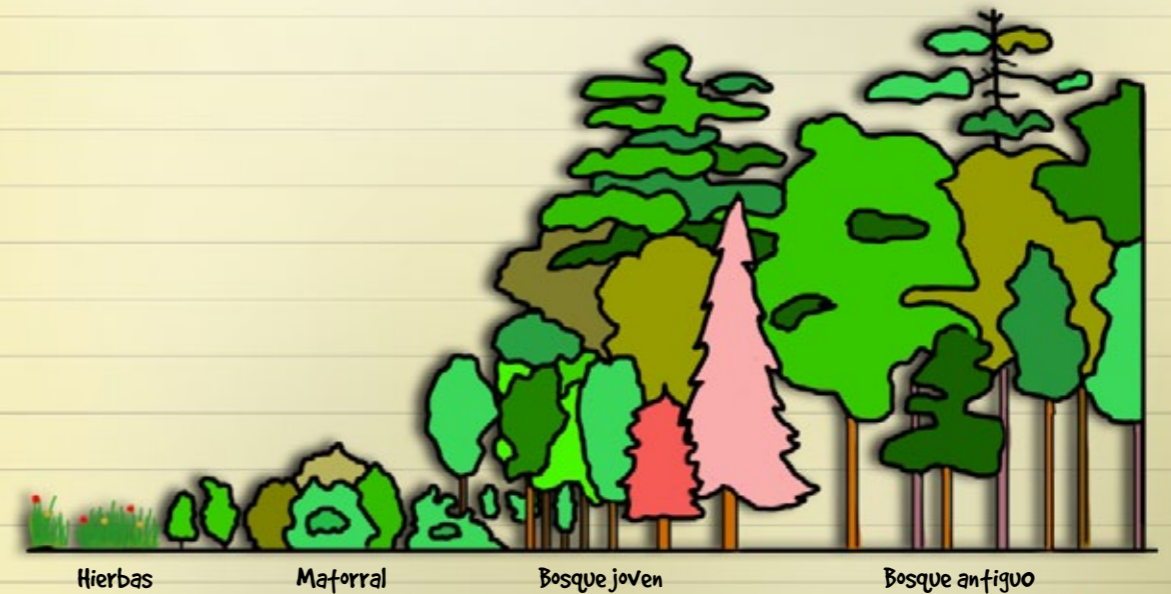
**Composición de especies:** identidad y variedad de especies que se encuentran en un determinado lugar. En botánica se refiere a la lista de plantas que hay en un sitio o lugar determinado

**Biodiversidad:** se refiere a toda la variedad y variabilidad de seres vivos que habitan un lugar determinado, en conjunto con los patrones que la determinan. Se estructura en distintos niveles de organización biológica (o sea individuos, poblaciones, comunidades, ecosistemas), los cuales incluyen los procesos ecológicos y evolutivos que operan en cada uno de estos niveles

**Estructura:** se refiere a la organización física o patrón que conforman las partes dentro de un todo. En el caso de un ecosistema describe qué y cómo se ordenan los componentes, por ejemplo comunidades, poblaciones.

### Sucesión ecológica: la restauración natural de ecosistemas

Para iniciar la sucesión ecológica (Figura 1), es necesario que el área que fue perturbada pueda ser colonizada por especies de plantas, hongos, musgos, líquenes o helechos que estén en áreas vecinas no perturbadas, como por ejemplo áreas protegidas, quebradas con bosques remanentes, u otras. Estas especies pueden llegar a estas zonas perturbadas en forma de semillas o esporas, a través del proceso de dispersión (provenientes de otras partes), o pueden estar presentes en el suelo del área (lo que se llama un banco de semillas). Como veremos más adelante, en las plantas vasculares la dispersión de semillas puede ocurrir con la ayuda del viento (anemocoría), la ayuda del agua (hidrocoría), o la ayuda de animales, como aves o zorros (zoocoría). A los primeros individuos (o especies) que se establecen en los sitios perturbados se les llama colonizadores o pioneros, y su característica más importante es que pueden sobrevivir aprovechando las condiciones estresantes del área degradada, como suelos con pocos nutrientes, con escasa humedad y alta exposición a la luz, por ejemplo.



- Especies pioneras
- Menor biomasa vegetal
- Menor complejidad estructural

Tiempo

- Especies sucesionales tardías
- Mayor biomasa vegetal
- Mayor complejidad estructural

Figura 1. Esquema de una sucesión ecológica de la vegetación.



A medida que las especies pioneras se establecen en el sitio, su presencia y funcionamiento modifican las condiciones iniciales del sitio perturbado favoreciendo el establecimiento de otras especies que no toleran condiciones estresantes, las que se llaman especies sucesionales tardías, porque llegan más tarde al sitio. Las especies pioneras producen efectos diversos, los que se resumen como: facilitación, inhibición y tolerancia.

A través de la **facilitación**, las especies pioneras crean condiciones favorables, como sombra o aportan nutrientes al área, lo que favorece el establecimiento de las especies sucesionales tardías. A través de la **inhibición** las especies pioneras pueden acidificar el suelo o generar sombra en la competencia por alcanzar la luz, generando condiciones que impiden el establecimiento de nuevas especies. La **tolerancia** se refiere a especies que aparecen más tarde en la sucesión y que son capaces de ocupar el sitio independiente de la presencia de las pioneras.

Con el paso del tiempo, la sucesión ecológica progresa desde el estado pionero iniciado luego de la degradación del área, hacia estados más avanzados que son más semejantes a la comunidad vegetal original. Algunos de los cambios más evidentes que ocurren durante el proceso de sucesión, es el aumento de la **biomasa** vegetal (hay más vegetación en la zona), el incremento de la diversidad de especies (hay más variedad en la zona), y una mayor **complejidad estructural** del sistema ecológico (al mismo tiempo se encuentran pastos, arbustos, árboles en la zona).

**Biomasa:** se refiere a la cantidad de masa de los seres vivos, sean plantas, animales y otros. Se puede estimar para una población, comunidad o ecosistema, y debe hacer referencia a una unidad de superficie. En el caso de las plantas por ejemplo, la biomasa se estima en gramos de plantas secas por una unidad de área, pudiendo ser gr/m<sup>2</sup>; kg/ha.

Todos los ecosistemas tienen por tanto una capacidad intrínseca de recuperarse de perturbaciones naturales o de origen humano. Mientras más grave o generalizado es el daño que se produce en el ecosistema, o mayor su degradación o su **fragmentación**, es más difícil (o puede tomar un largo tiempo) para que el ecosistema pueda recuperarse a través de la sucesión natural. Cuando este es el caso, es necesario intervenir los ecosistemas mediante manipulaciones del paisaje, o plantación de especies nativas del lugar y dar inicio a un proceso de restauración ecológica, lo que nos puede ayudar no sólo para dar inicio, sino también para acelerar el proceso de sucesión.

También es importante saber que los costos monetarios y el esfuerzo humano necesarios para la restauración de los ecosistemas perturbados aumentan a

**Complejidad estructural:** Se refiere a la variada forma en que la vegetación se establece o desarrolla en un lugar, y sus cambios en el tiempo. En el espacio por ejemplo, se describen los diferentes niveles de altura que pueden presentar las plantas en un lugar: arbóreo, arbustivo, herbáceo o epífita, determinado por la presencia de árboles, arbustos, hierbas o musgos, respectivamente, en un mismo lugar. En el tiempo, la complejidad se refiere al cambio en el tipo y número de especies de plantas.

**Fragmentación:** se refiere a la pérdida de continuidad en un ambiente o territorio, y es normalmente el resultado de una perturbación natural o antrópica. En el espacio, la fragmentación se ve como un paisaje en mosaico, donde resaltan parches o fragmentos de un hábitat, en un fondo de hábitat diferente. Generalmente estos fragmentos corresponden a hábitat original, los que quedan inmersos y aislados unos de otros por un "mar" de hábitat degradado.

medida que la degradación o pérdida del ecosistema nativo es mayor. En la Figura 2 se presenta un esquema (o modelo conceptual) para entender los estados y transiciones por los que pueden pasar los ecosistemas y las comunidades, que nos puede ayudar a identificar los tipos de intervenciones que pueden ser requeridas para restaurar ecosistemas degradados a distintos niveles. En este esquema la degradación del ecosistema aumenta hacia la izquierda, y el valor para la conservación aumenta hacia arriba.

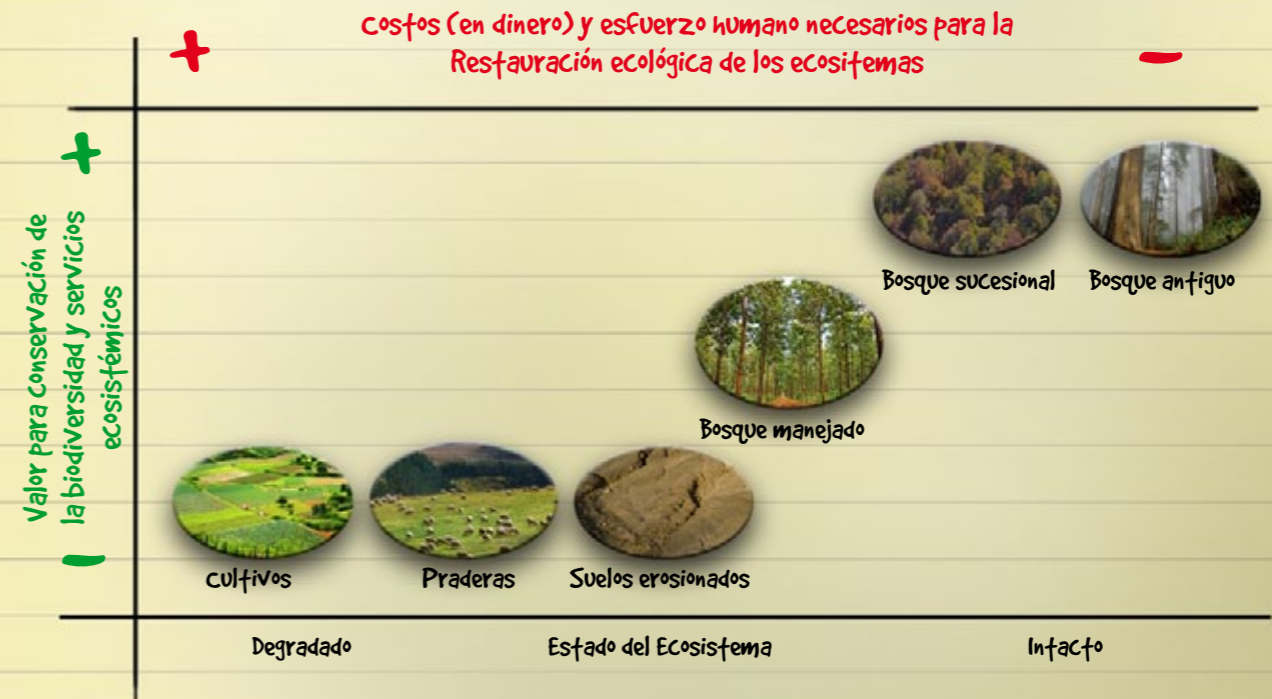


Figura 2. Modelo conceptual para la degradación y restauración de ecosistemas.



Vemos en este esquema que el grado de degradación es mayor en bosques cortados y manejados en comparación a bosques antiguos (llamados sucesionales). También la degradación del ecosistema es mayor en praderas ganaderas o cultivos, en comparación a bosques manejados. Al mismo tiempo la recuperación de terrenos agrícolas o ganaderos es más costosa que la recuperación de bosques manejados. Y finalmente, podemos ver en este esquema que el valor del sistema ecológico para la conservación de la biodiversidad y la provisión de **servicios ecosistémicos** que la biodiversidad presta aumenta de abajo hacia arriba.

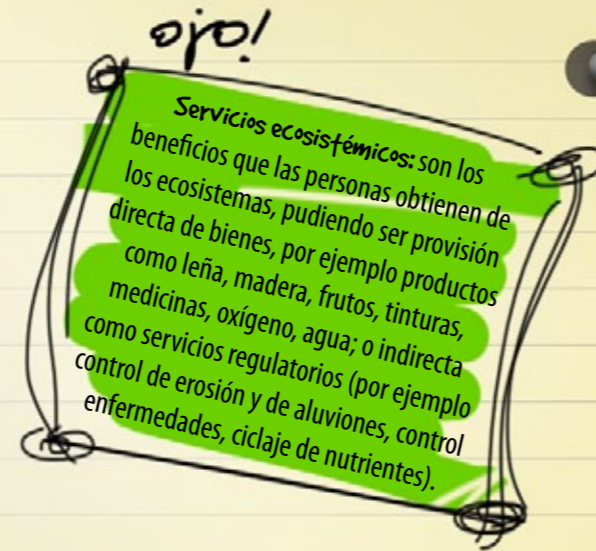
### Restauración pasiva y activa

Existen a lo menos dos posibilidades a considerar para diseñar la restauración de un sitio degradado. En el primer caso la restauración se centra en eliminar o modificar los factores que limitan la recuperación natural del ecosistema (sus agentes de perturbación), tales como corta, tala, caza, incendios intencionales, ganadería y pastoreo, entre muchos otros, de manera de permitir que los componentes y **procesos ecológicos** se recuperen por sí solos a través del proceso de sucesión natural que describimos más arriba. Esto se conoce como **restauración pasiva**, y depende de la **resiliencia del ecosistema**, o sea su capacidad para recuperarse naturalmente. En el segundo caso los ecosistemas no se recuperan por sí solos (tienen baja o nula resiliencia), incluso si los factores que los limitan son eliminados. Cuando esto ocurre se deben tomar acciones específicas que pueden ayudar al desarrollo de la sucesión para lograr la recuperación del ecosistema, o desarrollar una **restauración activa**.

Cuando la sucesión natural del ecosistema sigue una trayectoria que conduce a un resultado deseable, como por ejemplo se logra el desarrollo de un bosque

a partir de una pradera agrícola abandonada, entonces no hay necesidad de una intervención activa.

Sin embargo, la restauración activa es requerida cuando la trayectoria no es la deseada debido a que el sistema se mantiene "atrapado" en un estado degradado y con bajo valor para la conservación. Esto se ve por ejemplo en ecosistemas degradados que han permanecido mucho tiempo abandonados, y a pesar de ello no mejoran su estado de degradación, pues no se gatilla la sucesión natural. Por ejemplo en una pradera usada antaño para ganadería, pero que todavía hoy, luego de muchos años sin ganado, permanece como pradera sin ocurrir la natural sucesión hacia matorral o bosque, o si la pradera se mantiene como tal dominada por especies exóticas es indeseable.



### Algunos términos relacionados con la restauración ecológica

Hay muchos términos de uso común que comparten algunos de los objetivos y métodos que utilizamos en la restauración ecológica, pero que se diferencia de ella en sus énfasis y metodologías. Es importante aquí conocer estos términos muy bien, para poder utilizarlos correctamente. Esto es muy importante cuando se hace ciencia, pues es necesario precisión en el lenguaje para evitar confusiones posteriores. Veamos entonces:

#### Restauración ambiental/Rehabilitación

Estos dos términos pueden parecer sinónimos de restauración ecológica, pues persiguen los mismos fines, pero el énfasis de cada uno es diferente. En el caso de la **restauración ambiental**, el objetivo central es el restablecimiento de una condición ambiental deseable para la sociedad: por ejemplo vegetación en una ladera, o la claridad y limpieza del agua de una laguna, más que la reposición de toda la complejidad y diversidad de un ecosistema original.

En el caso de la **rehabilitación**, el objetivo específico es la restitución de la función ecológica y no la estructura, composición y diversidad original del ecosistema. Por lo cual en este caso es posible restablecer la función ecológica de la vegetación utilizando especies exóticas del lugar, las que no tienen relación con el ecosistema original.

#### Remediación/Reconstrucción

Estos dos conceptos se refieren a actividades específicas, las que podrían ser parte de un programa de restauración ecológica, pero cuyos objetivos son más limitados.

La **remediación** se refiere a la utilización de un proceso tecnológico o de ingeniería ambiental para reparar un tipo de daño específico, por ejemplo la limpieza de un área que haya sufrido contaminación química.

La **reconstrucción** se refiere a la sustitución de un ecosistema muy degradado por otro diferente del original mediante un trabajo de paisajismo o de ingeniería ambiental, con el fin de producir un ambiente con una condición estética deseada, y no necesariamente un ecosistema natural.

#### Reforestación/Plantación

**Es muy importante saber que estos términos no son sinónimos de restauración ecológica.** Ellos describen actividades específicas que podrían ser parte de un programa de restauración ecológica.

La **reforestación** y las **plantaciones** son formas de reponer la cobertura vegetal en un área donde la vegetación original ha sido removida. Su objetivo se centra exclusivamente en las plantas y no en el ecosistema con toda su diversidad y complejidad.




**Procesos ecológicos:** se refiere a las relaciones, acciones y reacciones que operan en los sistemas ecológicos, que son realizadas por los organismos en condiciones físicas determinadas. Ejemplos de procesos ecológicos son: la sucesión, la invasión de especies, la polinización, el ciclaje de nutrientes, entre otros etc




Además, tal como en el caso de la rehabilitación, muchas veces estas actividades se realizan con especies ajenas al ecosistema pre-existente, por lo cual las plantaciones de especies exóticas (como pinos y eucaliptos) no cumplen con los objetivos de la restauración ecológica, sino todo lo contrario, pues incrementan aún más la degradación de los ecosistemas naturales. De todas formas estas actividades a veces pueden ser útiles cuando se desarrollan como parte de programas completos de rehabilitación, o cuando una comunidad local requiere de recursos que son provistos por las especies plantadas (por ejemplo para alimento o leña), o cuando el ecosistema está muy degradado para el restablecimiento de las especies nativas, y en el inicio de la restauración algunas especies exóticas pueden ayudar a gatillar la sucesión natural.

**¿Cuáles son las diferencias entre un proceso de restauración ecológica y la ejecución de una plantación?**

Existen varias cosas que diferencian una de otra, incluyendo:

 La restauración ecológica restablece especies y condiciones ambientales que son generalmente más diversas que las que se encontrarían normalmente en una plantación (por ejemplo, mayor diversidad de especies de plantas, insectos, o aves). Esto es importante pues los ecosistemas más diversos aumentan y mejoran la calidad de los servicios que estos ecosistemas prestan a la sociedad humana, tal como la regulación de la calidad del agua o el control de la erosión del suelo. Los ecosistemas más diversos son más resilientes y presentan mayor resistencia frente a cambios climáticos o ambientales, o eventuales impactos de plagas, por ejemplo. La restauración ecológica incorpora en sus planes, especies de plantas vasculares nativas, mientras que una plantación por lo general se conforma de especies no- nativas.

 La restauración ecológica busca la recuperación de las condiciones de hábitat para muchas especies de animales y plantas nativas, los cuales eran parte del ecosistema original existente previo a la degradación, mientras que la plantación sólo se centra en la recuperación de la cobertura arbórea del área, sin preocuparse de otros componentes del ecosistema, como por ejemplo los animales o el agua.

Por lo tanto, uno de los beneficios más importantes es que la restauración ecológica provee las condiciones para que se produzca la recuperación y el mantenimiento de la biodiversidad en una zona que los ha perdido, y con ello permite la recuperación de los bienes y servicios ecosistémicos que esta biodiversidad provee a la población humana, por ejemplo retención e incorporación de nutrientes al suelo.

La restauración ecológica aprovecha procesos “naturales” para el restablecimiento del ecosistema. Entre estos procesos se encuentran por ejemplo interacciones entre especies como la polinización o dispersión de semillas (interacciones **mutualistas** o los mecanismos asociados a la sucesión de bosques como la facilitación. Aprovechar estos procesos puede bajar significativamente el costo de la restauración ecológica.

**Mutualistas:** se refiere al tipo de relación que se da entre dos o más taxones cuyos resultados es beneficiosa para todos los involucrados.

**La restauración ecológica en el contexto de otras disciplinas**

La restauración ecológica, como su propio nombre lo dice, tiene fuertes vínculos con los principios y experiencias de la ecología (Figura 3), principalmente con el conocimiento teórico y empírico de la sucesión ecológica que ya explicamos más arriba. Otras disciplinas de esta ciencia como la **ecología del paisaje** o la ecología de ecosistemas están muy relacionadas con la restauración ecológica, ya que pueden ayudar a identificar y elegir los sitios potenciales para ser restaurados, y a identificar los procesos ecosistémicos claves a restaurar.

Al igual que otras áreas relacionadas con el cuidado y protección del medio ambiente, la restauración ecológica también está vinculada a las ciencias sociales, económicas, filosóficas, políticas y jurídicas. Las ciencias sociales y económicas generalmente se vinculan a los proyectos de restauración ecológica ayudando a definir las metas desde el punto de vista de las condiciones deseadas por la sociedad y los costos y beneficios que implica esta tarea. En este contexto, es crucial integrar las aspiraciones y conocimientos de las comunidades locales, contribuyendo a reconciliar intereses diversos y compartiendo los costos y beneficios de los proyectos de restauración ecológica. La ética y filosofía contribuyen a una mayor conciencia pública y privada de las consecuencias de la degradación ambiental. Y ella puede ayudar a decidir el establecimiento de marcos legales, o sociales, que obliguen o fomenten que empresas o agencias que causen degradación o daño a los ecosistemas, incluyan y financien proyectos de restauración ecológica.

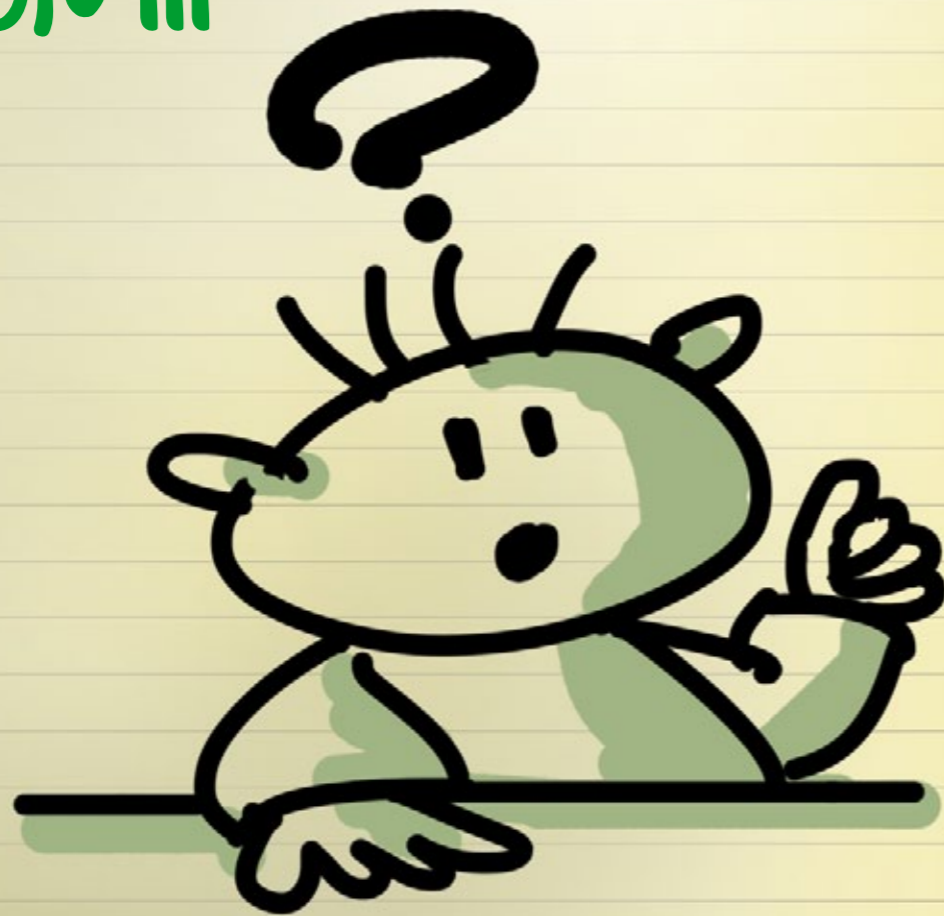
**Ecología del paisaje:** parte de la ecología que estudia los patrones y procesos de los sistemas ecológicos a escala de un paisaje o una región geográfica, incluyendo tanto ecosistemas de origen natural como antrópico



**Figura 3.** Esquema de las disciplinas que pueden participar en la **restauración ecológica**. Esta es un área de estudio que se encuentra en la interfase entre la ecología y otra serie de disciplinas que incluyen desde filosofía y ética por ejemplo, hasta antropología o ingeniería. Y por lo tanto existe potencialmente una retroalimentación constante entre ambas áreas de estudio.



# Ejercicios de Indagación: Capítulo III



## Inquietud:

Como hemos visto en este capítulo, existen áreas naturales que han sido degradadas, dañadas o transformadas por acción del ser humano o en algunas ocasiones por catástrofes naturales. A través de la restauración ecológica podemos iniciar o acelerar el proceso de recuperación de esta área. Por ejemplo en Tierra del Fuego, podemos encontrar áreas que han sido degradadas por la construcción de caminos u otras áreas que han sido afectadas por incendios forestales ¡Los invitamos a restaurar estas áreas! Pero antes de iniciar el proceso de restauración ecológica, nos surgen las siguientes inquietudes ¿Qué especies nos servirían para restaurar y por lo tanto ser trasplantadas? ¿Sobrevivirán todas las especies de igual manera? Por lo tanto los invitamos a realizar la siguiente indagación para aclarar estas inquietudes.

## Pregunta:

¿Cómo varía la sobrevivencia de plántulas de chaura (*Gaultheria pumila*), murtilla (*Empetrum rubrum*) y zarzaparrilla (*Ribes magellanicum*) trasplantadas en un talud de camino recién construido?

Qué medimos: .....

Qué comparamos: .....



**Acción:****obtención de plántulas:**

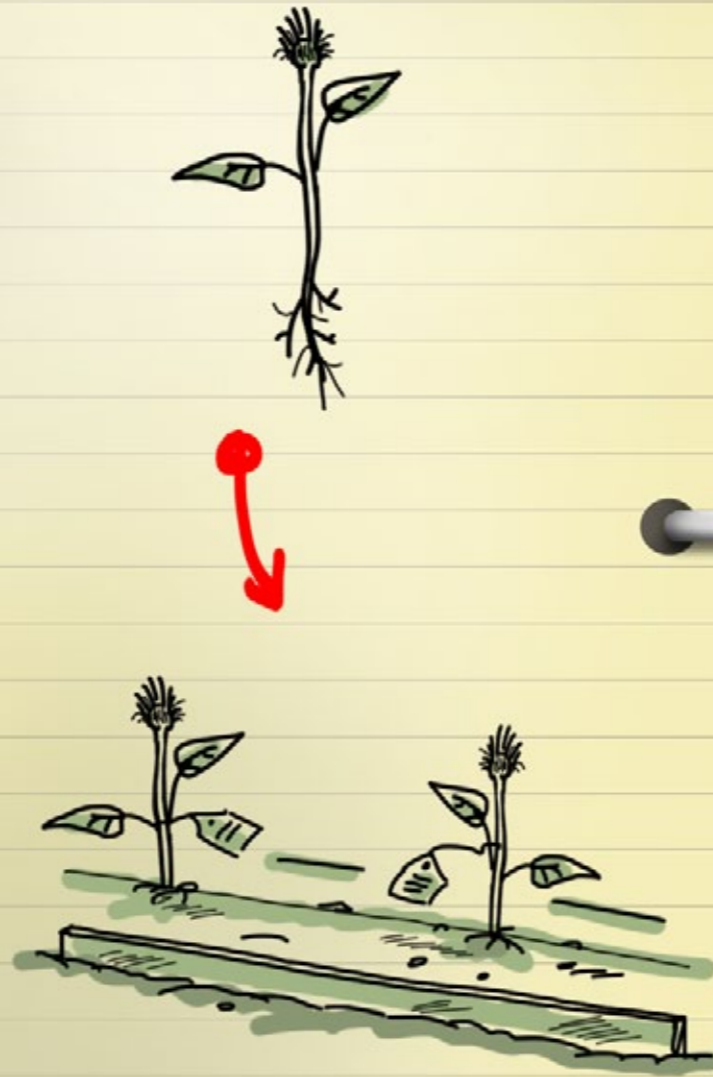
Cerca del talud de camino busca un sector o parche que tenga vegetación original, de manera que nos dé una idea de cómo era el ecosistema antes de la perturbación. Este parche nos ayudará a conocer el tipo de vegetación que esperaríamos obtener luego de las acciones de restauración ecológica.

En Magallanes, algunas especies que podemos encontrar en la vegetación original son la chaura (*Gaultheria pumila*), murtilla (*Empetrum rubrum*) y zarzaparrilla (*Ribes magellanicum*). En caso que encuentres otras especies, también sirve, mientras podamos evaluar la sobrevivencia de tres especies de plantas vasculares que sean abundantes en el sitio no intervenido.

En el parche de vegetación original, debes recolectar las semillas de las tres especies de plantas seleccionadas, teniendo especial cuidado de elegir sólo aquellos frutos maduros. Luego debes hacer germinar 80 semillas de cada especie elegida, y para hacerlo debes seguir el procedimiento explicado en el capítulo 5 de reproducción de especies vegetales nativas. No todas las semillas podrán germinar, pero nuestro objetivo es contar con al menos 25 plántulas (plantas bebé) por especie aproximadamente.

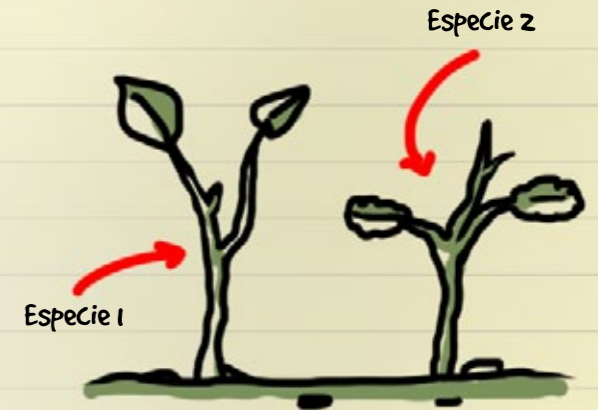
**Trasplante de plántulas**

Antes de realizar el trasplante de las plántulas debes delimitar un área de unos 10 m<sup>2</sup> en el talud. Una acción recomendable antes de iniciar el trasplante de plántulas, es contener la erosión que pueda producirse por el viento o la lluvia, esto es la pérdida del suelo que sostiene las plantas. Para ello te proponemos que, en el caso del talud, coloques 3 ó 4 maderas de unos 3 m de largo, ubicadas de manera paralela a la pendiente, en 3 ó 4 niveles



distintos y las fijas con estacas al suelo. Estas maderas sujetarán el suelo para que no se desmorone el talud y así las plantas puedan crecer.

Con cuidado hay que llevar las 25 plántulas de cada especie a terreno y plantarlas de tal forma que queden distribuidas en toda la superficie (10 m<sup>2</sup>). Cada una de las plantas se debe marcar con una etiqueta para poder identificarlas en el futuro. Cada etiqueta debe tener el nombre de la especie y el número de la planta, que en este caso irán desde el 1 al 25. Como las etiquetas quedarán expuestas al clima, es importante escribir los códigos en una hoja de papel y después plastificarlas. Para la ubicación en el futuro también puede ser útil dibujar un mapa de referencia con la ubicación de cada planta (siempre es bueno tener un plan alternativo, pues el clima en Magallanes es inclemente). En el mapa, en cada posición se debe escribir el nombre de la especie y el número de la planta. Es importante distribuir a todas las especies de manera aleatoria (al azar) en el terreno, evitando que queden todos los individuos de una especie agrupados en un lugar y todos los individuos de otra especie en otro sector. Todas las especies deben quedar entremezcladas. De esta manera, si llegara a ocurrir algo en la parcela, como por ejemplo el desmoronamiento del suelo producto de las lluvias, y esto mata a algunos individuos, el sector afectado tendrá una mezcla de todas las especies, y no se morirán todos los individuos de una sola especie (como habría ocurrido si se plantan todos los individuos de una especie en un sector).



Generalmente el trasplante de plantas, en Magallanes, se realiza una vez que el invierno haya pasado (octubre-noviembre), y también justo antes de que éste llegue nuevamente (marzo-abril), para que lo tengan en cuenta cuando hagan sus trasplantes.

**Nota:** En el caso que hagas la indagación en un sitio afectado por un incendio forestal, para evitar la erosión puedes apilar troncos y ramas caídas hasta una altura de 50 cm, en líneas de 8 m de largo, formando 3 ó 4 franjas perpendiculares a la dirección del viento, esto ayudará a evitar la erosión por viento.

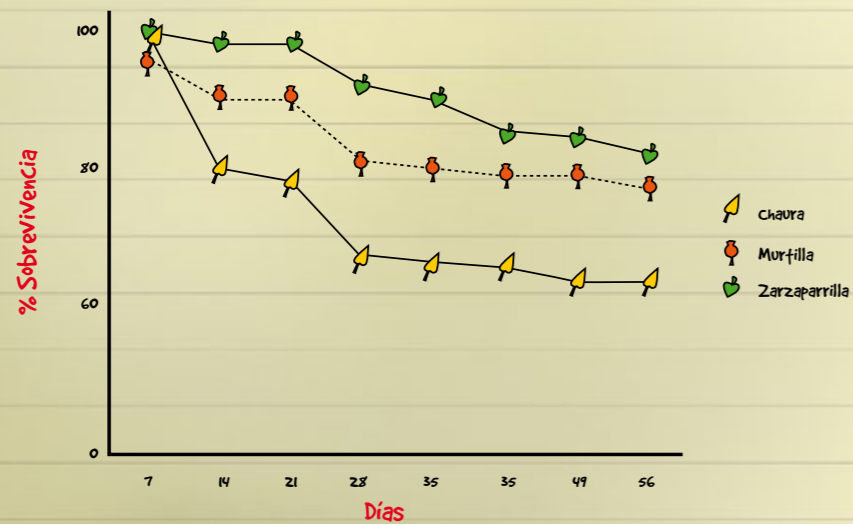
**Medición de sobrevivencia de plántulas:**

Durante un periodo de un año hay que evaluar la sobrevivencia de las plántulas trasplantadas y comparar cómo varía la sobrevivencia entre las tres especies. Una vez al mes hay que ir al sitio donde fueron trasplantadas y registrar el número de plántulas sobrevivientes de cada especie. Para registrar estos datos de forma ordenada se puede hacer una tabla como esta:



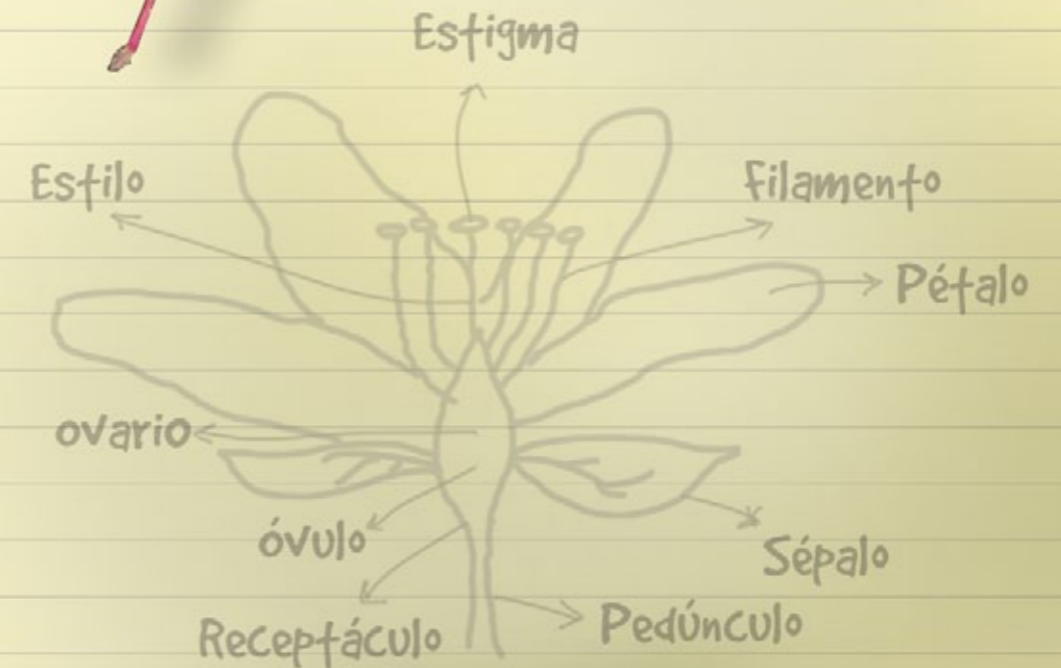
Tiempo (semanas)	Número de plántulas sobrevivientes		
	Chaura	Murtilla	Zarzaparrilla
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			

Y con los datos registrados luego se puede realizar un gráfico como éste:



## Capítulo IV: Introducción a la botánica

Autor: Ernesto Teneb



La **botánica** es la ciencia que estudia las plantas, siendo parte de la biología que es la ciencia que estudia a los seres vivos. La botánica tiene varios campos o subdisciplinas. Por ejemplo la **morfología vegetal**, es el campo que estudia la forma y estructura de las plantas, y esto incluye el estudio de la estructura microscópica de las plantas (sus células), sus tejidos (xilema, floema, por ejemplo) y órganos (sus flores o frutos, por ejemplo). La **fisiología vegetal** estudia las funciones (para qué sirven) de cada una de las partes de las plantas y los procesos (qué hacen y cómo) que ocurren al interior de ellas, como por ejemplo la fotosíntesis. En la actualidad muchos fisiólogos vegetales analizan los procesos bioquímicos que ocurren dentro de las plantas, por lo que también son llamados los bioquímicos de las plantas. La **ecología vegetal** estudia la relación entre las plantas y su medio ambiente, analizando por ejemplo la influencia o el efecto del ambiente sobre las plantas y las comunidades vegetales que ellas forman. O por ejemplo la **fitogeografía** estudia la distribución de las plantas y comunidades vegetales a escala geográfica, por ejemplo en una región o un país, o un continente.

Así, la botánica abarca diferentes y variados aspectos del estudio de las plantas, lo que incluye su descripción e identificación, clasificación, distribución, y el estudio de su reproducción, morfología, fisiología o su relación con el medio ambiente, entre muchos otros.

### ¿cómo clasificamos las plantas?

La diversidad de plantas, al igual que la del resto de los seres vivos, es casi infinita. No hay dos individuos de plantas exactamente iguales en todos sus detalles. Pero de todas formas agrupamos y clasificamos las plantas (y el resto de los seres vivos) en **especies** de acuerdo a la evolución y el grado de parentesco que tengan entre ellas. Algunas especies son más variables que otras, por lo que muchos biólogos piensan que es útil dividir a estas especies más variables en subespecies y/o variedades. Estas variedades corresponden a poblaciones de una misma especie que tienen diferencias permanentes de modo tal que amerita ser notadas como tal, pero que están aun conectadas unas con otras por individuos con rasgos intermedios (Figura 1).



**Figura 1.**

Dos variedades de amancay (*Alstroemeria aurea*), variedad naranja a la izquierda y variedad amarilla a la derecha. A pesar de las diferencias en color, ambas pertenecen a la misma especie.

El origen de una especie a partir de otra o la divergencia de una sola especie en dos o más, es generalmente un proceso lento que lleva muchas generaciones. Cuando dos poblaciones con un origen común se han diferenciado de manera significativa, se trata del nacimiento de dos especies diferentes.

Reino → Subreino → División → Clase → Orden → Familia → Género → Especie

**Figura 2.** Niveles jerárquicos de clasificación que utilizan en la taxonomía

La clasificación de las plantas (así como de todo el resto de los seres vivos) incluye varios niveles que están por sobre el nivel de especie, y que indican los grados de parentesco (o relación evolutiva) entre las especies o grupos de especies (Figura 2). Un grupo de especies similares constituye un género; un grupo de géneros semejantes constituye una familia; un grupo de familias similares constituye un Orden; un grupo de órdenes parecidos constituye una Clase; un grupo de Clases constituye una División. La División es la categoría más alta utilizada comúnmente por los botánicos. Esta clasificación, llamada clasificación taxonómica, se ve así en el caso del coigüe de Magallanes (ver Figura 3):

Reino : *Vegetal*  
 Subreino : *Embriophyta*  
 División : *Magnoliophyta*  
 Clase : *Magnoliopsida*  
 Orden : *Fagales*  
 Familia : *Nothofagaceae*  
 Género : *Nothofagus*  
 Especie : *Nothofagus betuloides*.



**Figura 3.** Clasificación taxonómica del coigüe de Magallanes (*Nothofagus betuloides*)

El nombre científico de cualquier especie de planta o ser vivo consiste en dos palabras, usualmente en latín o latinizadas. La primera palabra indica el nombre del género al que pertenece la especie, y la segunda palabra indica la especie en particular de dicho género.



*Nothofagus* es el nombre científico de un género en particular que incluye a las 11 especies de "falsa haya" que tenemos en Chile, cuatro de las cuales se encuentran en Magallanes: el coigüe de Magallanes (*Nothofagus betuloides*), el ñirre (*Nothofagus antarctica*), la lenga (*Nothofagus pumilio*) y el coigüe de Chiloé que habita al norte de Magallanes (*Nothofagus nitida*). La segunda de las dos palabras que conforman el nombre científico de una especie, es el epíteto específico, que puede hacer alusión a la forma, origen, aspecto, uso o a la persona que estudió la especie. El epíteto puede ser usado solo una vez dentro de un género, pero es posible usarlo varias veces en diferentes géneros. Por ejemplo *Nothofagus pumilio* (lenga), *Gaultheria pumila* (chaura enana) y *Cruckshanksia pumila* (rosita del campo) tienen en común el epíteto pumila o pumilio que viene del latín "pumilus" y significa enano ¿Qué tendrán en común estas tres especies de planta? ¡A ver si descubres el significado de otros nombres científicos!

## Morfología

Ahora que ya sabemos cómo clasificamos las plantas, nos centraremos en este capítulo en describir la morfología de las plantas. Particularmente veremos cuáles y cómo son las estructuras vegetativas (raíz, tallo y hoja) del grupo de plantas comúnmente llamadas **angiospermas**.

Excluiremos de esta descripción a musgos, helechos y a las gimnospermas. Estas últimas son plantas que producen semillas "desnudas" como las coníferas (por ejemplo la araucaria, alerce, ciprés o mañío).

Las **angiospermas** también son conocidas como las plantas con flor o Magnoliophyta y son el grupo de plantas terrestres más abundante. Son multicelulares, es decir que tienen varios tipos diferentes de células formando tejidos. Las células de cualquier tejido tienen un origen común y una función también común. Los tejidos, en forma colectiva, constituyen órganos, es decir un cuerpo externamente diferenciado. Como mencionamos, los órganos primarios de una angiosperma son: raíz, tallo y hojas (Figura 4). Otras estructuras que no veremos en este capítulo son la flor, el fruto y la semilla (pero puedes indagar sobre ellas en otras fuentes).

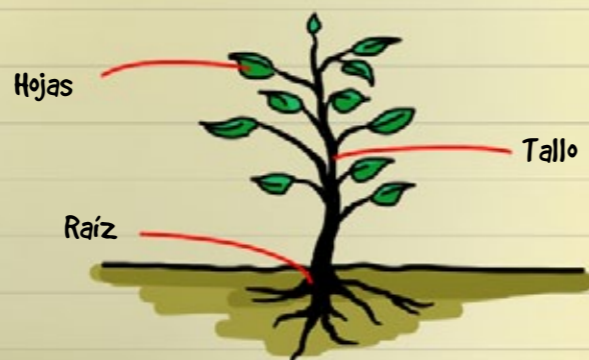


Figura 4. Estructuras vegetativas de una planta compuesta por Raíz, Tallo y Hojas.

**A) El Tallo:** es el órgano de la planta en donde nacen las hojas. Sus funciones principales son las de sostener a la planta y ser la vía de circulación de agua y nutrientes entre las raíces y las hojas. Los tallos son más o menos redondos (eso se puede ver si les hacemos un corte transversal), y por lo común, son más delgados hacia la punta. Las hojas, generalmente, están arregladas de una forma regular sobre el tallo (Ver Figura 5). La hoja nace en el **nudo** el que está implantado en el tallo, y el espacio entre dos nudos sucesivos se denomina **entrenudo**. El ángulo formado por el pedicelo (el "tallito" de la hoja o del fruto) y el tallo se llama **axila**. En la axila se ubica una **yema axilar** la cual es capaz de formar una nueva ramita. Esta yema es muy fácil de observar.

La punta del tallo tiene una **yema terminal** la cual contiene un **meristema apical**. Este meristema es muy importante, pues permite el crecimiento en longitud del tallo, pues allí se produce una fuerte división celular. Esta división "empuja" el meristema apical hacia arriba o hacia adelante en las plantas. El meristema está protegido por hojas jóvenes en desarrollo y a medida que ellas se expanden y se abren hacia afuera del tallo, madurando, las nuevas hojas se forman alrededor del meristema y continúan protegiéndolo. En regiones templadas como Chile, el meristema apical permanece gran parte del año en latencia, es decir sin divisiones celulares, y por lo regular se halla protegido por un grupo de hojas modificadas llamadas **escamas**.

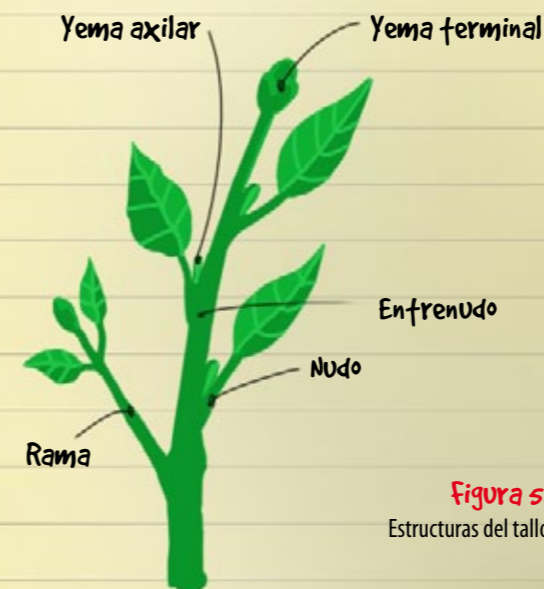


Figura 5. Estructuras del tallo

**hormonas:** sustancia química secretada por células especiales, cuyo fin es afectar otras células o tejidos. Las plantas tienen fitohormonas que regulan determinados fenómenos fisiológicos. Por ejemplo, las auxinas (el Ácido Indolacético y el Ácido Indolbutírico) controlan el crecimiento de las plantas. También son hormonas el ácido abscísico y las giberelinas.



Los tallos pueden estar especializados tanto en su forma como en su función. Estas modificaciones corresponden generalmente a adaptaciones a su medio. Algunos tipos de tallos modificados son:

**Rizoma:** es un tallo subterráneo, alargado, generalmente rico en reservas de alimento, con hojas escamosas y yemas axilares de las cuales nacen raíces **caulinales**. Este tipo de tallo es un importante medio de reproducción vegetativa (o sea sin necesidad de semilla) para la planta. Este tipo de tallo es frecuente en la frutilla del diablo (*Gunnera magellanica*) por ejemplo.

**Tubérculo:** es un tallo subterráneo, muy grueso, corto y carnoso, que se origina por la gran acumulación de reserva de alimento. Se diferencia de los rizomas por su forma más robusta, sus entrenudos más cortos y ausencia de raíces. Puede tener yemas terminales y laterales y cerca de cada yema puede encontrarse una pequeña hoja escamosa. Este tipo de tallo se encuentra en la papa (*Solanum tuberosum*) comestible.

**Bulbo:** consiste en un tallo subterráneo corto, aplastado o en forma de disco, con muchas hojas carnosas y escamosas, y con reserva de alimento. En la parte inferior del tallo existen raíces que se desarrollan cuando hay suficiente humedad. La yema terminal desarrolla un tallo aéreo, donde nacen las flores. Un tipo de planta que posee este tipo de tallo es la cebolla (*Allium cepa*).

**Tallos trepadores:** algunas plantas compiten por la luz y espacio, adaptando sus tallos de forma flexible, lo que da origen a tallos trepadores o en forma de lianas, las cuales pueden trepar sobre otras plantas o sobre muros. Un ejemplo de planta con tallo trepador es la hiedra (*Hedera helix*).

**Zarcillos caulinares:** se trata de tallitos laterales, muy finos y alargados, sencillos o ramificados que tienen la capacidad de rodear los soportes que se le ofrecen, y de este modo fijan a ellos sus tallos. Por ejemplo en el voqui colorado (*Cissus striata*) presenta este tipo de tallos.

**Estolones:** son tallos que crecen horizontalmente en la superficie del suelo, ofreciendo un medio de reproducción vegetativa a la planta. En el extremo de cada estolón se produce una nueva planta. Cuando muere el estolón los hijos quedan independientes de la planta madre. Por ejemplo el cadillo (*Acaena magellanica*) y la frutilla (*Fragaria chiloensis*) presentan estolones.

**Cladodios:** son tallos que se han aplanado y que son capaces de cumplir funciones de acumulación de nutrientes y hacen fotosíntesis. Además son suculentos, grandes y anchos. Los encontramos en varias especies de cactus, como por ejemplo la tuna (*Opuntia* sp.).

**Filocladios:** son tallos aplanados con aspecto de hojas, pero su crecimiento es limitado y no son suculentos. Por ejemplo el Rusco (*Ruscus aculeatus*) presenta este tipo de modificación.

**Espinas caulinares:** son formaciones agudas, con la pared celular engrosada y el interior hueco, por lo que son porciones de tallo muy rígidas. Plantas que presentan espinas caulinares son por ejemplo el Yaquil (*Colletia hystrix*) y los rosales (*Rosa* sp.).

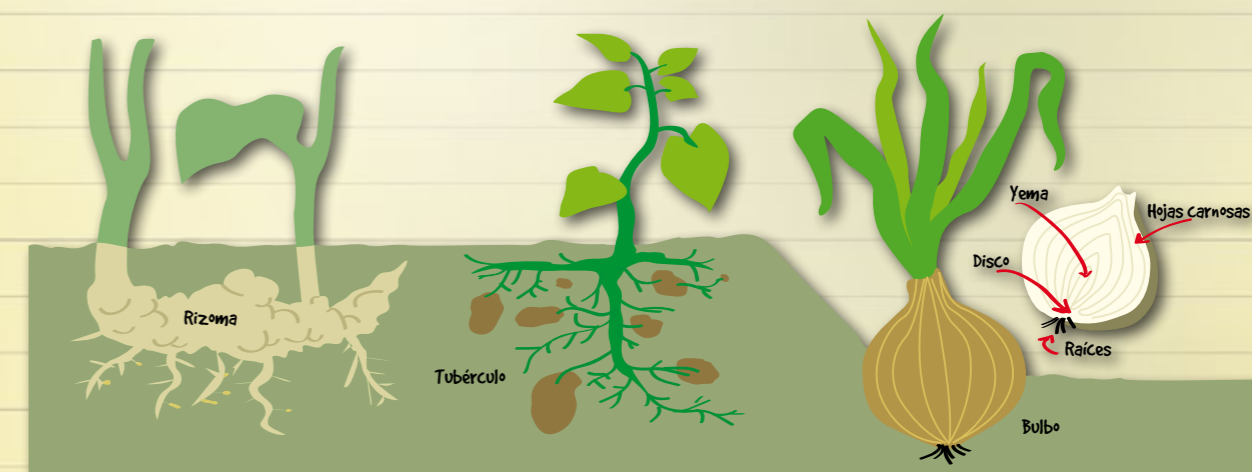


Figura 7. Ejemplos de modificaciones del tallo: estolones, zarcillos, filocladio, espinas.



B) **Las Hojas:** son los órganos donde ocurre la **fotosíntesis**, proceso que realizan todas las plantas. Las hojas nacen desde el tallo y generalmente presentan un **pecíolo**, una **lámina foliar** y **estípulas**. El pecíolo une la lámina foliar al tallo; la lámina foliar es la superficie delgada, aplanada y expandida de la hoja con una cara superior (haz) y otra inferior (envés). Frecuentemente existen uno o dos pequeños apéndices en la base del pecíolo, que son las **estípulas**. Aquellas hojas sin pecíolo, en las cuales la lámina foliar se encuentran pegadas directamente al tallo, se llaman hojas sésiles.

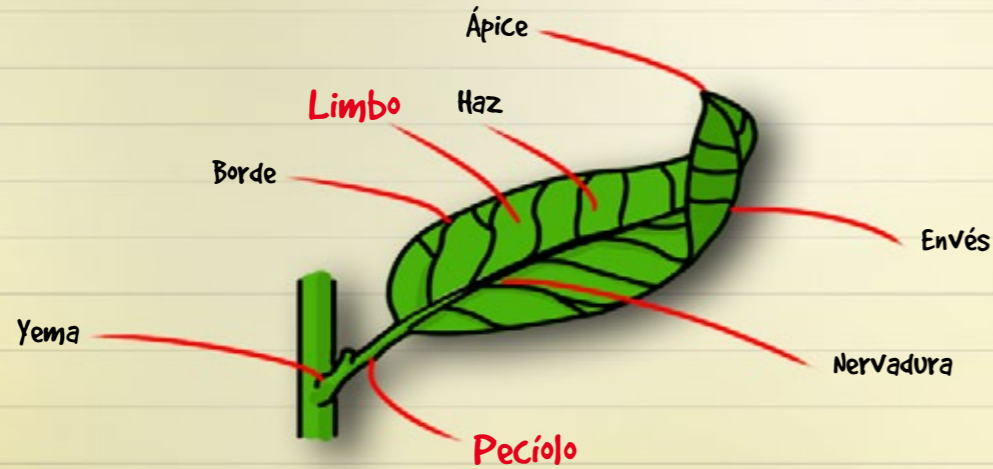


Figura 8. Estructuras de la hoja.

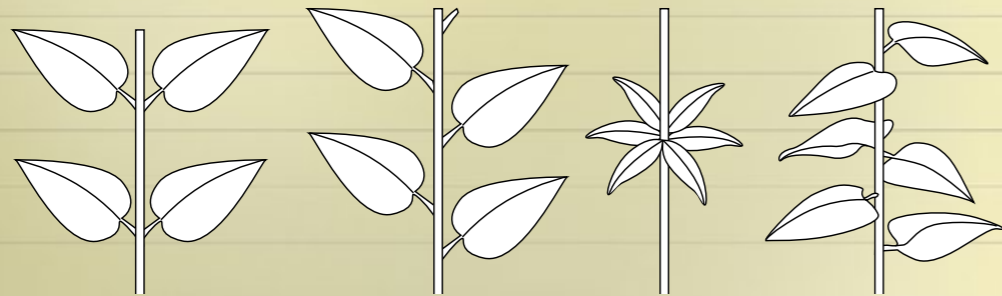


Figura 9. Filotaxis. 2 hojas (opuestas), 1 hoja (alternas), y varias hojas (verticiladas) que nacen desde un mismo nudo.

Las hojas tienen una vida limitada, por lo general solo duran una estación de crecimiento y rara vez duran por varios años. Las plantas leñosas, en que los tallos persisten año a año, pueden ser clasificadas como siempreverdes o deciduas de acuerdo a la duración de las hojas. En las **plantas siempreverdes**, los árboles y arbustos mantienen su follaje durante todo el año y las hojas pueden durar varios años, hasta que una nueva hoja se forme (como en el coigüe de Magallanes). Las hojas de los árboles y arbustos **deciduos** caen al terminar la estación de crecimiento dejando los tallos temporalmente descubiertos hasta la estación de crecimiento siguiente (por ejemplo como ocurre en la lenga).

Las formas de las hojas también varían entre las diferentes plantas (Figura 10) y existe una terminología especial que las describe. Si la hoja es una sola pieza y no se divide se dice que es una hoja **simple**; en cambio si se compone de varios "foliolo" se dice que es **compuesta**. Las hojas compuestas, en la que los foliolo parten de un mismo punto, como en el sauco del diablo (*Raukava laetevirens*) y el chocho (*Lupinus* sp.) son llamadas palmaticompuestas o palmeadas. Las hojas compuestas en las cuales los foliolo se ubican en lados opuestos de un nervio medio, como en la arvejilla (*Lathyrus magellanicus*) y los rosales (*Rosa* sp.) se llaman **pinnaticompuestas**. Existe una nomenclatura enorme para describir tanto la forma, el borde, la venación y las estípulas de las hojas, pero que no trataremos en este capítulo. En todo caso, debes recordar que **no es necesario saber todos estos nombres para hacer indagaciones en ciencia**, y que puedes buscarlos cuando los necesites en un libro de botánica o directamente en el internet.

**Pecioladas**

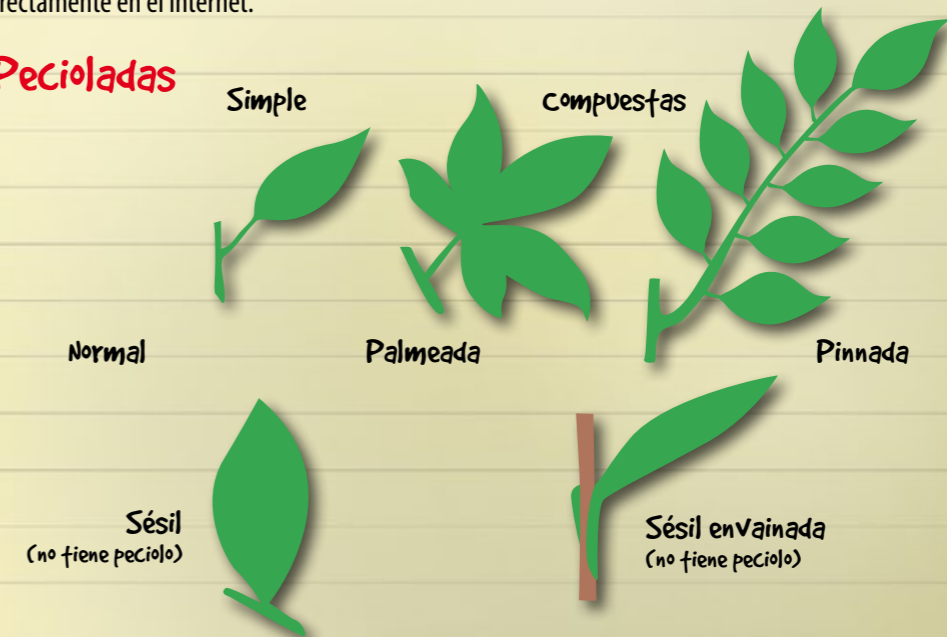


Figura 10. Distintos tipos de hoja.

Al igual que los tallos, las hojas o parte de ellas también pueden estar modificadas y ser altamente especializadas. Las hojas modificadas pueden reconocerse por la posición que ocupan en los nudos, por la presencia de yemas axilares o por la presencia de estípulas. Ejemplos de hojas modificadas son:

**Hojas como órganos de almacenamiento:** Existen hojas que almacenan sustancias de reserva en la base de la lámina foliar, las que son comunes en algunas plantas perennes. Un ejemplo de estas hojas son los **catáfilos**, que son hojas modificadas presentes en tallos subterráneos como los bulbos (cebolla). Otras plantas pueden presentar hojas muy gruesas y suculentas, destinadas al almacenamiento de agua, estas hojas presentan **células parenquimatosas** relativamente grandes, con grandes **vacuolas** centrales, tal como ocurre en la doca (*Carprobrotus* sp.).

**Espinas foliares:** a diferencia de las espinas caulinares (que se originan como una modificación del tallo), las espinas foliares se producen por la transformación de la hoja o parte de ella. Estas contienen gran cantidad de tejido esclerenquimático que otorga resistencia y rigidez. Esto ocurre generalmente en plantas de regiones áridas, ya que al transformarse las hojas en espinas se reduce la transpiración de las plantas, y por lo tanto la pérdida de agua. Un ejemplo son las espinas de los cactus en general.

**Zarcillos foliares:** Son órganos alargados y filiformes (con forma de hilo), que le sirve a ciertas plantas trepadoras para sujetarse a una superficie o a otras plantas. Plantas que tienen zarcillos foliares son la arvejilla (*Lathyrus magellanicus*), el poroto (*Phaseolus vulgaris*) o la arveja (*Pisum sativum*).

**Filodios:** es una modificación del peciolo de la hoja que adquiere la forma y función de la lámina foliar (y realiza fotosíntesis). En este caso el peciolo se aplana y reemplaza a la lámina foliar cuando ésta se cae. Esto se da en el aramo australiano (*Acacia melanoxylon*).

**Hojas de plantas Carnívoras o insectívoras:** en aquellos suelos especialmente pobres en nitrógeno, existen plantas especializadas que pueden capturar y digerir pequeños insectos. Para la captura de estos insectos, sus hojas se han modificado adquiriendo una gran variabilidad de formas. Las hojas pueden tener pelos glandulares que secretan jugos digestivos, como es el ejemplo de *Drosera uniflora* (existente en Tierra del Fuego). Otras plantas tienen hojas que se cierran y atrapan al insecto entre ellas, a la vez que tienen pelos glandulares digestivos en su superficie. Un género que tiene estas hojas es *Dionaea*. Y aún existen plantas como las del género *Nepenthes*, las que tienen hojas en forma de jarro con una tapa que atrapa al insecto en su interior (Figura 11).



Figura 11. Modificaciones de las hojas

**B) La Raíz:** es el órgano generalmente subterráneo de las la mayoría de las plantas vasculares. Al revés de los tallos que crecen en contra de la fuerza de gravedad, las raíces lo hacen típicamente en dirección de ella.

Las raíces al igual que los tallos son en general cilíndricas, angostándose hacia la punta. Por lo general son mucho más torcidas que los tallos, debido a que la dirección de su crecimiento es influida también por piedras y otros obstáculos que son comunes en el suelo.

A diferencia del tallo, las raíces no tienen hojas, por lo que carecen de nudos y entrenudos. Las ramificaciones de las raíces se forman desde los tejidos internos y no desde yemas axilares como en el tallo. El meristema apical de una raíz está cubierto por un tejido especial protector, la **cofia**. Las dos principales funciones de las raíces son el anclaje de la planta al sustrato y la absorción de agua y minerales desde el suelo. Una tercera función importante en muchas raíces es el almacenamiento de nutrientes.

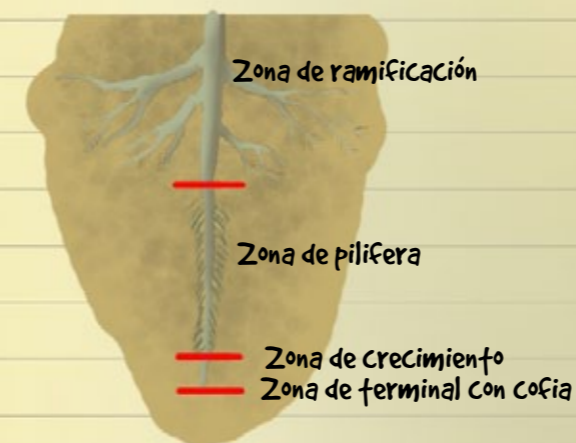


Figura 12. Esquema de la raíz

Tal como las hojas y los tallos, las raíces también pueden modificarse, y algunos ejemplos de esto incluyen:

**Raíces almacenadoras:** todas las raíces pueden almacenar temporalmente una pequeña cantidad de alimentos, pero a veces ellas almacenan gran cantidad de sustancias y se modifican notablemente. Con frecuencia se engrosa total o parcialmente la raíz principal, como es el caso de la zanahoria (*Daucus carota*), el rábano (*Raphanus sativa*) o el nabo (*Brassica napa*).



**Raíces aéreas:** a pesar que las raíces casi siempre son subterráneas, en algunas especies se encuentran expuestas al aire, por lo que se denominan raíces aéreas. Este tipo está presente en plantas que crecen sobre otras plantas (llamadas epífitas), como es el caso de las bellas orquídeas tropicales. O de especies que absorben agua y sustancias minerales directamente de la lluvia, como es el caso de los manglares (árboles que viven en estuarios).

**Raíces trepadoras:** son raíces que crecen a lo largo de tallos que trepan sobre sustratos verticales. Los tallos generan una gran cantidad de raíces de fijación, aplanadas, que se adhieren al sustrato: las llamadas raíces adventicias. Un ejemplo de plantas con raíces adventicias son la hiedra (*Hedera helix*) o el voqui naranjo (*Hydrangea serratifolia*).

**Raíces de plantas parásitas:** las plantas parásitas son las que obtienen parcial o totalmente sus nutrientes de otra planta (llamada huésped) y no de su propia fotosíntesis. Ellas tienen un tipo especializado de raíces los denominados **haustorios**. Éstos penetran hasta los tejidos vasculares del huésped, absorbiendo sus alimentos y agua. Por ejemplo especies parásitas son el farolito (*Misodendrum* sp.) o el quintral (*Tristerix* sp.).

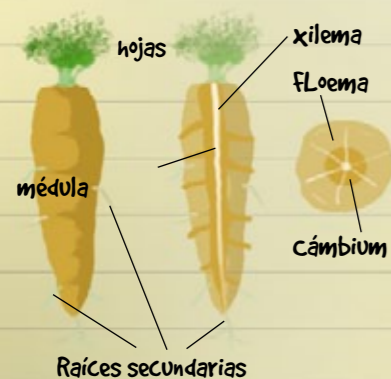
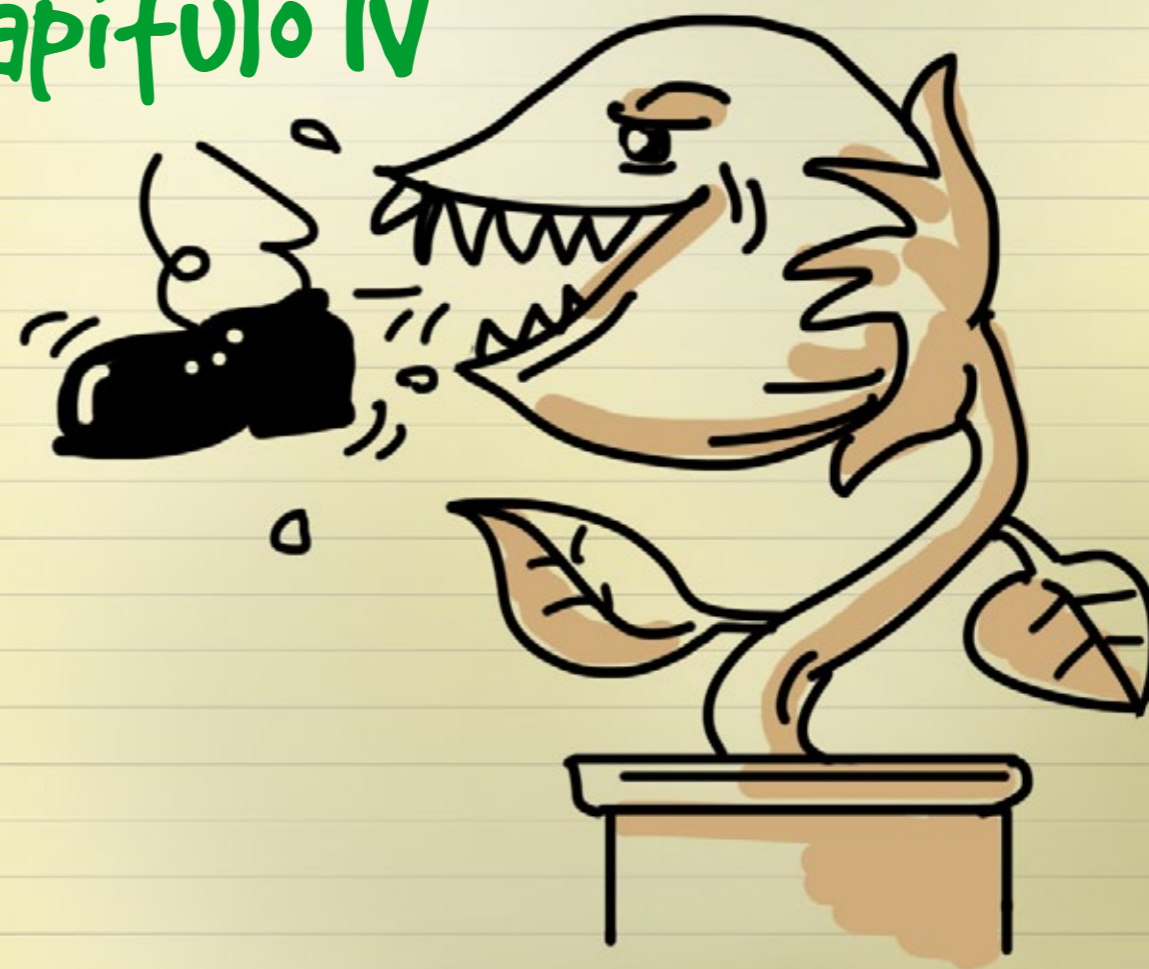


Figura 13. Raíces modificadas: almacenadora, trepadora, aérea.

## Ejercicios de Indagación: Capítulo IV



**1) Inquietud:**

En las cercanías de nuestras casas, escuelas o campos podemos observar una gran variedad de plantas. Podemos ver plantas de distintos tamaños, formas, colores. Algunas tienen flores, otras no. Algunas plantas serán árboles, otros arbustos, algunas son pastos o hierbas ¿Podrías reconocer las especies de plantas que hay en las cercanías de tu casa o escuela según las características morfológicas que observamos en ellas?

**Pregunta:**

¿Cuáles son las diferencias y similitudes morfológicas entre cinco tipos diferentes de plantas que crecen en las cercanías de tu casa o escuela?

Qué medimos: .....

Qué comparamos: .....

**Acción:**

Los invitamos a recorrer la plaza más cercana a su casa o escuela. Y luego identifiquen al menos cinco tipos de plantas diferentes.

Anoten las diferencias y similitudes que existen entre las cinco plantas. Pueden completar la siguiente tabla:



	Especie 1	Especie 2	Especie 3	Especie 4	Especie 5
Tipo de hábito de la planta: árbol, arbusto o hierba					
Dibujo de la planta					
Forma, tamaño y color del tallo (identificar además si hay una modificación del tallo. Por ejemplo: bulbo, tallo trepador, zarcillos caulinares, estolones, cladodios, etc.)					
Forma, tamaño y color de la hoja					
Hoja sencilla o compuesta (Identificar además si hay una modificación de la hoja. Por ejemplo: espinas foliares, zarcillos foliares, filodios, etc.)					
Forma, tamaño y color de la flor					
Otras características					
Posible nombre de la planta					

**Reflexión:**

Les sugerimos algunas preguntas con las que pueden iniciar la reflexión. ¿Puedes reconocer distintas especies de plantas por sus diferencias morfológicas? ¿En qué otras características nos podemos fijar para reconocer o distinguir distintas especies de plantas?

2) Te invitamos a elegir una planta y que la dibujes lo más detalladamente posible. A continuación anota cada una de las estructuras morfológicas que puedes distinguir. Si no sabes el nombre de cada estructura, puedes inventarle un nombre. ¿Qué función cumplirá para la planta cada una de sus partes?





**Capítulo V:**  
**Reproducción de Especies**  
**Vegetales Nativas**

Autor: Roberto Niculcar



**Genética:** es aquella información heredada de padres a hijos, necesaria para el desarrollo y funcionamiento de los seres vivos. La información genética está contenida en todas las células, conformado los genes o ADN

Las plantas hoy en día y desde siempre han sido fuente de beneficios para nosotros. Nos proveen nuestro alimento, ropa y calzado, sirven como refugio, utilizamos su leña, sus colorantes, medicina y hasta nos sirven como adornos, entre muchos otros usos.

Producto de variadas causas, muchas de ellas de origen humano, día a día se pierden especies en el planeta, incluyendo muchas especies de plantas. La pérdida de especies vegetales afecta diversos componentes de la biodiversidad como: desaparición de hábitat, deterioro de ecosistemas, pérdida de alimentos, entre muchas otras. Una de las consecuencias críticas asociada a la desaparición de una planta es la pérdida de la información **genética** que ella contiene.

Gracias a modernas técnicas de laboratorio, existen hoy día, técnicas que permiten conservar material genético vegetal a mediano y largo plazo. Un ejemplo de esto son los bancos de germoplasma, que son instalaciones especialmente diseñadas en los que es posible conservar semillas o tejidos vegetales en buen estado por mucho tiempo, lo que permite preservar su información genética (ADN) para el futuro. Parte importante del trabajo que realizan estos bancos incluye el estudio de las formas en que se puede multiplicar este material vegetal almacenado.

En teoría, los bancos de germoplasma ayudan a la reproducción de especies (especialmente aquellas que tienen problemas de conservación) y su reinscripción al medio ambiente. El conocimiento sobre la reproducción de especies ayudaría a la conservación de especies que son escasas o **endémicas** de un determinado lugar y así aumentar su número cuando sea necesario, por ejemplo para ayudar en la recuperación de ecosistemas degradados.

Una forma barata y sencilla de preservar plantas es conservando sus semillas, pues la semilla es la estructura mediante la cual se propagan de forma natural una gran variedad de plantas. En la semilla se encuentra la información genética y las estructuras necesarias para producir un individuo completo, y en condiciones favorables permite su reproducción.

Para poder reproducir una planta, es necesario utilizar sus semillas de manera adecuada, colectándolas por ejemplo cuando están maduras, y como muchas otras cosas en

**Endémicas:** Indica el tipo de distribución geográfica de cualquier taxón cuando éste se limita a un área determinada. Este término se puede aplicar a cualquier escala, pero mientras menor sea el área de distribución de un grupo, mayor será su endemismo. Es así que existirán grupos endémicos a Tierra del Fuego, mientras otros podrán ser endémicos a los bosques subantárticos, o incluso grupos que pueden ser endémicos a nivel del cono sur sudamericano.

ciencias, es necesario observar para poder conocer y en este caso, para saber cómo ellas se dispersan en el ambiente. Veremos a continuación las formas en que las semillas se dispersan y germinan, y cómo podremos usar esta información para ayudar a su propagación en la naturaleza, especialmente en la restauración de ecosistemas que están degradados y que necesitan recuperar su cubierta vegetal.

### Métodos de Dispersión de semillas

Las plantas con flor producen frutos, que son los órganos que contienen las semillas. Ellas son capaces de modificar estas estructuras, con el único objetivo de ayudar a su dispersión. Esto es importante pues permite la reproducción del individuo y la persistencia de la especie. Por ejemplo las semillas de romerillo (*Chiliodendron diffusum*) se dispersan a través del **viento** (anemocoría), y sus semillas presentan adaptaciones que le permiten "volar". Cuando la semilla se desprende fácilmente y es llevada por el viento sabremos que esa semilla está madura.



**Fotografía 1.** Semilla de romerillo (*Chiliodendron diffusum*), y planta con semillas en estado óptimo de dispersión.



Existen otras especies de plantas que son dispersadas por los animales (zoocoría) los cuales comen los frutos en un sitio y defecan las semillas que contiene en otro lugar. En Magallanes, el calafate (*Berberis microphylla*), o la frutilla silvestre (*Rubus geoides*) presentan este tipo de dispersión. Generalmente estas plantas tienen frutos dulces y carnosos (con pulpa), las que atraen animales. Las semillas que son comidas pasan a través del sistema digestivo y este proceso les entrega un "tratamiento natural" que remueve cubiertas duras y/o impermeables, lo cual permite luego su germinación exitosa. Este proceso se llama



escarificación ácida, pues son los ácidos gástricos del estómago de los animales que las comen lo que afecta estas cubiertas, ablandándolas o eliminándolas. En este caso sabremos que la semilla está madura, cuando el fruto lo está, y por lo tanto está listo para ser consumido.



Otra forma de zoocoría se da cuando las semillas son transportadas adosadas o pegadas a los pelos o plumas de animales (incluido el ser humano), como por ejemplo los molestos frutos del cadillo (*Acaena* sp.). Estas especies presentan adaptaciones como ganchos que les permiten fijarse en la ropa, piel o pelo de los animales y así ser transportadas lejos de su planta parental.

**Fotografía 2.** Cubiertas duras (testa) de semillas de calafate (*Berberis microphylla*) que son degradadas por escarificación química en el estómago de los animales que consumen el fruto



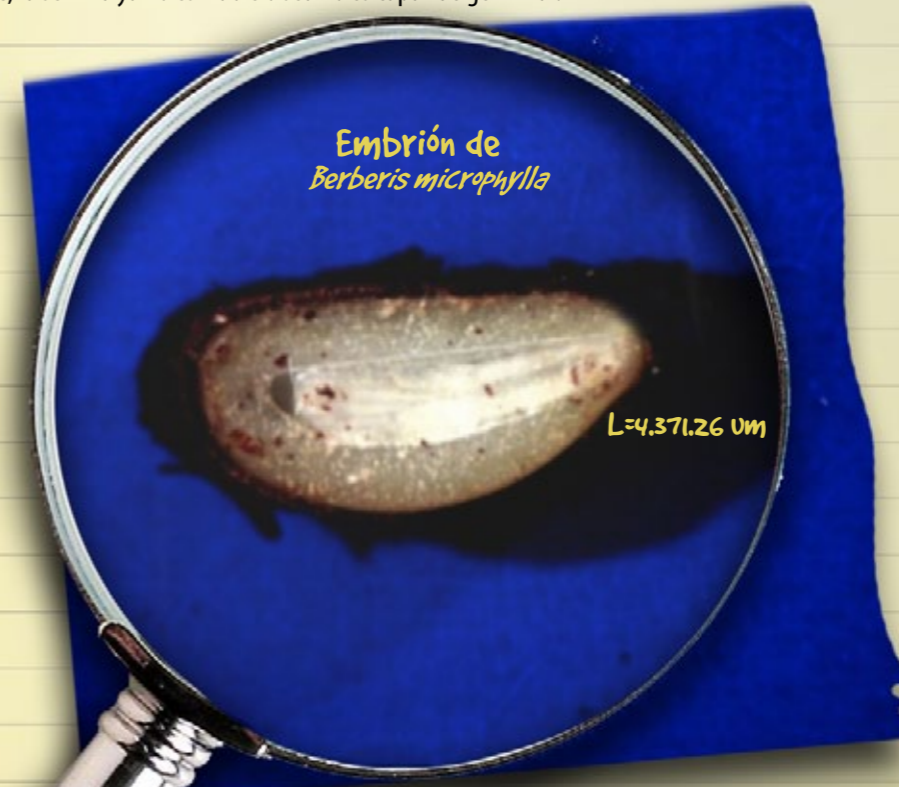
**Fotografía 3.** Ganchos (gloquidios) de semilla de *Acaena* sp.

### Condiciones para la Germinación de las semillas

Tal como los animales, el embrión es el que tiene el potencial para desarrollar un nuevo organismo. En las plantas este embrión se encuentra en las semillas, y bajo condiciones favorables puede llegar a desarrollarse hasta una planta adulta. Por lo tanto, el embrión es la estructura responsable de que las semillas germinen.

Ya vimos que la etapa inicial de la reproducción de las plantas es la dispersión de las semillas, la cual puede tomar algún tiempo. Mientras eso ocurre el embrión se mantiene vivo, pero en un estado de latencia (parece estar "dormido"), y permanece así hasta que alcanza condiciones favorables para la germinación: humedad suficiente y temperatura adecuada.

Una semilla puede permanecer muchos años en latencia, según la especie, y luego de eso germinar. Pero cuando el embrión muere, la semilla ya no es viable o sea no es capaz de germinar.



**Embrión de**  
*Berberis microphylla*

**Fotografía 4.** Semilla de calafate (*Berberis microphylla*). El embrión corresponde a la estructura más blanca que está en el centro de la semilla. El resto corresponde a material nutritivo que le permitirá sobrevivir en sus primeras etapas cuando germine.



Bajo condiciones de humedad y temperatura adecuada todas las semillas absorben agua, la cual entra a la semilla en forma directa. Una vez que ingresa el agua a la semilla, éstas aumentan de peso y de tamaño, y aquellas semillas que posean un embrión vivo serán capaces de germinar. Las semillas que poseen el embrión muerto a pesar de absorber agua no podrán germinar nunca.

Las semillas de las plantas de la Región de Magallanes presentan una característica que responde a la necesidad de sobrevivir a un clima muy frío, y que corresponde a un sistema de protección que ayuda a que su germinación ocurra en la primavera, que es el período del año que presenta mejores condiciones ambientales (de humedad y temperatura) en la región. Es así que en Magallanes, las semillas están listas para ser dispersadas a fines del verano o comienzos de otoño (febrero-marzo). Sin embargo, su germinación sólo se inicia en la primavera siguiente (septiembre en adelante). Para lograr esto, las semillas poseen compuestos (el más común es el ácido abscísico) que impiden su germinación inmediata (inhibidores). La germinación en estas plantas puede ocurrir sólo cuando estos inhibidores son eliminados de la semilla. En forma natural los inhibidores se destruyen con el frío, luego del paso del invierno, en un proceso llamado **estratificación en frío**. En el banco de germoplasma, si queremos lograr la germinación de una de estas semillas, debemos intentar replicar este proceso natural, para lo cual las hacemos pasar por un periodo de frío (4 °C) y humedad de al menos 60-90 días, lo que permite eliminar el ácido abscísico, y con ello desatar el proceso de germinación. La frutilla silvestre (*Rubus geoides*), muy común en la región de Magallanes es una especie que requiere estratificación en frío para germinar.

Otra característica que utilizan las plantas para ayudar a la germinación es la producción de una cantidad muy alta de semillas. Ello ayuda a aumentar la probabilidad que alguna de las semillas producidas por la planta, llegue a un lugar adecuado para su germinación. En Magallanes este mecanismo se observa en el romerillo (*Chiliotrichum diffusum*), especies que produce muchísimas semillas, las que son dispersadas por el viento.

Por lo tanto, si queremos hacer germinar especies de plantas nativas de Magallanes, necesitaremos recolectar sus frutos en los meses de febrero a marzo, secarlas, limpiarlas quitándole la parte carnosa, y luego dejarlas en un refrigerador a 4 °C aproximadamente por unos tres meses. Cumplido este plazo podremos iniciar el proceso de germinación.

#### Germinación de semillas en laboratorio

A diferencia de lo que ocurre en la naturaleza, en el laboratorio es posible controlar algunas condiciones ambientales, como temperatura, humedad, presencia de depredadores o patógenos, lo que puede favorecer la germinación de semillas.

Como se mencionó, la humedad y la temperatura son factores críticos en el proceso de germinación. Las condiciones adecuadas de humedad deben ser constantes y eso puede lograrse utilizando un papel absorbente como sustrato para la semilla, el cual

debe mantenerse húmedo. El agua debe humedecer todo el papel, pero sin que exista agua en exceso o en forma visible. Las condiciones adecuadas de temperatura para la germinación dependen de cada especie, pero oscilan entre los 15-25 °C, por lo cual en general utilizamos una temperatura promedio de 20° C. Es importante cuidar que el papel no pierda su humedad en ningún momento.

Las condiciones de humedad y temperatura que favorecen la germinación, también ayudan al desarrollo de hongos, los cuales pueden destruir la planta. Para reducir este riesgo es necesario desinfectar las semillas antes de hacerlas germinar. Esto se puede hacer de forma económica con cloro comercial: para lo cual, con ayuda de un adulto, debemos colocar 200 cc de cloro comercial en una botella de vidrio y a continuación agregar 800 cc de agua. Con esto se logra una solución de cloro al 1% en la cual tenemos que sumergir y agitar las semillas por 15 minutos. Luego de esto lavamos las semillas con agua a lo menos tres veces, luego de lo cual están listas para ser "sembradas".

El tiempo que demorarán las semillas en germinar en el laboratorio dependerá de diversos factores, especialmente de la presencia de inhibidores o de cubiertas protectoras de semillas. En algunos casos los inhibidores se eliminan con la exposición de las semillas al frío (**estratificación en frío**), tal como señalamos como ocurre con varias especies de Magallanes. En otros casos se pueden utilizar productos químicos como el nitrato de potasio o el ácido giberélico, para lograr la remoción de los inhibidores.

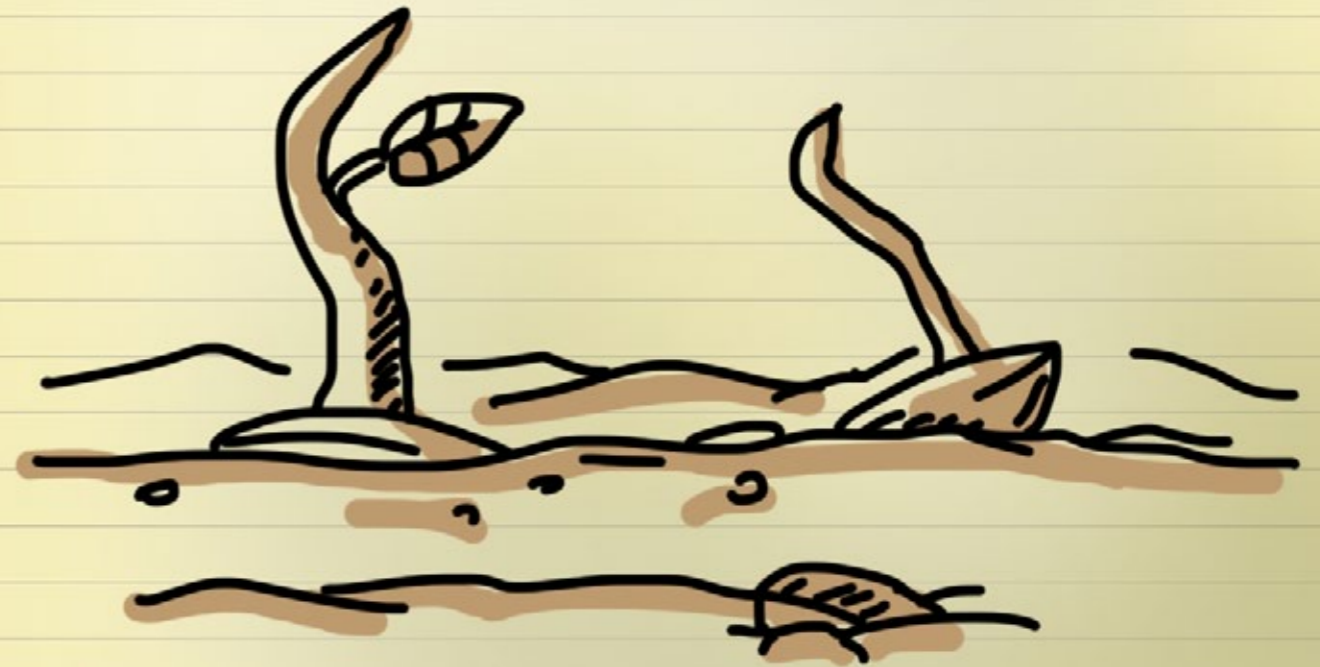
Para la remoción de cubiertas de semillas, las cuales en la naturaleza son removidas durante el paso del tracto digestivo de un animal, se puede utilizar remoción mecánica: ya sea lijando la semilla (**escarificación mecánica**), o remoción química: sumergiendo las semillas en ácido clorhídrico o sulfúrico diluido (**escarificación química**). Las semillas de calafate (*Berberis microphylla*) deben ser tratadas de esta forma en el laboratorio para ayudar a su germinación.



**Fotografía 5.**  
Germinación de *Luzula*  
sp. (a la izquierda)  
y *Acaena* sp. (a la  
derecha)



## Ejercicios de Indagación: Capítulo V



**1) Inquietud:**

Durante el capítulo hemos visto que ciertas semillas pueden permanecer un período en latencia antes de germinar. Y sólo germinan cuando las condiciones ambientales son favorables. Pero hay ciertas técnicas de laboratorio que pueden favorecer el proceso de germinación de semillas como por ejemplo la escarificación ácida o la estratificación en frío ¿En qué consistirán ambos procesos?

**Pregunta:**

¿Cuáles son las diferencias y similitudes entre los procesos de escarificación ácida y estratificación en frío? ¿Qué plantas en Magallanes utilizan estos mecanismos?

Qué medimos: .....

Qué comparamos: .....

**Acción:**

Completen la siguiente tabla para evaluar las diferencias y similitudes de ambos procesos.

	Escarificación ácida	Estratificación en frío
Definición sencilla		
¿Qué agentes producen estos procesos?		
¿Qué se elimina durante estos procesos?		
¿Qué se facilita durante estos procesos?		
Ejemplo de otras especies que utilizan estos mecanismos en su reproducción		

**Reflexión:**

¿Qué tienen en común ambos procesos de germinación? ¿Qué será la escarificación mecánica y la estratificación cálida? ¿Existirán otros procesos que faciliten la germinación de las semillas? Con estas preguntas te guiamos para que inicies la reflexión.

**2) Inquietud:**

Las semillas al ser puestas en condiciones adecuadas de humedad y temperatura empiezan el proceso de germinación, proceso en el que la semilla se desarrolla hasta convertirse en una nueva planta ¿Qué cambios van ocurriendo durante el proceso de germinación de semillas?

**Pregunta:**

¿Cómo varían las características y el peso de 100 semillas de calafate antes de sembrarlas y luego de una semana de ser sembradas en laboratorio?

Qué medimos: .....

Qué comparamos: .....

**Acción:**

- Recolecta unos 25 frutos maduros de calafate (*Berberis microphylla*).
- Elimina la pulpa de los frutos y separa las semillas. Limpia y seca las semillas con papel (toalla nova). Deja secar estas semillas en un lugar seco por 3 días. Dibuja las semillas y anota sus características.
- Pesa 100 semillas en una balanza.
- Desinfecta las semillas en cloro al 1% por 15 minutos, y luego lávalas con abundante agua tres veces.
- Una vez que las semillas están desinfectadas, siébralas en papel húmedo, y asegúrate de que el papel no se seque y que presente una humedad suficiente pero no excesiva (que no queden flotando).
- Espera una semana. Una vez concluido este tiempo observa las semillas, dibújalas nuevamente y anota las diferencias.
- Pesa las 100 semillas y compara los resultados.
- Completa la siguiente tabla:



	Semillas de calafate antes de ser sembradas	Semillas de calafate luego de una semana de ser sembradas
Dibujo		
Características (Pueden ser características cualitativas, como por ejemplo color, forma o textura o características cuantitativas como tamaño, en cuyo caso debes medirlas. Anoten todas las características que se les ocurra)		
Peso de 100 semillas		

**Reflexión:**

¿Qué diferencias de peso hay entre las semillas antes de ser sembradas y luego de una semana de ser sembradas? En caso de que si haya o no haya diferencias en el peso de las semillas ¿por qué podría haber pasado eso? ¿Qué cambios en el peso y en las características de las semillas piensas que habrá a las dos semanas de sembradas? ¿Y a las tres semanas? ¿Cuánto tiempo tarda en formarse la nueva planta de calafate? ¿Ocurren lo mismos cambios con las semillas de otras plantas?

3) Recolecta semillas maduras de cadillo (*Acaena magellanica*), desinfectalas en cloro al 1% por 15 minutos y siébralas tal como se indica en el ejercicio anterior. Revisa constantemente la humedad del papel, el cual debe estar húmedo sin que las semillas floten en el recipiente que contenga el papel. Coloca el recipiente en un lugar con una temperatura constante de 20°C aproximadamente. Observa y describe como ocurre la germinación. Puedes hacer un dibujo de cada día.

Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día ...
				Día 30

**3) Inquietud:**

Las características de los frutos y semillas nos pueden ayudar a identificar a qué especie de planta corresponde. Pero por otra parte, las semillas idealmente deben dispersarse a cierta distancia de la planta madre. Para esto existen diversas formas o estrategias para dispersar las semillas como por ejemplo la dispersión por viento (anemocoría) o dispersión por animales (la zoocoría). ¿Existirá una relación entre las características del fruto y la estrategia que usa la planta para dispersar sus semillas?

**Pregunta:**

¿Cuáles son las diferencias y similitudes de los frutos y semillas de cadillo (*Acaena magellanica*), frutilla silvestre (*Rubus geoides*), romerillo (*Chiliodendron diffusum*) y calafate (*Berberis microphylla*)?

Qué medimos: .....

Qué comparamos: .....

**Acción:**

- Recolecta un par de frutos maduros de las cuatro especies de plantas
- Distingue y separa los frutos y las semillas. En el caso de los frutos carnosos, elimina la pulpa de los frutos y separa las semillas. Limpia y seca las semillas con papel (toalla nova). Dibuja los frutos y semillas y anota sus características.
- Completa la siguiente tabla:

	Cadillo		Frutilla silvestre		Romerillo		Calafate	
	Frutos	Semillas	Frutos	Semillas	Frutos	Semillas	Frutos	Semillas
Dibujo								
Color								
Forma								
Olor								
Sabor (prueba sólo un poquito)								
Forma probable de dispersión								

**Reflexión:**

¿Qué especies tienen los frutos más similares? ¿Y qué especies tienen los frutos más diferentes? ¿Las características del fruto tendrán alguna relación con su modo de dispersión? ¿Qué frutos serán dispersados por animales? ¿y cuáles por viento?

**Capítulo VI:**

Experiencia Proyecto Explora - CONICYT

**“Restaurando Caminos para la Conservación biológica en Tierra del Fuego”**

Autores: Fiorella Repetto-Giavelli & Ernesto Teneb





El proyecto “Restaurando caminos para la conservación biológica en Tierra del Fuego” fue implementado por el Liceo Polivalente Hernando de Magallanes, la Escuela Bernardo O’Higgins, ambas de Porvenir en Tierra del Fuego, y Wildlife Conservation Society (WCS). Este proyecto fue co-financiado por el Programa Explora de CONICYT y tuvo como objetivo dar a conocer las bases de la restauración ecológica, conocer el potencial existente en la zona para restaurar áreas que han sufrido degradación ambiental, y experimentar con este aprendizaje en el terreno: dentro del Parque Karukinka. Dado que abordamos la restauración ecológica desde el punto de vista vegetacional, este proyecto ofreció una oportunidad para realizar investigación y educación con la flora nativa de Tierra del Fuego, y caminar el camino de la conservación de la biodiversidad de Magallanes, de la mano con nuestros jóvenes estudiantes fueguinos y sus profesores.

El proyecto incluyó diversos talleres y charlas en temas de restauración, indagación científica, botánica, reproducción de plantas, y otros, las que fueron dictadas por expertos en las distintas materias. Y como la restauración ecológica opera en la naturaleza, una parte importante de nuestro trabajo fue aplicar lo aprendido en terreno, realizando experimentos en Karukinka, parque administrado por WCS y que se encuentra al sur de Tierra del Fuego. Este capítulo resume nuestra experiencia, con la idea que pueda servir a estudiantes y profesores de otras partes.

¡Esperamos que este capítulo sirva como una invitación final a ustedes a tirarse a la piscina de la restauración y que puedan generar sus propias investigaciones en sus respectivas escuelas y liceos!

## Actividades realizadas durante el Proyecto

### Talleres: Indagación Científica y Botánica

El primer taller trató el tema de la “Indagación Científica”, donde Wara Marcelo (ecóloga de la Universidad Austral de Chile y del IEB -Instituto de Ecología y Biodiversidad-) acercó la mirada científica a todos los estudiantes, y mostró la forma en que podemos hacer ciencia en nuestras propias escuelas.

Wara comenzó por borrar la falsa creencia que “hacer ciencia es difícil” o que “un investigador es un adulto que usa lentes y es muy serio”. Con ella aprendimos que todos podemos ser científicos, y para hacerlo sólo necesitamos aplicar un sencillo método: el Ciclo de Indagación (Capítulo 2). Para aprender a aplicarlo, fuimos al patio de la escuela y en pequeñas parcelas, nos hicimos preguntas y tratamos de responderlas con acciones sencillas que se nos ocurrieron en ese momento, mientras observábamos ese “micro mundo”. Este Taller finalizó con la presentación de las mini-investigaciones que realizaron todos los estudiantes, donde mostraron: sus preguntas (u objetos de estudio), y las acciones que se les ocurrió podrían responder cada una de ellas (su

método). Para darle más realce al trabajo, hicimos un mini-Congreso Científico, tal como lo hacen los científicos todo el tiempo en Chile y el mundo. ¡Todos escuchamos, aprendimos, preguntamos, y compartimos el “hacer ciencia” en Porvenir!



Fotografía 1. Wara Marcelo durante Taller de Indagación científica a niños de la Escuela Bernardo O’Higgins, Porvenir, Tierra del Fuego

El segundo taller fue realizado por Ernesto Teneb (botánico de la Universidad de Magallanes), quién nos enseñó sobre Botánica, una de las disciplinas más importantes de la ciencia y fundamental para poder hacer restauración ecológica.

Este taller partió con una presentación general de la disciplina y luego nos fuimos a la parte práctica, donde pudimos meter las manos en la “masa”, o mejor dicho en las plantas. Aprendimos allí a reconocer lo que es una planta: sus distintas partes, tipos de frutos, modificaciones de hojas, tallos y raíces. Muy importante para nosotros, fue aprender a diferenciar especies nativas de aquellas que son introducidas. Al final del taller literalmente nos comimos nuestro trabajo, pues probamos algunos frutos de estas plantas, y disfrutamos de tunas y almendras, entre otras, luego de haberlas “disectado” en el laboratorio!





**Fotografías 2 y 3.** Ernesto Teneb durante el Taller de Botánica. A la izquierda en la Escuela Bernardo O'Higgins, y a la derecha en el Liceo Hernando de Magallanes, en Porvenir, Tierra del Fuego.

### Visitas a Banco de Germoplasma y Vivero

Tomamos el ferry y cruzamos el Estrecho de Magallanes para visitar en Punta Arenas el Banco de Germoplasma del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), donde el agrónomo Roberto Niculcar nos mostró las instalaciones y el trabajo que realiza día a día. Este banco es una reserva de genes. Se espera que guarde parte del material vegetal de la zona, y que en conjunto con otras acciones de conservación como áreas protegidas o manejo sostenido, pueda ayudar a mantener poblaciones de plantas nativas.

Aprendimos de la importancia de conservar semillas en sitios seguros (*ex situ*) y de saber cómo reproducirlas, especialmente aquellas que tienen algún problema de conservación en la Región de Magallanes. Pudimos ver como se realizan investigaciones para reproducir cada especie.



Experiencia

**Fotografías 4 y 5.** Estudiantes en el Banco de Germoplasma del Servicio Agrícola y Ganadero, en Punta Arenas, Región de Magallanes.

También visitamos el Vivero Río de los Ciervos que la Corporación Nacional Forestal (CONAF) mantiene en las afueras de Punta Arenas. Este vivero es como una incubadora de árboles, pues su objetivo es reproducirlos allí masivamente. El personal de CONAF nos enseñó las distintas técnicas que utilizan para la reproducción de las plantas, la época en que se debe efectuar su trasplante al suelo, cómo se colectan las semillas para producir los pequeños árboles. Recorrimos las instalaciones y vimos cómo en la práctica es posible reproducir de especies de árboles tanto nativas como introducidas.



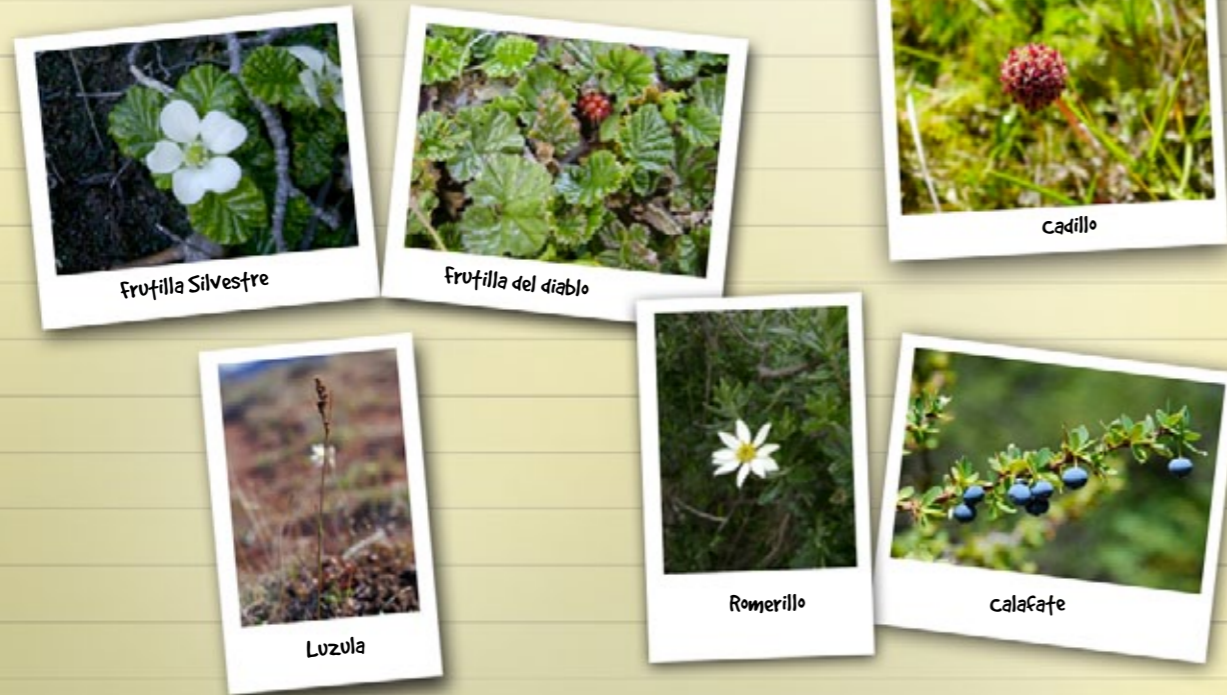
**Fotografías 6 y 7.** Estudiantes en Vivero Río de los Ciervos de CONAF, escuchando a Jorge Barria, encargado de las instalaciones. Punta Arenas, Región de Magallanes



### Experimentos germinación y restauración

Con todo lo aprendido dimos comienzo a nuestros experimentos: primero de germinación (en laboratorio) y luego de restauración (en terreno). Utilizamos para la germinación el Centro Universitario de Porvenir, de la Universidad de Magallanes, donde trabajamos con Alejandro Núñez, quien es agrónomo y su director. Para finalizar experimentamos con restauración en el Parque Karukinka, distante casi 300 km al sur de Porvenir.

Nuestra primera pregunta se enfocó en comparar dos técnicas distintas para reproducir flora nativa: por germinación de semillas y por enraizamiento de estacas. Utilizamos especies de Tierra del Fuego, incluyendo: frutilla silvestre (*Rubus geoides*), frutilla del diablo (*Gunnera magellanica*), cadillo (*Acaena magellanica*), luzula (*Luzula chilensis*), romerillo (*Chiliodrion diffusum*) y calafate (*Berberis microphylla*).



**Fotografía 8.** Especies utilizadas en experimentos de germinación y enraizamiento: frutilla silvestre (*Rubus geoides*), frutilla del diablo (*Gunnera magellanica*), cadillo (*Acaena magellanica*), luzula (*Luzula chilensis*), romerillo (*Chiliodrion diffusum*) y calafate (*Berberis microphylla*).

En el experimento de germinación comparamos tres tratamientos diferentes: **escarificación química** (imita el efecto que recibe la semilla cuando pasa por el tracto digestivo de los animales), **escarificación física** (imita el efecto que recibe la semilla cuando pierde su cubierta a causa del paso del tiempo) **aplicación de giberelina** (hormona, la cual aplicada manualmente imita el proceso natural de interrumpir el período de latencia de las semillas). Y por supuesto, como en todo experimento, hicimos un control, en el cual no aplicamos ninguno de los tratamientos. Tanto los tratamientos como el control tuvieron una réplica, es decir los hicimos duplicados. “Sembramos” en el laboratorio 50 semillas por tratamiento (N=200 por especie) y medimos los porcentajes de germinación en cada caso luego de un mes de atentos y cariñosos cuidados.

Tabla 1. Resultados primer experimento: Porcentaje de germinación de semillas

PORCENTAJE GERMINACIÓN DE SEMILLAS					
Especie	N	Esc. Física	Esc. Química	Giberelina	Control
<i>Acaena magellanica</i>	200	0%	8%	8%	10%
<i>Berberis microphylla</i>	200	0%	4%	0%	4%
<i>Chiliodrion diffusum</i>	200	0%	0%	0%	0%
<i>Gunnera magellanica</i>	200	2%	4%	18%	10%
<i>Luzula chilensis</i>	200	6%	2%	6%	6%
<i>Rubus geoides</i>	200	14%	0%	12%	22%

Como resultado de nuestros experimentos, en general observamos porcentajes de germinación bajos en los distintos tratamientos (Ver Tabla 1), en las seis especies analizadas, siendo las semillas de la frutilla silvestre sin ningún tratamiento (control) aquellas con porcentaje de germinación más alto (22%). Lamentablemente el porcentaje de germinación de las semillas de romerillo en todo el experimento fue 0.

El único tratamiento que destaca por su alto porcentaje de germinación (18%) es el que consistió en administrar giberelina a las semillas de frutilla del diablo, sin embargo en las demás especies, el porcentaje de germinación en el control siempre fue igual o mayor al resto de los tratamientos, lo que nos estaría mostrando que los tratamientos aplicados no son significativamente importantes en estas especies.



Para el experimento de enraizamiento de estacas trabajamos con 4 especies: frutilla del diablo, cadillo, romerillo y calafate. A la mitad de las estacas obtenidas en terreno le aplicamos como tratamiento ácido indolbutírico en concentración de 500 ppm (medida de concentración que se refiere a la cantidad que hay del ácido en un litro de disolución) por 15 minutos, este ácido es un químico sintético que favorece la aparición de raíces adventicias. Pasado el tiempo lavamos un total de 50 estacas por especie, previamente tratadas y se colocaron en agua desionizada. Tal como en el experimento anterior, hicimos un control y una réplica de cada tratamiento y medimos qué porcentaje de cada set enraizó.

En este caso los resultados fueron más interesantes, pues las dos especies arbustivas: el romerillo y el calafate respondieron al tratamiento, mientras que las otras dos especies herbáceas rastreras: el cadillo y la frutilla del diablo no mostraron respuesta al tratamiento, teniendo porcentajes de casi 50% de enraizamiento en el tratamiento y en el control.

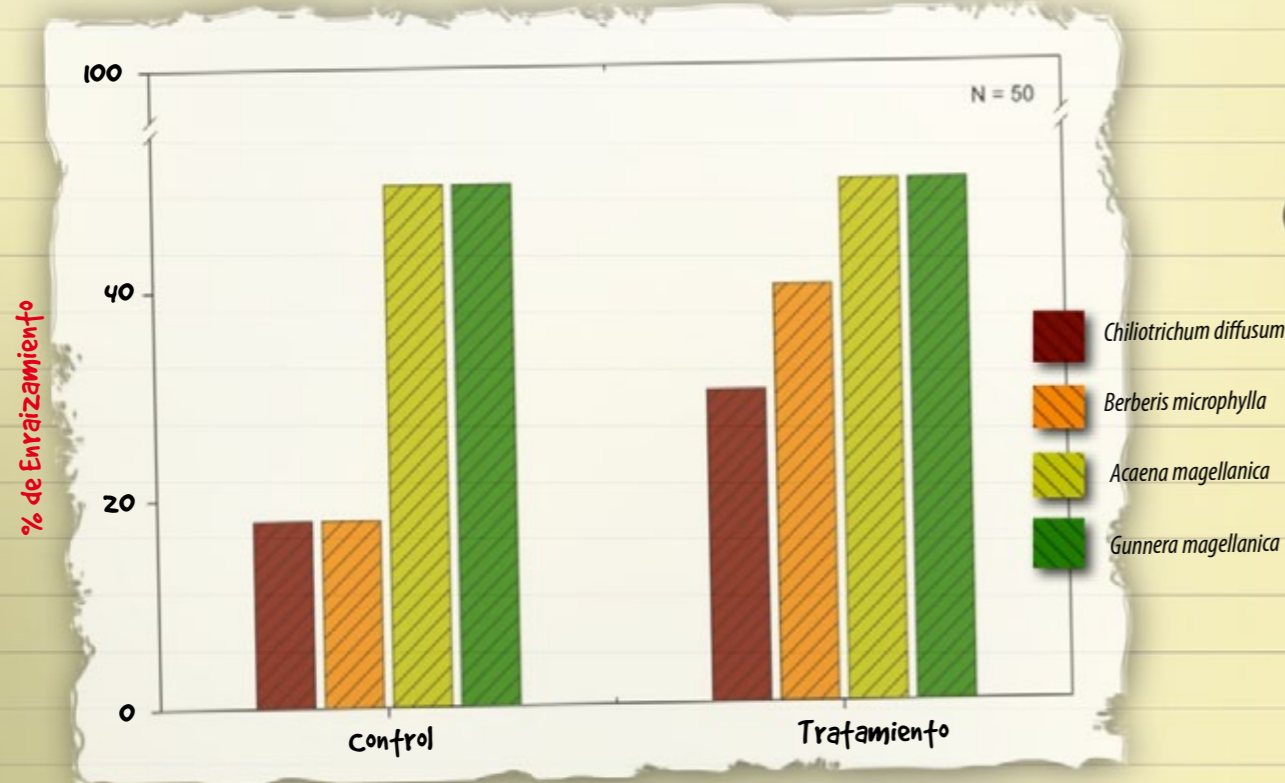


Figura 1. Gráfico resultados segundo experimento: Porcentaje de Enraizamiento

Con estos antecedentes, y pensando en la restauración, decidimos que la frutilla del diablo y el cadillo, eran las especies más adecuadas para ser utilizadas en los experimentos de restauración en los caminos de Karukinka, ya que no fue necesaria la aplicación de ningún tratamiento para obtener porcentajes altos de enraizamiento, logrando una reproducción vegetativa exitosa. Como nuestro objetivo es favorecer su reproducción en áreas degradadas, y dar inicio con ello a una sucesión natural, concluimos que la mejor técnica para reproducir estas especies nativas es a través de su enraizamiento. Y considerando que estas especies herbáceas tienen un hábito rastrero (se expanden como una alfombra en los sitios), esto tiene mucho sentido. Entonces partimos a Karukinka a realizar nuestro experimento de restauración. Nuestro desafío es mejorar la calidad de los caminos en la zona. Gracias a nuestros ensayos de laboratorio ya sabíamos qué especies utilizaríamos, y cómo la propagaríamos en el terreno.

En Karukinka existen diversos ecosistemas que han sido impactados por la construcción del camino (bosque y estepa), por lo que debíamos utilizar especies que fueran propias de cada tipo. En nuestro caso elegimos: el cadillo para ser usado en el experimento en estepa, y la frutilla del diablo en el experimento que realizaríamos en bosque. En cada caso plantamos más de 50 plantas obtenidas por reproducción de estacas en los experimentos de laboratorio. Dado que el camino produce taludes (áreas sin vegetación que corren paralelas al camino) que tienen pendiente, nuestros taludes experimentales debieron ser estabilizados con tabloncillos de madera puestos de forma horizontal, clavados con estacas, para reducir la erosión y también fue necesario descompactar el terreno para plantar, generando condiciones más favorables para el establecimiento de las plantas bebés, así como para homogenizar el ambiente y hacer ambos experimentos comparables. Estos son ejemplos de las decisiones que deben tomar los investigadores que hacen restauración en terreno. Los resultados de este experimento se deberán revisar cumplido el año de plantadas para asegurarnos que los individuos hayan soportado tanto el verano como el crudo invierno de Tierra del Fuego.





**Figura 9.** Experimentos de campo para evaluar el potencial de revegetación de caminos construidos en ecosistemas de estepa y bosque, realizados en el Parque Karukinka, Tierra del Fuego.

**GRACIAS A TODO EL EQUIPO!  
EXCELENTE TRABAJO!!**



**Figura 10.** Equipo nuclear que llevó a cabo el Proyecto en Porvenir. La base para que todo el proyecto resultara perfecto. De derecha a izquierda: Ernesto Teneb (GEA), Daniela Droguett (WCS), Wara Marcelo (IEB) y Fiorella Repetto (WCS).



# Hoja de Respuestas Ejercicios de Indagación



"El torpedo"

## Capítulo Botánica

**Pregunta:** ¿Cuáles son las diferencias y similitudes morfológicas entre cinco distintas especies de plantas que crecen en las cercanías de tu casa o escuela?

Qué medimos: **R: las diferencias y similitudes morfológicas**

Qué comparamos: **R: cinco especies distintas de plantas que crecen en cercanías de tu casa o escuela**

## Capítulo Reproducción de Especies Nativas

**Pregunta:** ¿Cuáles son las diferencias y similitudes entre los procesos de escarificación ácida y estratificación en frío? ¿Qué plantas en Magallanes utilizan estos mecanismos?

Qué medimos: **R: las diferencias y similitudes entre procesos**

Qué comparamos: **R: los procesos de escarificación ácida y estratificación en frío**

	Escarificación ácida	Estratificación en frío
Definición sencilla	Proceso para abrir o debilitar la cubierta dura que tienen algunas semillas	Proceso en el cual se imita la temperatura del ambiente natural para que las semillas logren germinar
¿Qué agentes producen estos procesos?	Compuestos químicos (ácido clorhídrico o ácido sulfúrico).	
De forma natural ocurre en el tracto digestivo de los animales que consumen los frutos.	La temperatura fría (4 °C aproximadamente)	
¿Qué se elimina durante estos procesos?	Cubiertas duras	Inhibidores (ácido abscísico)
¿Qué se facilita durante estos procesos?	La germinación de las semillas	La germinación de las semillas
Ejemplo de especies que utilizan estos mecanismos	Calafate	Frutilla silvestre

**Pregunta:** ¿Cómo varían las características y el peso de 100 semillas de calafate antes de sembrarlas y luego de una semana de ser sembradas en laboratorio?

Qué medimos: **R: se miden las características y el peso de 100 semillas de calafate**



Qué comparamos: **R: Se comparan las semillas antes de ser sembradas y luego de una semana de ser sembradas**

4) **Pregunta:** ¿Cuáles son las diferencias y similitudes de los frutos y semillas de cadillo (*Acaena magellanica*), frutilla silvestre (*Rubus geoides*), romerillo (*Chilotrimum diffusum*) y calafate (*Berberis microphylla*)?

Qué medimos: **R: diferencias y similitudes de los frutos y semillas**

Qué comparamos: **R: cuatro especies de plantas: cadillo, frutilla silvestre, romerillo y calafate**

## Capítulo Restauración

**Pregunta:**

¿Cómo varía la sobrevivencia de plántulas de chaura (*Gaultheria pumila*), murtilla (*Empetrum rubrum*) y zarzaparrilla (*Ribes magellanicum*), trasplantadas en un talud de camino recién construido?

Qué medimos: **R: sobrevivencia de plántulas**

Qué comparamos: **R: En este caso hay dos comparaciones: una son las tres especies (chaura, murtilla y zarzaparrilla) y la otra es el tiempo**



## BIBLIOGRAFÍA

**ARANGO N, ME CHAVES Y P FEINSINGER (2009)** Principios y Práctica de la Enseñanza de la Ecología en el Patio de la Escuela. Instituto de Ecología y Biodiversidad – Fundación Senda Darwin, Santiago, Chile. 136 pp.

**BALAGUER L (2002)** Las limitaciones de la restauración de la cubierta vegetal. Ecosistemas 1 (URL: <http://aeet.org/ecosistemas/021/revisionesb1.htm>)

**CLEWELL A, ARONSON J, WINTERHALDER K & OTROS (2004)** Principios de SER Internacional sobre la restauración ecológica. Grupo de trabajo sobre ciencia y política. SER Society for Ecological Restoration International: 1-15.

**IZCO, J., E. BARRENO, M. BRUGUÉS, M. COSTA, J. A. DEVESA, F. FERNÁNDEZ, T. GALLARDO, X. LLIMONA, C. PRADA, S. TALAVERA & B. VALDÉS (2004)**. Botánica. 2ª ed. McGraw-Hill Interamericana, Madrid.

**MARCELO W (2010)**. ¿Puedo yo ser un científico? En: Díaz I, X Torres, X Hepp y JL Celis (editores): Verdes Raíces: flora nativa y sus usos tradicionales. Editorial Amanuta, Santiago, Chile. 115 pp.

**REPETTO F (2009)** Abriendo caminos para la conservación: restauración ecológica y desarrollo social en caminos públicos dentro de áreas protegidas. Proyecto fin de master. Máster Oficial en Restauración de Ecosistemas, Universidad Complutense de Madrid, U. Politécnica de Madrid, U. de Alcalá y U. Rey Juan Carlos, España.

**RIVERA E Y G CARREÑO (2007)** Guía del facilitador: enseñanza de la Ecología en el Patio de la Escuela. Rescate en tus manos, Santa Cruz, Bolivia. 65 pp.

**TORMO J, BOCHET E & GARCÍA-FAYOS P (2007)** Road slope revegetation in semiarid Mediterranean environments. Part II: Topsoiling, species selection and hydroseeding. Restoration Ecology 15: 97-102.

**STRASBURGER E. (1994)**. Tratado de Botánica. 8a. ed. castellana. Ed. Omega. Barcelona.



KA  
RU  
KIN  
KA

## Aquí dejamos nuestras neuronas:

**El equipo Cofoto**

El Ernesto Teneb, La Daniela Droguett, la Wara Marcelo y la Fiorella Repetto.

**En los textos y conceptos:** El Roberto Niculcar, la Marcela Bustamante, la Wara Marcelo, la Fiorella Repetto, Doña Bárbara Saavedra y el Ernesto Teneb.

**Edición:**

La mismísima Bárbara Saavedra...

**Monifos, gráficos y voladas Varias:**

Un fal Rodrigo Verdugo...

**Además colaboraron:**

Un montón de cabros buena onda de Tierra del Fuego...

**Gracias Totales!!!**

"Proyecto EXPLORA CONICYT de valoración y Divulgación de la Ciencia y la tecnología"