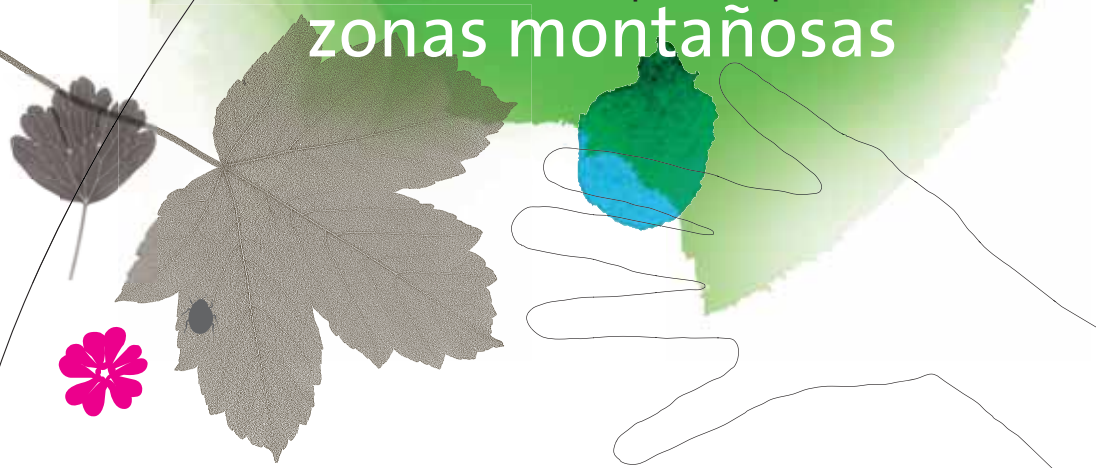




Una manera creativa de educar  
sobre el medio ambiente

Material educativo para los países situados en  
**zonas montañosas**



Organización  
de las Naciones Unidas  
para la Educación,  
la Ciencia y la Cultura

Ediciones  
UNESCO



Programa  
sobre el Hombre  
y la Biosfera



Escuelas  
Asociadas  
de la UNESCO



# Material educativo para los países situados en zonas montañosas

---

## Una manera creativa de educar sobre el medio ambiente

“ El hálito de mi montaña escande mi corazón. ”

Jefe maorí Hepi te Heuheu, tribu Ngati Tuwharetoa

---

**Responsable de la publicación:**  
Thomas Schaaf, UNESCO

**Redacción y concepción del proyecto:**  
Hélène Gille

**Asesor científico:**  
Michel Le Berre, Thomas Schaaf

**Diseño gráfico:**  
Mecano, Laurent Batard  
Con la colaboración de M. Malpeyrat y C. Sayous

**Translation:**  
Paul Reed

**Coordinación e iconografía:**  
Hélène Gille  
**Con la colaboración de:**  
Greg Thaler

**Apoyo administrativo:**  
Natasha Lazic,  
Rosanna Karam

---

**Tapa:**  
Monasterio de Basgo,  
Basgo, Ladaj (India)  
© UNESCO / Olivier Brestin

Publicado en 2011 por  
el Programa sobre el Hombre y la Biosfera (MAB),  
UNESCO  
1, rue Miollis  
75732 París Cedex 15, Francia  
Correo electrónico: [mab@unesco.org](mailto:mab@unesco.org)  
[www.unesco.org/mab](http://www.unesco.org/mab)

© UNESCO 2011  
Reservados todos los derechos.

ISBN 978-92-3-104159-4

Las denominaciones utilizadas en esta publicación y la forma en que aparecen los datos que contiene no suponen toma de posición alguna de parte de la Secretaría de la UNESCO sobre la condición jurídica de los países, territorios, ciudades o zonas citados, ni de sus autoridades, ni con respecto al trazado de sus límites o fronteras.

La autora es responsable de las ideas y opiniones expresadas en esta publicación, que no representan necesariamente las de la UNESCO y no comprometen en modo alguno a la Organización.

## Prefacio

---

El presente material pedagógico para educar sobre el medio ambiente destinado a los países situados en zonas montañosas fue elaborado por iniciativa del Programa sobre el Hombre y la Biosfera (MAB) de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO).

Titulado *Una manera creativa de educar sobre el medio ambiente / Material educativo para los países situados en zonas montañosas*, es la continuación del Material educativo para los países situados en zonas secas. Basado en el mismo método innovador, que apela a la creatividad y la sensibilidad artística de los alumnos de 10 a 15 años de edad aproximadamente, está destinado a los profesores de enseñanza secundaria (y también del último ciclo de la enseñanza primaria), en este caso a los que viven en ecosistemas montañosos, que se caracterizan por unas condiciones climáticas y ambientales rigurosas, a menudo contrastadas, y que padecen problemas de erosión activa.

En tanto que instrumento educativo, el material pretende ayudar de manera concreta y atractiva a los docentes y a los alumnos a comprender mejor los problemas ambientales de su región y estimularles a buscar las posibles soluciones. Su contenido es, por ello, una nueva contribución a la puesta en práctica de la resolución de la Asamblea General de las Naciones Unidas que designó el año 2002 Año Internacional de la Montaña y se inscribe claramente en la perspectiva de las actividades concebidas para el Decenio de las Naciones Unidas de la Educación para el Desarrollo Sostenible (2005-2014), cuya promoción se ha confiado a la UNESCO.

La difusión de esta obra está a cargo de la Red del Plan de Escuelas Asociadas de la UNESCO (redPEA), integrada por 9.000 escuelas en 180 países, que cuenta con el apoyo del Decenio de las Naciones Unidas de la Educación para el Desarrollo Sostenible por conducto de las medidas adoptadas en los distintos países interesados.

Instamos a todos los docentes que tengan interés por este material o que deseen información sobre su utilización práctica a que se pongan en contacto con las oficinas regionales de la UNESCO en sus respectivos países y les recordamos el sitio de Internet y la dirección electrónica de los promotores del proyecto: [www.unesco.org/mab](http://www.unesco.org/mab) y [mab@unesco.org](mailto:mab@unesco.org), así como el sitio Internet de los programas asociados a la UNESCO en la esfera de la educación: la Red del Plan de Escuelas Asociadas de la UNESCO ([www.unesco.org/education/asp](http://www.unesco.org/education/asp)) y el Decenio de las Naciones Unidas de la Educación para el Desarrollo Sostenible ([www.unesco.org/education/desd](http://www.unesco.org/education/desd)).

Deseamos expresar nuestro sincero agradecimiento al Gobierno flamenco de Bélgica por haber financiado el proceso de elaboración de este material pedagógico en su totalidad, en el marco del importante apoyo que presta al Sector de Ciencias Exactas y Naturales, lo cual demuestra que la educación ambiental pertenece tanto al ámbito de las ciencias como al de la educación.



**N. Ishwaran**

Director de la División de Ciencias Ecológicas y de la Tierra  
Secretario del Consejo Internacional de Coordinación  
del Programa sobre el Hombre y la Biosfera

# Índice

## Introducción

7

## Capítulo 1

11

### Descubrir el ecosistema y la biodiversidad

#### 01

### La colección de maravillas

12

#### Objetivos

#### Etapas

1. Redescubrir juntos las vertientes bajas de la montaña 12
2. Aprender a distinguir distintos medios 12
3. Distinguir microambientes en los medios visitados 14
4. Recolectar objetos naturales procedentes de los diferentes medios abordados en el entorno natural 15
5. Almacenar los vegetales 15
6. Limpiar los objetos sucios 15
7. Observar 16
8. Identificar 16
9. Clasificar 16
10. Integrar las nociones 16
11. Imaginar colecciones 16

#### 02

### Alfombra vegetal, o la montaña en mosaico

18

#### Objetivos

#### Etapas

1. Escoger el terreno para realizar el mosaico vegetal 18
2. Preparar la etapa de recolección 18
3. Recolectar objetos naturales en diferentes pisos de la montaña 20

4. Componer en el suelo el mosaico de los medios montañosos 21
5. Observar en detalle el mosaico obtenido 22
6. Integrar las nociones 22
7. «Activar» esas nociones inventando un relato 24

#### 03

### Tierra, piedra y erosión

26

#### Objetivos

#### Etapas

1. Distinguir el mineral 26
2. Observar el componente geológico del relieve montañoso 26
3. Relacionar el suelo con el relieve y situarse en el paisaje 30
4. Localizar las huellas de la erosión hídrica en la ladera 30
5. Dibujar 31
6. Interpretar los dibujos y comprender el impacto de la erosión hídrica sobre el medio ambiente 31
7. Localizar una zona de tierra protegida de la erosión 32

#### 04

### Tras las huellas de la fauna silvestre

33

#### Objetivos

#### Etapas

1. Efectuar un primer reconocimiento 33
2. Identificar las huellas de animales 35
3. Buscar otras huellas del modo de vida de las especies 37
4. Recapitular los conocimientos sobre las especies 37
  - A. Las características generales de la especie
  - B. Las adaptaciones físicas y de comportamiento de las especies en un ecosistema montañoso
5. Observar a un animal en el medio ambiente y redactar notas 43
6. Elaborar el relato de la vida de una especie animal 45

## 05

### El fresco del ecosistema

#### Objetivos

#### Etapas

1. Elegir dos zonas del medio natural en las que sea importante la diversidad biológica 46
2. Distinguir dos zonas representativas del ecosistema en el contexto más amplio del paisaje 46
3. Dibujar una primera silueta del paisaje 48
4. Examinar cada zona en detalle 48
5. Integrar las nociones a partir de la experiencia de campo 51
  - A. Interacción de las especies vivas con el medio no vivo
  - B. Interdependencias entre especies y redes tróficas
  - C. Sucesión ecológica
6. Realizar el fresco del ecosistema 53

## Capítulo 2

### Mantener la cubierta vegetal

## 01

### Recorrido de iniciación entre las plantas y las flores

#### Objetivos

#### Etapas

1. Favorecer el descubrimiento sensible de los vegetales 58
2. Componer planchas táctiles con los elementos recogidos 60
3. Abordar la idea de reproducción a partir de los frutos primero y después de las flores 61
4. Estudiar las flores mediante un trabajo sobre el color 62
5. Comprender la noción de inflorescencia y ampliar el trabajo sobre el color al estudio de todas las flores 65
6. Tomar conciencia de la importancia de las plantas con flores en el mantenimiento de la cubierta vegetal 68

## 02

### Forma y diseño: anatomía de los árboles y arbustos 72

#### Objetivos

#### Etapas

1. Captar la arquitectura y el porte de los árboles mediante la observación de diferentes especies 72
2. Integrar algunas primeras nociones relativas al crecimiento de los vegetales 76
3. Comprender la geometría que existe en la naturaleza gracias a la observación de cerca 77
4. Reflexionar sobre la función que cumplen los elementos externos en el porte del vegetal 79
  - A. El efecto del viento, de las heladas y de la nieve
  - B. El efecto de las actividades de los seres humanos
5. Recordar la función esencial que desempeñan los árboles en los ecosistemas montañosos 82

## 03

### «Vivir en la cumbre» o la adaptación de las plantas en la montaña 83

#### Objetivos

#### Etapas

1. Captar por el dibujo las adaptaciones morfológicas más típicas de los vegetales 83
2. Utilizar el dibujo para establecer un paralelismo entre las plantas de montaña y las de las zonas secas 86
3. Esclarecer la idea de convergencia evolutiva 88
4. Distinguir algunas adaptaciones fisiológicas de las plantas de montaña 90
5. Concluir la actividad por el principio de las asociaciones vegetales 92

## 04

### Inventario de plantas útiles 93

#### Objetivos

#### Etapas

- A. El jardín que alimenta 94
  1. Clasificar 94
  2. Dibujar en el panel 96

3. Degustar	96
4. Investigar e integrar la información	97
5. Hablar de las plantas locales y de la producción alimentaria con personas calificadas	98
<b>B. El jardín que cura</b>	99
1. Inventariar y dibujar las plantas medicinales en el panel	99
2. Unir cuidados curativos con ritos mediante las plantas	100
3. Estudiar la relación entre plantas, tradiciones culturales y conservación	101
<b>C. El jardín que brinda protección y seguridad</b>	102
1. Efectuar una primera investigación	102
2. Clasificar las plantas útiles en la construcción y la ordenación de los hábitats	103
3. Representar un hábitat típico en el panel	104
4. Relacionar la vivienda adaptada al medio ambiente con los recursos naturales	104
5. Recapitular el empleo de los recursos forestales en la construcción de viviendas	106

## 05

### El jardín experimental 111

#### Objetivos

#### Etapas

1. Comprender e integrar las iniciativas locales de protección ambiental	112
2. Determinar la ubicación del jardín y efectuar un primer reconocimiento	114
3. Efectuar algunos diagnósticos florísticos que permitan estimar las cualidades del suelo	115
4. Realizar labores de mejora de los suelos con miras a su cultivo	118
5. Establecer los cultivos e implantar la asociación con leguminosas	121
6. Cuidar y sacar provecho de la zona arbolada	124

## Capítulo 3 129

### Preservar los recursos hídricos

## 01

### Fuerza, flujo y transparencia: el agua en la montaña 130

#### Objetivos

#### Etapas

1. Poner de relieve las cualidades físicas del agua utilizando la pintura	130
2. Interpretar las huellas de la erosión hídrica en el paisaje	134
3. Relacionar la acción erosiva del agua con las posibilidades de contaminación hídrica	134
4. Centrarse en el color de las aguas superficiales	136
5. Inscribir la comprensión del agua en la idea de ciclo	138

## 02

### El ciclo del agua 140

#### Objetivos

#### Etapas

1. Interesarse por los estados de la materia «agua» y el origen del agua en la montaña	140
2. Descomponer las etapas del ciclo del agua para comprenderlas mejor	142
3. Asimilar e interpretar el ciclo del agua mediante una sucesión de cuadros sonoros	148

# 03

## Fresco en paneles de los sistemas hidráulicos de montaña

152

### Objetivos

#### Etapas

1. Localizar en el paisaje las construcciones de piedra que permiten captar el agua de escorrentía y el agua atmosférica 152
2. Concentrarse en las estructuras antierosivas y dibujarlas en el primer panel 154
3. Estudiar la inscripción de las terrazas en el paisaje e identificarlas como un método de gestión de las aguas de escorrentía 156
4. Realizar el segundo panel del fresco e incluir en él los elementos de un sistema hidráulico vinculado a las aguas superficiales 159
5. Comprender la sinergia que existe entre la lucha contra la erosión, la reforestación y una buena gestión del agua en el tercer panel 161





## Introducción

### Los objetivos del material educativo

En los ecosistemas de las regiones montañosas, a todas las capas de la población les afectan las condiciones climáticas y ambientales rigurosas de los territorios de elevada altitud, a las que se suman problemas de erosión activa que provocan la degradación de los suelos e influyen en la capacidad de esas poblaciones para vivir en la montaña.

La educación y la sensibilización con respecto al medio ambiente son elementos fundamentales que deben comenzar a una edad temprana para influir en la conciencia individual. Este material, que apunta a que los alumnos de enseñanza secundaria (y también del último ciclo de la enseñanza primaria) adquieran un mejor conocimiento de los ecosistemas montañosos, propone una forma creativa de enseñar sobre el medio ambiente, que despierta la curiosidad de los alumnos, capta su atención y promueve una mejor transmisión de la información científica y de los conocimientos sobre el medio ambiente.

El objetivo de este material es, en primer lugar, constituir una herramienta que el profesor haga suya para transmitir de manera atractiva y entretenida su contenido científico.

A más largo plazo, el objetivo del material educativo es desarrollar la capacidad de los alumnos y la población para combatir la inestabilidad y la degradación de los suelos que son el origen de la erosión en la montaña, y promover al mismo tiempo la conservación de la biodiversidad.

El concepto de desarrollo sostenible es una parte esencial de las actividades propuestas en este material educativo; al realizarlas, los profesores o educadores, con asistencia de personas calificadas, agentes locales y profesionales del medio ambiente, forman a los alumnos para que realicen un examen crítico de las prácticas locales de utilización de las tierras y de gestión de los recursos naturales. Determinan qué prácticas pueden ser nefastas o no viables para el ecosistema y de ese modo llevan a cabo una reflexión gradual sobre el impacto de las actividades del ser humano en el medio ambiente en que vive. Los alumnos captan así mejor –por medio de ejercicios concretos– qué es el desarrollo sostenible en los ecosistemas montañosos.

### ¿Cómo se presenta el material educativo?

El material educativo está constituido por dos elementos:

- el manual del profesor
- el cuaderno de la clase

**El manual del profesor** es el elemento central del material educativo. Se divide en tres capítulos temáticos:

- Descubrir el ecosistema y la biodiversidad
- Mantener la cubierta vegetal
- Preservar los recursos hídricos

Los dos primeros capítulos constan de cinco actividades y el tercero de tres, clasificadas en función de la dificultad de su contenido y su realización. Se pasa del nivel «inicial» de las primeras actividades de cada capítulo a un nivel «intermedio» y luego a un nivel «avanzado» en las siguientes.

El profesor puede elegir realizar las actividades con la clase una después de otra, siguiendo el orden propuesto en cada capítulo, o bien decidir realizar una o varias por separado, en función de los temas tratados en clase, del calendario escolar y del nivel de sus alumnos.

**El cuaderno de la clase** es una herramienta destinada a los alumnos como complemento del manual del profesor.

A cada actividad realizada corresponde una doble página que debe completarse en el cuaderno de la clase.

Los alumnos forman grupos y, por turnos, un grupo completa de común acuerdo las páginas relativas a la actividad realizada. Lo harán con sus propias palabras, su forma de comprender los objetivos, su memoria visual y sensible del ejercicio, su aptitud para dibujar y dejar constancia de lo que han podido experimentar y aprender.

El cuaderno de la clase está impreso en bicromía para que se pueda fotocopiar fácilmente.

De esta forma, el profesor y sus alumnos pueden decidir enviarlo por correo para hacer un intercambio con otra escuela asociada de la Red del Plan de Escuelas Asociadas de la UNESCO de otra región montañosa del mundo.

### ¿A quién está dirigido este material educativo?

Este material educativo ha sido concebido para los profesores de enseñanza secundaria de disciplinas tan diversas como la geografía, la biología o las artes plásticas.

Puede ser útil asimismo a los profesores del último ciclo de enseñanza primaria y, de forma general, a todos los educadores que deseen llevar adelante un proyecto de educación ambiental, solos o colectivamente, en un contexto de educación formal o no formal.

Por lo que respecta a la sensibilización pública, este material también puede acompañar a las iniciativas de responsables de adoptar decisiones en el plano local que deseen tomar en cuenta los problemas ambientales al elaborar políticas de desarrollo.

La mayoría de las actividades del material educativo, para las que se precisa muy poco material, conforman una etapa de descubrimiento (o de redescubrimiento) del medio ambiente a partir de la observación, la recolección, el dibujo, la imaginación y el encuentro con personas calificadas de la colectividad. Al idear las actividades se han tenido presentes, pues, la penuria de medios y las condiciones de trabajo a menudo arduas de los educadores de las zonas a veces apartadas que constituyen las regiones montañosas.

En síntesis, el marco de acción que ha de darse al proyecto educativo se basa esencialmente en la motivación de los educadores y los docentes y en su capacidad para movilizarse y asociarse.

Pueden elaborar un proyecto temático de educación ambiental a partir de este material educativo (a la manera de una «clase temática»). Pueden realizar algunas o determinadas actividades previstas en este material en el marco de proyectos de acción educativa o de iniciativas de innovación pedagógica. También pueden tomar el material como una posible iniciativa en materia de educación para el desarrollo sostenible en función de varios aspectos que en él se destacan:

- objetivos de aprendizaje «transversales» que rebasan el campo de una asignatura concreta;
- una metodología centrada en el fomento del pensamiento crítico;
- la participación de personas calificadas, agentes locales y especialistas del medio ambiente en la labor pedagógica, que refuerzan y enriquecen a veces el punto de vista de los docentes.

### Una manera creativa de educar sobre el medio ambiente

El conjunto de las actividades propuestas en el manual del profesor se ha elaborado conforme a una perspectiva creativa de la educación ambiental.

En una primera etapa, este planteamiento favorece el descubrimiento sensible por los alumnos del entorno en que viven.

Los niños de las regiones montañosas, como suelen vivir en zonas rurales, se mueven en contacto directo con la montaña; tienen una experiencia concreta y pragmática de su medio natural.

En el transcurso de las actividades del manual, recorren y redescubren la naturaleza circundante, acompañados y guiados por su profesor. Aprenden a observar, a «leer» mejor su medio ambiente, a distinguir sus detalles, a ver lo que quizá todavía no han visto.

Describen un objeto que se encuentra en el suelo al alcance de la mano o una especie captada en situación en su medio natural y, siempre a partir de observaciones concretas, integran nuevos términos y nuevas nociones.

Las actividades pueden llevarlos a redescubrir un objeto yuxtaponiéndolo o comparándolo con otros en combinaciones y composiciones que los alumnos de la clase realizan juntos.

En varias ocasiones y cuando resulta imprescindible, el profesor invita a los alumnos a servirse del dibujo porque muchas veces ayuda a ver y comprender mejor. No se trata de que adquieran cualidades de dibujantes, sino de observadores de la naturaleza. Dibujarán para acordarse de un detalle, para registrar una situación.

Otras actividades llevan a la clase a reconocer y calificar los olores y los sabores de los vegetales y de las preparaciones o los platos que se elaboran con ellos. Otras, por último, llevan a los alumnos a redescubrir el relieve situándose ellos mismos en el medio ambiente, a servirse de determinados ejercicios para comparar la escala humana con la escala del paisaje.

En resumen, se utiliza la dimensión estética e inspiradora del medio ambiente para despertar la curiosidad de los alumnos y captar su atención. Comprendemos mejor aquello a lo que hemos podido acercarnos, aquello de lo que hemos tenido una experiencia casi íntima, lo que hemos hecho nuestro, lo que hemos aprendido a amar de algún modo.

En una segunda etapa, la información científica y los conocimientos sobre el medio ambiente se transmiten a los alumnos por medio de actividades sustentadas en los conocimientos locales y de la vida cotidiana y a continuación se enmarcan en una perspectiva científica. Esas actividades fomentan los intercambios con los miembros de la población que poseen los conocimientos autóctonos, ya sean pastores, guardas forestales, agricultores, ganaderos, rastreadores, especialistas de las plantas medicinales o artesanos.

A menudo se recurre a una relación triangular, que entraña la propia metodología de las actividades, entre el o los profesores, las personas calificadas de la comunidad y los alumnos.

En las etapas de realización, el profesor puede, si lo desea, crear un espacio de intercambios en el aula con quienes

poseen conocimientos locales que ayudan a explorar los vínculos entre el ecosistema y la cultura local.

De esta forma se facilita la transmisión de los conocimientos, de las técnicas aplicadas, e incluso de la tradición oral (por medio de relatos y anécdotas).

Seguidamente, los docentes enmarcan esos conocimientos en una perspectiva científica: ¿Cómo establecer nexos entre los conocimientos autóctonos y una base de informaciones científicas sobre los ecosistemas frágiles que hallamos en las zonas montañosas? ¿Cómo asociarlos a un mejor conocimiento de la conservación de las especies? ¿Cómo asociarlos a una utilización sostenible de los recursos del medio ambiente?

De este modo, se consigue que los alumnos adquieran sentido crítico y el profesor los guía en una reflexión sobre el impacto de las actividades humanas en el medio ambiente.

En la actividad *Forma y diseño: la anatomía de los árboles y los arbustos*, por ejemplo, el objetivo es estudiar la forma y el crecimiento de los vegetales, especialmente de los árboles; saber identificarlos; conocer su estado en función de su porte y evaluar el grado de deforestación de las zonas forestales circundantes.

El profesor recurre a los conocimientos pragmáticos de los habitantes de la región, de los ancianos de la comunidad: ¿Qué factores externos influyen en el porte del vegetal? ¿Cuáles son las formas derivadas de adaptaciones genéticas y cuáles las que han engendrado deformaciones debidas a la acción mecánica de las intemperies o al impacto nefasto de actividades humanas? ¿Cómo aprender a identificar los factores de destrucción: huellas de sobrepastoreo, de recolecciones recurrentes de leña, de eliminación por fuego, de pisoteo, o bien huellas del impacto del viento, de las heladas, de la nieve?

La actividad hace que los alumnos, a partir de la observación de las montañas circundantes, se planteen preguntas de mayor alcance: ¿Se ven huellas de deforestación masiva en las laderas? ¿Qué aspecto presentan las pendientes si falta la cubierta vegetal? ¿Se perciben señales de intentos de reforestación? ¿Por qué son valiosas para los suelos todas las partes de un árbol?

Mediante un estudio preciso y científico, la clase aborda las funciones ecológicas que cumplen los árboles desde las raíces hasta la cima y comprende mejor el verdadero ecosistema que constituye un árbol por sí solo y la necesidad de conser-

varlo de manera integral en un medio en el que los equilibrios ecológicos son frágiles.

En *Un inventario de plantas útiles*, asimilamos el ecosistema, percibido como una fuente de cosechas y de beneficios, a un jardín cuyos frutos extrae la comunidad: un jardín que alimenta (plantas comestibles), un jardín que cura (esencias y plantas medicinales) y un jardín que brinda protección y seguridad (utilización de las plantas en la construcción de viviendas o la confección de prendas de vestir).

### ¿Cómo preservan a su vez las poblaciones los recursos naturales?

Los alumnos se preguntan primero por la relación que existe entre las plantas, las tradiciones culturales y la conservación. Las plantas locales, que están en el origen de la instauración de prácticas culturales en materia de sabores, de cocina, de cuidados médicos y aromaterapéuticos, de construcción de viviendas -muchas veces asociadas a rituales vinculados al culto y al bienestar espiritual-, han suscitado la aparición de abundantes usos y costumbres que definen o mejoran nuestras condiciones de vida y enriquecen nuestras culturas.

La clase no tarda en formularse las preguntas siguientes:

¿Qué prácticas agrícolas o forestales son perjudiciales para la disponibilidad de esos recursos vegetales y hacen que disminuya su diversidad?

¿Cómo satisfacer la necesidad de utilizar los árboles como una fuente de ingresos inmediatos sin talarlos a un ritmo que impida su renovación?

Se fomenta un diálogo con los agentes locales, gracias al cual la clase imagina soluciones concretas y comprende la importancia de mantener o redinamizar los conocimientos autóctonos.

¿Cómo diversificar los medios de existencia de la población variando las actividades? ¿Cómo generar ingresos complementarios, mejorar la agricultura gracias a valiosísimos conocimientos sobre la flora silvestre y la biodiversidad? ¿Cómo mejorar los conocimientos locales con conocimientos actuales más precisos y conocimientos científicos? ¿Cómo mantener la diversidad de los recursos para satisfacer las distintas necesidades de la población y fomentar la posibilidad y el interés de elegir (en materia de construcción o de mobiliario, por ejemplo)?

Por último, en *El jardín experimental*, un equipo de docentes lleva a cabo un proyecto concreto de enseñanza por medio

del jardín. La actividad integra una dimensión de desarrollo sostenible, pues lleva a los alumnos a movilizarse con miras al futuro, tanto en beneficio de las generaciones de alumnos venideras como en el de ellos mismos.

La elección del lugar en que estará el jardín se llevará a cabo teniendo en cuenta las medidas experimentales realizadas por los agentes y las personas encargadas de adoptar decisiones en el plano local en materia de protección del medio ambiente. Al elaborar el lugar-ensayo constituido por el jardín experimental, los alumnos se remiten en todo momento a los consejos y a la experiencia a escala real en espacios cultivados de profesionales, es decir, agricultores, guardas forestales, explotadores y expertos del medio ambiente.

Aprenden a caracterizar las plantas que indican la calidad de un terreno; descubren el interés que ofrecen las adventicias, las plantas mesócolas y ruderales; aprenden a introducir un abono verde, a esparcir un fertilizante, a elaborar cultivos intercalares o en pasillo aprovechando la posibilidad de cultivar leguminosas.

El interés primordial de un jardín experimental en las zonas montañosas es permitir el descubrimiento y el aprovechamiento de una zona arbolada, que primero podemos desbrozar, restaurar y enriquecer y convertir luego en terreno de experimentación de un modo de gestión colectivo y mancomunado de productos forestales no leñosos.

### Utilización del manual del profesor

Se ha procurado que la maqueta y la configuración del libro del profesor sean claras y atractivas y que reflejen el espíritu del proyecto.

La elección de un código de colores diferenciados claramente, verde y azul marino, permite distinguir fácilmente la organización del manual en tres capítulos y 13 actividades.

El verde de la tapa vuelve a aparecer en la franja de los separadores que indican el inicio de cada capítulo y además en la franja superior en donde se presenta cada actividad numerada.

En esa franja figuran el **título** de la actividad y varios símbolos gráficos que permiten al profesor identificar e integrar el material educativo. Le informa de lo siguiente:

El **nivel** de la actividad: su grado de dificultad por lo que respecta al contenido y a la aplicación: inicial, intermedio o avanzado;

El **lugar** donde se realizará la actividad: en el exterior o en el aula;

La **cantidad de sesiones** que deben preverse para realizarla: el profesor podrá adaptar la duración de una sesión, de dos a tres horas en promedio, en función del tiempo de que disponga.

La presentación de los **objetivos** buscados se destaca asimismo en la descripción de cada actividad, bajo la franja del título.

Así, el profesor puede medir fácilmente los objetivos de la actividad que, en la mayoría de los casos, corresponden a descubrir el medio ambiente, transmitir conocimientos y facilitar la comprensión del alumno.

En el caso de algunas actividades de nivel avanzado, además de los conocimientos que se busca impartir, también se pretende favorecer determinadas aptitudes y transmitir competencias.

La **metodología** que se seguirá para el desarrollo de cada actividad queda claramente indicada por la división de ésta en varias etapas sucesivas.

Esas etapas se resumen a su vez en un verbo de acción (recolectar, clasificar, etc.) o se indican en un subtítulo en donde prevalece la acción (por ejemplo, distinguir la acción del viento y las huellas de la erosión, etc.).

De este modo, se da el sentido de una dinámica al mismo tiempo que un orden de progresión.

A lo largo de la **descripción** de cada actividad, los subtítulos figuran en verde, el color de referencia en la organización del manual, de modo que queden claramente distinguibles en el texto.

Los ejemplos que ilustran cada etapa de la actividad figuran en color azul marino, color que acompaña al verde en el código cromático adoptado para el conjunto del material educativo.

Los títulos y subtítulos figuran también en el índice del manual, el cual sirve para hacerse una idea previa del contenido de cada actividad y de su desarrollo.

Por último, los términos científicos o técnicos relacionados con la ecología o el conocimiento del medio ambiente se distinguen claramente: figuran en rosado y remiten al lector a un glosario que se encuentra al final del manual.

Gracias a este **glosario**, se podrá reforzar la base de conocimientos del docente y se determinarán con precisión los conocimientos necesarios.





## Capítulo 1

# Descubrir el ecosistema y la biodiversidad



# 01 La colección de maravillas

Nivel   
inicial

Lugar    
en el aula y  
en el exterior

Duración   
2 sesiones

## Objetivos

### 1. Descubrir el medio ambiente

Mediante la recolección de objetos naturales en el paisaje que les es familiar, los alumnos toman conciencia de la diversidad biológica de su entorno. A menudo, lo que descubren con este ejercicio los maravilla.

### 2. Conocer y comprender

El profesor invita a los alumnos a que, clasificando los objetos encontrados y agrupándolos en forma de colecciones, visualicen por primera vez las nociones de biotopo, biocenosis y ecosistema.

## Etapas

### 1. Redescubrir juntos las vertientes bajas de la montaña

- ▶ En las zonas montañosas, el paisaje es por lo general variado, pintoresco, pero también de difícil acceso por ser escarpado, a veces muy inclinado, y estar sometido a condiciones climáticas durísimas y a las fuerzas de la erosión. La mayoría de los alumnos que viven en contacto con la montaña conocen ese terreno accidentado porque sostienen una relación de uso con su medio ambiente.
- ▶ El profesor les propone guiarlos para que redescubran la belleza y la riqueza extraordinarias de esos ecosistemas montañosos.
- ▶ Invita a la clase a recorrer el medio ambiente cercano paseando a pie por las zonas bajas de las laderas de las montañas, donde se encuentran los hábitats permanentes, y a distinguir entre medios diferentes en los que la biodiversidad existe en formas variadas.
- ▶ El profesor introduce la noción de **biodiversidad**<sup>1</sup>, término general que designa la variabilidad de las plantas, los animales y los microorganismos presentes en la Tierra, su variabilidad dentro de una misma especie y la variabilidad de los **ecosistemas** de los que forman parte. Por lo general, la biodiversidad comprende la diversidad genética, la diversidad de las especies, la diversidad de los **hábitats** y de los ecosistemas.

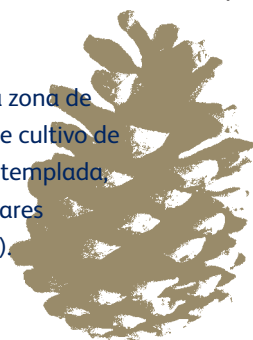
### 2. Aprender a distinguir distintos medios

- ▶ El profesor orienta la actividad consistente en descubrir hacia dos o tres zonas distintas del paisaje, caracterizadas por una **cubierta vegetal** específica.
- ▶ En la mayoría de las regiones, puede optar por una comparación entre un medio cerrado (selva, bosque, sotobosque) y un medio abierto (césped, pradera, cultivos, terrazas).

#### Ejemplos:

En los Andes bolivianos, puede tratarse de una zona de bosque tropical húmedo y de una zona de cultivos tropicales de elevada altitud, como la quinoa; en el Himalaya central, una zona de cultivo de trigo o de patatas en terrazas y un robledal de *Quercus lamellosa*; en los Alpes, en región templada, una zona boscosa y una zona de bosque caducifolio formada, por ejemplo, por robles albares (*Quercus sessiliflora*), hayas, castaños, fresnos y abedulillos u ojaranzos (*Carpinus betulus*).

<sup>1</sup> Los términos que aparecen en color rosado se definen en el glosario (pág. 164)





1

1. Paisaje de montaña,  
macizo de Anaga, caserío de Taganana,  
Tenerife, Islas Canarias  
© Michel Le Berre

2. Mosaico de bosques y praderas,  
*región del Monte Laitmaire*, Suiza  
© UNESCO / Olivier Brestin

2

► Dondequiera que esté en el mundo, la clase aprende a fijarse en los cambios de la cubierta vegetal circulando de una zona a otra de las zonas escogidas en las vertientes bajas de la montaña. Los alumnos se fijan en particular en la abundancia de especies y en la marcada estratificación de los medios forestales constituidos por un estrato arbóreo (o puede que dos), un estrato arbustivo y un estrato herbáceo.

Ejemplo:

En los bosques caducifolios templados de Europa occidental, en el nivel de las colinas, el roble puede ocupar el estrato superior del bosque, «secundado» por el haya o el abeto a una altura inferior, seguidos a continuación por arbustos como la zarza, matorrales más pequeños como los brezos o los arándanos de tallos angulosos, y por un estrato en el suelo, integrado por plantas herbáceas altas como los helechos vivaces, o más bajas como las efímeras de primavera, por ejemplo, el ajo de oso o el aro, también llamado flor de primavera.

► Del mismo modo, para los alumnos puede resultar entretenido localizar la estratificación de vegetación que caracteriza el medio más abierto; si se trata de una pradera o de un pasto, distinguiendo un estrato aéreo de gramíneas altas o de bálagos de un estrato en el suelo formado por plantas herbáceas, e incluso de una capa subterránea.

► Con ayuda del profesor, establecen una relación entre los niveles de vegetación de los medios que visitan y la fauna que puede vivir en ellos y se esfuerzan por percibir huellas de su presencia o de su paso por ellos.

3



3. Planta joven de eléboro blanco (*Veratrum album*), región de *Château d'Oex*, Suiza © UNESCO / Olivier Brestin



4. Grupo de setas, región de *Pelling, Sikkim*, India © UNESCO / Olivier Brestin

4



5

5. Rama de abeto, *Étivaz*, región de *Château d'Oex*, Suiza © UNESCO / Olivier Brestin

6. Calderones o flores de San Pallari (*Trollius europaeus*), *Monte Chevreuil*, región de *Château d'Oex*, Suiza



6

### Ejemplos:

En el estrato del suelo de las plantas herbáceas de la pradera, viven multitudes de langostas, saltamontes y de coleópteros y campañoles o topillos.

En el bosque, el ácaro explota la alfombra de musgo, la curruca el arbusto, la ardilla el tronco y un ave como el piquituerto las yemas o brotes de las copas.

## 3. Distinguir microambientes en los medios visitados

► El profesor lleva el ejercicio de descubrimiento hasta localizar tipos de «microambientes» entre los diferentes medios recorridos.

Son espacios de características visibles que parecen distinguirse del resto del medio circundante como un claro cuya luminosidad llama de pronto la atención en el bosque o los alrededores inmediatos de un abrevadero o un punto de aguada, de un torrente, cuya humedad favorece la aparición de determinadas plantas, en un estallido de verdes, de suave a intenso. Puede tratarse, si no, de una zona de derrubios, de finos a toscos, colonizada por varias especies de plantas pioneras cuyas flores componen un jardín multicolor.

► Con esa labor concreta de descubrimiento y sensibilización, los alumnos presienten que existen algunos recursos (como el agua o la composición del suelo) y algunas condiciones (como la exposición al sol) que determinan la existencia de esos microambientes, lo mismo que existen otros que prevalecen en la aparición de los medios que han estudiado anteriormente. Esos microambientes no hacen sino imbricarse en un mosaico de medios de niveles superiores a los que se suman y que constituyen el paisaje de los bajos niveles de montaña.



7

8



9

10

#### 4. Recolectar objetos naturales procedentes de los diferentes medios abordados en el entorno natural

► Dividida en grupos, la clase recorre sucesivamente todos los medios (o microambientes) abordados y recolecta la mayor cantidad posible de objetos naturales diversos y los distribuye en bolsas diferentes por zonas: clastos de estratos rocosos, piedras curiosas, muestras de tierra, de lodo, de arena en pequeños recipientes, ramas de matorrales o árboles pequeños y, según las estaciones del año, hojas, tallos y espigas de gramíneas, hojas y flores de plantas herbáceas (salvo las más frágiles o las más raras), frutos y semillas de toda clase (bellotas, hayucos, aquenios, sámaras o aquenios alados), conos o piñas, bulbos y tubérculos desenterrados (narcisos, ajo de oso en Europa, azucenas como *Lilium medeoloides* en los Alpes japoneses), detritos de raíces, fragmentos de corteza, hongos, líquenes y musgos, fósiles, insectos muertos (coleópteros, colébolos, cochinillas), capullos de gusano vacíos, huesos y dientes de mamíferos (comadrejas, ratas de campo, zorros, ardillas, martas, martas cibelinas, pécaris, lince, según los continentes), cuernos y fragmentos de cornamenta (cérvidos), plumas de aves (arrendajo del roble en Europa, urogallo en el bosque boreal, guacamayas y aves del paraíso en la baja montaña tropical), huevos caídos del nido, conchas (moluscos, caracoles), bolas de regurgitación, mudas de reptiles o de otras especies animales. ¡Qué sorpresa! Esos objetos son como tesoros escondidos que hemos sacado a la luz y sostenemos en la palma de la mano.

#### 5. Almacenar los vegetales

► La clase puede llevar periódicos o revistas viejos y conservar las plantas, después de cortarlas, entre sus páginas para que queden extendidas y conserven su forma mientras se secan.

#### 6. Limpiar los objetos sucios

► Los alumnos limpian cuidadosamente los objetos cuando es necesario, evitando deteriorarlos.

## 7. Observar

- ▶ De regreso al aula, se observan los objetos uno por uno: es interesante aprender a descubrirlos mirándolos desde diferentes ángulos, observando sus más mínimos detalles, comparando elementos del mismo tipo (por ejemplo, dos frutos).
- ▶ El profesor invita a la clase a establecer correspondencias de formas, texturas y colores entre los objetos.

## 8. Identificar

- ▶ Sólo después identificaremos los objetos: ¿A quién pertenecen? ¿Corresponden a una especie vegetal o animal? ¿Se trata a veces de una misma especie? ¿Proceden de los recursos del medio terrestre (del suelo, por ejemplo)?

## 9. Clasificar

- ▶ Los alumnos clasifican sus hallazgos indicando algunas distinciones: ¿Cuáles pertenecen a la flora? ¿Cuáles a la fauna? ¿Cuáles a los **reinos** de los seres vivos? ¿Cuáles no (los fragmentos de rocas, por ejemplo)?

## 10. Integrar las nociones

- ▶ El profesor vuelve a llevar a los alumnos al exterior y, examinando los hallazgos uno por uno, los sitúa en el contexto natural. También puede ir extrayéndolos sucesivamente de lo que han recolectado los alumnos.
- ▶ La idea consiste en partir del objeto individual (la unidad más pequeña) e ir pasando a escalas mayores: la especie, el medio natural y, en la siguiente etapa, el ecosistema.

### Ejemplo:

Un objeto escogido indica una especie. A continuación determinamos su medio natural:

¿Dónde la hemos encontrado? ¿Cómo ocupa el espacio de su hábitat? ¿Vive en grandes cantidades en ese hábitat? ¿Está muy localizada en el espacio? ¿Se desplaza a grandes distancias, como los animales que migran de un cinturón de vegetación a otro en la montaña al ritmo de las estaciones del año? ¿Cuál es su régimen alimentario?

- ▶ De este modo, el profesor introduce la noción de **biocenosis**: una comunidad de seres vivos –animales, vegetales y microorganismos– que coexisten en un mismo medio natural.
- ▶ Luego da una primera idea de la noción de **biotopo**: un espacio natural determinado, que se caracteriza por condiciones particulares, en el cual se desarrollan especies animales y vegetales adaptadas a esas condiciones.

### Ejemplos:

A orillas de un torrente de montaña de las regiones templadas, en la parte baja, cuando se ensancha su lecho, encontramos especies vegetales corrientes al borde del agua o en las praderas pantanosas, como la tiraña alpina (*Pinguicula alpina*), la saxífraga estrellada o estrellita (*Saxifraga stellaris*), la primula harinosa asociada a carrizos (ciperáceas). Encontramos batracios como la rana bermeja y la salamandra moteada, insectívoros como la musaraña acuática; sobrevuelan y recorren la zona aves como la lavandera cascadeña (*Motacilla cinerea*) o el mirlo acuático (*Cinclus cinclus*) y numerosos insectos, entre ellos el efemérido, un efemeróptero muy extendido, y el tricóptero o frigania, etc. Todas esas especies cohabitan y comparten el mismo biotopo.

Mucho más arriba, en una zona de pastos bajo alerces, podemos decir asimismo que ovejas, alerces, gramíneas como la festuca ovina o la descampsia flexuosa, y algunas aves típicas de la avifauna del alerce, como el mirlo capiblanco y el zorzal común, comparten el mismo biotopo.

## 11. Imaginar colecciones

- ▶ A la luz de estas informaciones, los alumnos imaginarán colecciones a partir de sus propios hallazgos. Lo que se busca es ilustrar, presentar los elementos que han recolectado, aclarando las nociones de biotopo y de biocenosis que acaban de descubrir.

Una caja plana o un simple cartón pueden servir de soporte para cada colección.

- ▶ Los alumnos recuerdan los lugares donde recogieron cada objeto. ¿Qué es lo que caracteriza a esa unidad de paisaje en el ecosistema?
- ▶ Colocan los diferentes grupos de objetos pertenecientes a un biotopo específico en un soporte de cartón. ¿Cómo representar la unidad de una comunidad de seres vivos en un lugar?

11



11. Cuellirrojo (*Phoenicurus*), (túrdidos), Distribución: Europa y Asia  
© UNESCO / Olivier Brestin

12. Árnica (*Arnica montana*), Praz Cornet, Suiza  
© UNESCO / Olivier Brestin

13. Torrente de montaña, Praz Cornet, Suiza  
© UNESCO / Olivier Brestin



12

13

- ▶ Confeccionan un fondo coloreado que representa el suelo del biotopo o pegan al soporte elementos minerales provenientes del suelo de que se trate. Por ejemplo, esparcen arena sobre una capa de pegamento, creando así un efecto de textura o de materia bastante parecido al original.
  - ▶ A continuación colocan en el soporte los objetos pertenecientes a las especies presentes en el biotopo, siguiendo cierto orden: se agrupan los objetos para representar las cadenas alimentarias, las familias de especies, o bien los reinos de los seres vivos.
- Es tarea de los alumnos proponer una primera representación del ecosistema a partir de los objetos que han recolectado y de los primeros datos que se les hayan facilitado. Ilustran la unidad y la diversidad de un espacio vital en el paisaje.
- ▶ La función del profesor consiste en ajustar la colección a la realidad del medio. Según los distintos medios disponibles localmente, propondrá no limitarse únicamente a la diversidad de los objetos que se pueden recolectar, sino tomar además en cuenta su cantidad y sus proporciones relativas, para que la colección pueda hacer resaltar una comparación entre objetos del mismo tipo (entre varias hojas o varias plumas de ave, por ejemplo).
  - ▶ Con ello el profesor puede introducir elementos cuantitativos, de carácter científico, y nociones más precisas, como las de riqueza y abundancia de las especies o, por el contrario, las de escasez y disminución, para subrayar la idea de diferencia de un biotopo a otro.
  - ▶ En cuanto a la disminución de las especies, el profesor introduce la idea de impacto de las condiciones climáticas rigurosas sobre los seres vivos e igualmente de las actividades humanas sobre la **conservación** del medio ambiente.
  - ▶ Señala que se puede concebir el ecosistema como un conjunto dinámico de biotopos y de biocenosis en interacción.
  - ▶ De esta manera, los alumnos pueden formar tantas minicolecciones como medios identificables haya, y cada una corresponderá a un biotopo determinado. Son verdaderas «colecciones de lugares» que sirven al alumno para abordar el ecosistema visualizándolo en unidades separadas, tal como lo estudian en parte los especialistas de la ecología.

## 02

# Alfombra vegetal, o la montaña en mosaico

Nivel   
inicial

Lugar   
en el exterior

Duración   
2 sesiones

## Objetivos

### 1. Descubrir el medio ambiente

Al representar el mosaico de vegetación de la montaña en forma de una gran alfombra vegetal sobre el suelo –formada con objetos naturales recogidos en diferentes alturas de la pendiente–, los alumnos toman conciencia de la diversidad de los medios de su entorno.

### 2. Conocer y comprender

Por medio de la observación detallada de la composición, el profesor lleva a los alumnos a comprender las condiciones que rigen la existencia de los seres vivos en la montaña y las relaciones o los factores que les vinculan entre ellos (entre especies) y con su medio natural.

## Etapas

### 1. Escoger el terreno para realizar el mosaico vegetal

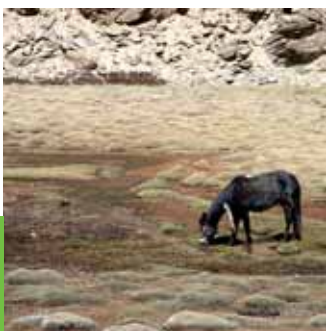
► El profesor escoge la zona en la que se actuará, en el exterior, cerca de la escuela; una zona de tierra desnuda que habrá que rastrillar, nivelar y limpiar, preferentemente amplia y despejada. A continuación, se aplanará y servirá de fondo para la composición de una alfombra vegetal que represente el mosaico de vegetación de la montaña. Es fundamental elegir el terreno recordar que tendrá que servir de fondo coloreado sobre el que deberán resaltar bien los diferentes elementos traídos de otros lugares.

### 2. Preparar la etapa de recolección

► Actuando del mismo modo que en el taller anterior, **La colección de maravillas**, los alumnos recolectarán elementos naturales a distintas alturas del macizo montañoso para captar y hacer resaltar el principio del escalonamiento de la vegetación en la montaña.

Antes de dar comienzo a la fase de recolección, el profesor explica lo siguiente:

- La articulación de la vegetación en una serie de zonas o de niveles desde la base hasta la cima del macizo montañoso es una característica biológica muy importante en la montaña.
- La temperatura rige la distribución de los seres vivos (especies vegetales, animales, microorganismos) en las pendientes.





14

14. Ichu (*Festuca orthophylla*) (poáceas), meseta de Socaire, Desierto de Atacama, Chile  
© UNESCO / Olivier Brestin

16. Coníferas y caducifolios en una pradera, región del Monte Laitmaire, Suiza  
© UNESCO / Olivier Brestin



15



16

- Los niveles de vegetación pueden tener límites difusos porque, de un macizo a otro del planeta, las plantas se conforman al clima, e incluso a los microclimas que caracterizan al macizo, en lugar de seguir una organización impuesta estrictamente por la altitud.
- Cuanto más arriba subamos, más frío hace. ¿Por qué motivo?
  - La presión atmosférica disminuye con la altitud porque la atmósfera está menos cargada de vapor de agua, gas carbónico y polvo.
  - La atmósfera no presenta, pues, la misma masa térmica de interposición entre los rayos del sol y la Tierra.
  - La intensísima radiación solar durante el día hace que el suelo y los elementos naturales se calienten mucho; de noche, en cambio, como el calor se escapa sin trabas, el suelo se enfría considerablemente. Hay una pérdida intensa de calor y baja la temperatura.
  - En resumen, cuanto más arriba vive un organismo en una montaña, más resistente al frío tiene que ser.

► Para realizar la fase de recolección a varios niveles de altitud, el profesor establece la organización práctica del ejercicio.

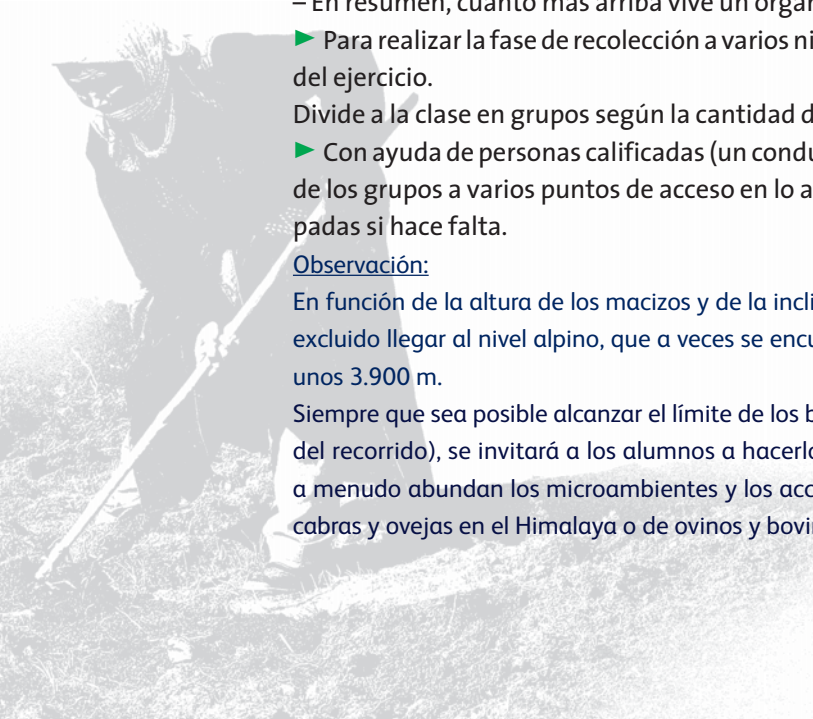
Divide a la clase en grupos según la cantidad de niveles de vegetación que se vayan a visitar y a estudiar.

► Con ayuda de personas calificadas (un conductor, un guía de montaña), el profesor organiza el transporte de los grupos a varios puntos de acceso en lo alto, por carretera (si es practicable) o a pie y previendo acampadas si hace falta.

#### Observación:

En función de la altura de los macizos y de la inclinación, o empinamiento, de las pendientes, estará más o menos excluido llegar al nivel alpino, que a veces se encuentra a una altitud elevadísima, como en el Himalaya central, a unos 3.900 m.

Siempre que sea posible alcanzar el límite de los bosques y el **césped alpino** (pudiendo efectuar en vehículos parte del recorrido), se invitará a los alumnos a hacerlo, porque son zonas del ecosistema interesantísimas, en las que a menudo abundan los microambientes y los accidentes del relieve. El césped alpino es una zona de cría de yaks, cabras y ovejas en el Himalaya o de ovinos y bovinos en la Puna boliviana.



17. Mosaico de bosques y praderas, Monte Chevreuil, región de Château d'Oex, Suiza  
© UNESCO / Olivier Brestin

18. El deshielo, Paray Dorénaz, Suiza  
© UNESCO / Olivier Brestin



17



18

En la región tropical, algunas zonas de monte bajo de bambúes gigantes y de bosques montanos son impenetrables. Lo importante será siempre resaltar dos o tres cinturones concéntricos de vegetación que aparecen de manera recurrente en muchos macizos de abajo a arriba:

- una zona de colinas y de bajas pendientes que se prestan bien a la implantación de los seres humanos y a la agricultura en terrazas que la han modificado;
- un cinturón forestal frondoso;
- un césped alpino o una gruesa alfombra herbácea de gramíneas más allá del límite de los bosques.

► Los alumnos irán provistos de periódicos viejos para guardar entre sus páginas los vegetales que recolecten (véase la actividad anterior).

### 3. Recolectar objetos naturales en diferentes pisos de la montaña

► Los alumnos efectúan varias recolecciones de elementos naturales de manera simultánea en diferentes alturas del macizo (para que lo hagan simultáneamente, algunos deberán salir antes).

► Dentro de cada nivel de vegetación, los alumnos recorren varias unidades de paisaje diferentes con tipos de vegetación y de fauna diferenciados.

Puede tratarse de:

- un robledal mezclado con un bosque de pinos silvestres y una zona de cultivo de la vid en el nivel de colina de los Alpes;
- una zona de límite del bosque en el **nivel subalpino** en la cordillera de Tien Shan en Asia, constituida por árboles canijos, como las piceas de ramas rastreras, los sauces y los abedules enanos;
- un valle sinclinal alto alpestre, en el **nivel alpino**, en el que abundan los bloques rocosos, donde se encuentran admirables contrastes de microambientes como:
  - una cresta en la ladera expuesta al mediodía (**solana**), recalentada por el sol, donde suena el zumbido de los insectos y florece la genciana púrpura;
  - al otro lado del macizo, en la umbría o ladera septentrional, una profunda depresión o **valle monoclin** de nieve, fría y sombreada, donde se resguarda el sauce herbáceo, o sauce enano.



19. Montañas áridas (1.600 m),  
región de Samarcanda, Uzbekistán  
© Michel Le Berre

- ▶ En cada zona, los alumnos guardan sus hallazgos en bolsas diferentes (no se olvidarán de recoger una buena cantidad de piedras, de guijarros de todos los tamaños y matices de colores, tomándolos, por ejemplo, del medio pedregoso del nivel alpino).

#### 4. Componer en el suelo el mosaico de los medios montañosos

- ▶ De regreso a la zona de intervención, los alumnos componen la alfombra vegetal de los diversos hábitats horizontales del ecosistema montañoso:
- ▶ Dibujan en el suelo el contorno de la montaña con las piedras que han recogido y luego subdividen la forma en niveles (franjas horizontales) que delimitan asimismo con guijarros.
- ▶ Dentro de cada franja horizontal crean subpartes (a modo de casillas), tantas como unidades del ecosistema haya que representar por nivel.

##### Ejemplo:

Si un grupo de alumnos ha localizado tres biotopos diferentes en el nivel de colina (véanse los tipos de vegetación citados anteriormente), el grupo aislará tres casillas o segmentos en ese nivel a partir de los objetos recogidos que correspondan a cada biotopo.

- ▶ La clase procura escoger un día luminoso, sin humedad, ni viento, para evitar que se lleve los objetos.
- ▶ Los alumnos componen el mosaico colocando con mucho cuidado los objetos en el suelo en las diferentes casillas, que deberán ser bastante grandes para facilitar la tarea.

##### Ejemplo:

En la región templada, la franja horizontal correspondiente al nivel subalpino se podrá subdividir en varias casillas, como en el ejemplo siguiente:

Se mezclan unas cuantas ramas de alerce con ramas de arola o pino cembra (*Pinus cembra*), junto con sus frutos o conos formados por escamas leñosas y sus semillas o piñones. Se añaden a las coníferas ramas de arbustos enanos como el arándano (*Vaccinium myrtillus*) o el arándano rojo (*Vaccinium vitis-idaea*) y especímenes de plantas selváticas asociadas como el geranio de bosque (*Geranium sylvaticum*) o la copa de duende (*Homogyne alpina*).

Con un poco de suerte, los alumnos podrán colocar en el suelo algunas plumas de pinzón, de bisbita arbóreo (*Anthus trivialis*), de camachuelo común (*Pyrrhula pyrrhula*) y especialmente de cascanueces moteado, de plumaje color pardo chocolate tachonado de pequeñas pinceladas blancas. La misma casilla podrá contener, si viene al caso, cáscaras de huevos, dientes de pequeños mamíferos como el lirón, huesos que atestigüen un festín de las aves de presa, jirones de lana o de pelaje.

► En el mismo nivel, otro ejemplo:

Asimismo para el nivel subalpino en la región templada, una segunda casilla puede representar una depresión húmeda (garganta fresca, pasillo de alud) y contener hojas de alisos verdes, flores de saxífraga de hojas redondas y, si es posible, algunos especímenes de grandes plantas vivaces (megaforbias) que se dan especialmente en los suelos de derrubios, húmedos, en que abundan el humus y los minerales. Los alumnos toman algunas precauciones (se lavan las manos) después de haber recogido y manipulado ese tipo de especies venenosas, como los acónitos (*Aconitum*).

### 5. Observar en detalle el mosaico obtenido

Es importante contemplar en grupo el mosaico:

► Cada uno de los alumnos evalúa el interés visual del conjunto de la composición.

Representar el mosaico de vegetación de la montaña mediante franjas horizontales formadas por casillas con motivos diferentes posibilita, a través del descubrimiento y la observación de cada unidad, llamar la atención sobre los detalles y, por consiguiente, los objetos que constituyen esas unidades, las semejanzas y las diferencias entre unos y otros (ejercicio natural de percepción del todo a la parte).

Con, por ejemplo, tres casillas por nivel, se comunica la idea de diversidad de las especies y los medios, así como la de variabilidad de un medio a otro.

► Los alumnos pueden observar que, sea cual fuere la región del mundo, la diversidad caracteriza especialmente a esos ecosistemas montañosos (salvo el nivel de las nieves perpetuas, inalcanzable, un ámbito primordialmente mineral, que pueblan en algunos sitios líquenes y arañas).

► Advierten la importancia de la **localización** de las especies montañosas a determinadas altitudes y de la asombrosa **diversidad** de las especies, debida a la multitud de lugares de vida. El mosaico permite resaltar esa fragmentación de los medios en la montaña.

### 6. Integrar las nociones

► El profesor examina la composición de cada casilla e interpreta el biotopo representado. Pide a los alumnos que recuerden los lugares.

Destaca las relaciones entre las especies presentes y el medio al que pertenecen:

- Los seres vivos están sometidos a la influencia del medio en que viven: su existencia depende de los **recursos** (agua, calidad de los suelos, nutrientes) y está determinada por ciertas **condiciones** (temperatura, precipitaciones).

- Otros factores específicos del espacio y del relieve propios de la montaña actúan sobre las especies presentes, como la altura de los macizos, la inclinación de las pendientes y la exposición al sol (el grado de soleamiento).

► El profesor agrega lo siguiente:

- Los seres vivos están sometidos asimismo a la influencia de las demás especies que los rodean, en primer lugar por las **cadena alimentarias**. Las relaciones de alimentación entre las especies son directas.

- Más que en otros lugares, en la montaña cada especie crea un impacto sobre el medio ambiente dentro de lo que definimos como **nicho ecológico**, al tiempo que ocupa el espacio que le corresponde en función de su régimen alimentario y de sus competidores. Será la especie mejor adaptada que ocupa el espacio natural o biotopo la que le proporcione su alimentación al ritmo de los cambios estacionales inherentes al ecosistema montañoso.

En cada estación, el vegetal ofrece recursos alimentarios diferentes al herbívoro y el herbívoro al carnívoro.





20. Erosión en el nivel montanaro, *Paray Dorénaz*, Suiza  
© UNESCO / Olivier Brestin



21

21. Buitre de los Himalayas (*Gyps himalayensis*), *Ladaj*, India  
© UNESCO / Olivier Brestin

22. Fondo de valle y montañas, *Air*, Níger  
© Michel Le Berre

22



23. Vendedor de orejones (albaricoques secos), *Leh, Ladaj*, India  
© UNESCO / Olivier Brestin

24. Yak doméstico, *Valle de Nubra, Ladaj*, India  
© UNESCO / Olivier Brestin

25. Rododendro ciliado (*Rhododendron hirsutum*), *Puerto del Simplon*, Suiza  
© UNESCO / Olivier Brestin



26. Laserpicio de Haller (*Laserpitium halleri*), *Monte Laitmaire*, Suiza  
© UNESCO / Olivier Brestin

27. Frutos de *Prinsepia utilis*, *Lagohung, Sikkim*, India  
© UNESCO / Olivier Brestin

28. Rama de *Picea Spinulosa*, *Lagohung, Sikkim*, India  
© UNESCO / Olivier Brestin



26

27



28

25

Ejemplo:

La gamuza que teme al sol y gusta de los valles monocinales y los medios sombreados de la umbría (ladera norte) se alimenta de tréboles y de leguminosas en verano y se conforma con las agujas, las cortezas y los musgos en invierno. A un carnívoro como el águila, que vive por encima del límite de los bosques, para alimentarse le atraen mucho naturalmente las marmotas. Cuando éstas hibernan en sus madrigueras, que se encuentran a gran profundidad bajo tierra, se contenta con la perdiz nival (lagópodo), la liebre variable de pelaje inmaculado en invierno o el urogallo durante toda la estación en que escasea la comida.

- Los restos de animales muertos son consumidos por los detritívoros (necrófagos, gusanos, hormigas). La materia que no consumen los detritívoros es descompuesta por los microorganismos, los **descomponedores**.

Las relaciones entre las especies también pueden ser menos directas e identificables.

- Entre especies con necesidades similares, la **competencia** es la regla: la más «armada» para la lucha por la existencia es la que ocupa el espacio natural o la que consigue soportar sus imperativos.

Ejemplo:

La planta más adaptada fisiológicamente para encontrar agua dominará en los lugares secos;

En los terrenos calcáreos secos crecen especies pioneras muy adaptadas que excluyen a las especies menos adaptadas.

- La competencia no impide asociarse a algunas especies con necesidades complementarias. Por ejemplo, hay especies vegetales que crecen en compañía de otra especie en medios análogos según un riguroso principio de **asociación** vegetal especializada (integrada por pocas especies) y muy disímil según los lugares.

Ejemplo:

La campánula barbuda se asocia de buen grado con el rododendro ferruginoso o el edelweiss con el áster alpino.

- Para cumplir su ciclo biológico, muchas especies tienen necesidad de la **interacción** de otras especies;

Ejemplo:

La genciana que florece en la cresta es polinizada por la abeja.

## 7. «Activar» esas nociones inventando un relato

► Después de haber aclarado las relaciones de las especies entre ellas y con su medio, los alumnos se concentran en el mosaico e imaginan una historia, un relato que integra cada uno de los objetos de la composición y los vincula.

► Lo que se busca es valorizar las relaciones señaladas por el profesor (relación entre las especies y los recursos, cadena alimentaria, competencia, asociación, interacción), al tiempo que se produce un relato espontáneo cuyas secuencias son fluidas e ininterrumpidas de un objeto a otro. Se pasa libre y rápidamente de un elemento a otro y luego de un biotopo a otro, sugiriendo la idea de vínculo, de interacción entre los diferentes biotopos en el funcionamiento del ecosistema como un conjunto.

► El alumno puede integrar una dosis de fantasía en el marco de su narración (*Érase una vez...*); lo importante es que la lectura del biotopo y luego del ecosistema y de su funcionamiento refleje las informaciones transmitidas.

► El profesor señalará luego las incoherencias que puedan haber surgido.

# Ejemplo de red trófica en una región montañosa templada

## Consumidores terciarios



Águila real  
*Aquila chrysaetos*



Oso pardo  
*Ursus arctos*



Colémbolo



Bacteria

## Transformadores

## Detritívoros

### Necrófagos

### Escatófagos



Buitre leonado  
*Gyps fulvus*



Escarabajo bolero  
*Geotrupes stercorarius*

## Consumidores secundarios



Comadreja  
*Mustela erminea*

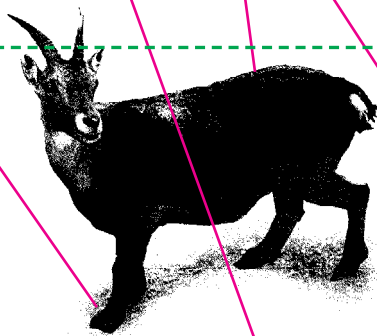


Escarabajo de tierra  
*Chrysoscarabus solieri*

## Consumidores primarios



Campañól de las nieves  
*Chionomys nivalis*

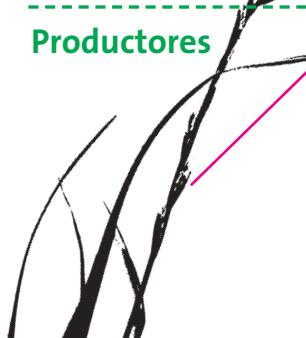


Cabra montés  
*Capra ibex*



Abejorro alpino  
*Bombus alpinus*

## Productores



Hierba puntera  
*Festuca varia*



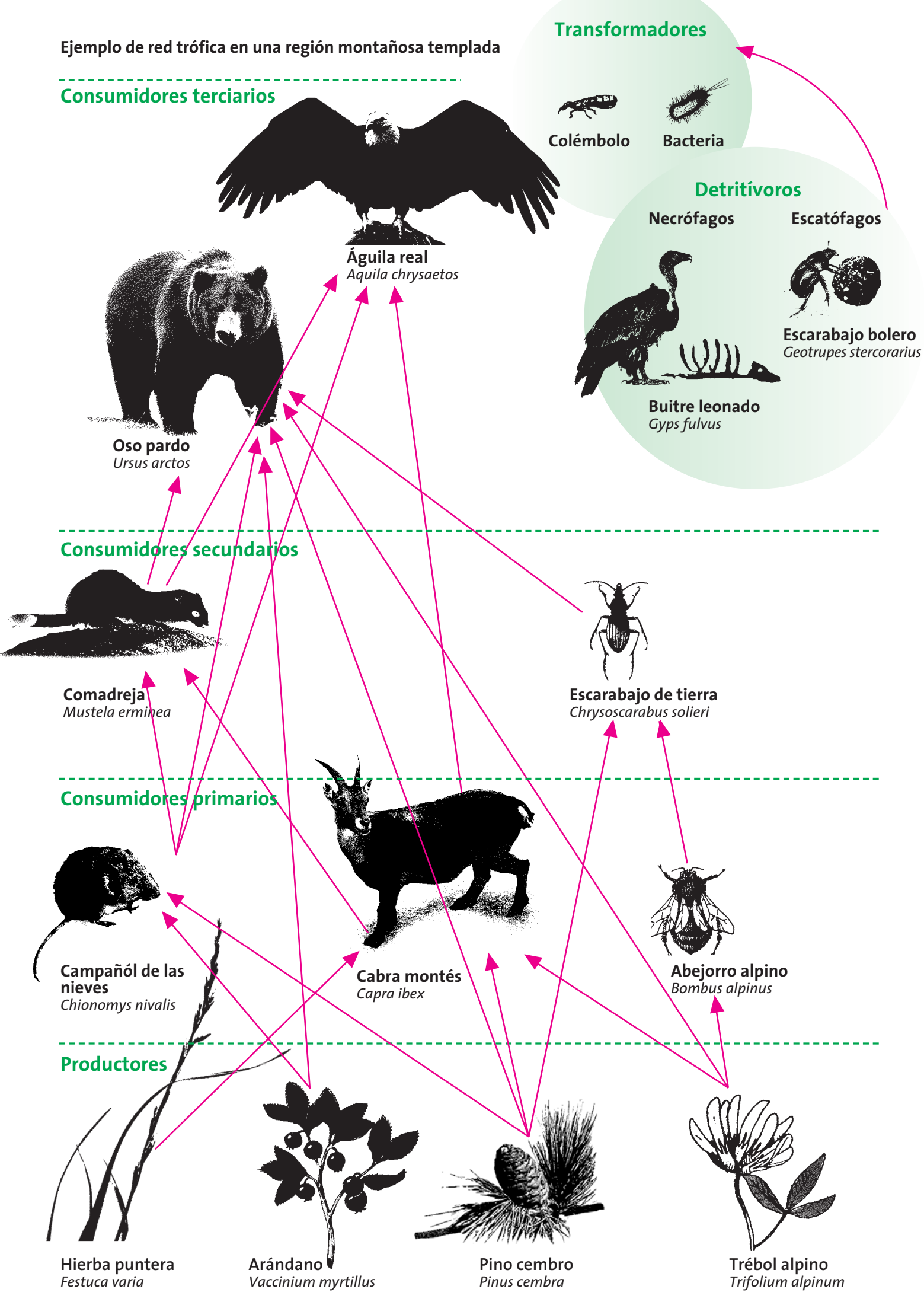
Arándano  
*Vaccinium myrtillus*



Pino cembro  
*Pinus cembra*



Trébol alpino  
*Trifolium alpinum*



# 03 Tierra, piedra y erosión

Nivel   
intermedio

Lugar   
en el exterior

Duración   
2 sesiones

## Objetivos

### 1. Descubrir el medio ambiente

A medida que van descubriendo las formas del relieve y la constitución del paisaje geológico con su profesor, los alumnos establecen una relación entre la naturaleza de las rocas y la calidad del suelo, entre la roca y los sedimentos.

### 2. Conocimientos y comprensión

Tras varias intervenciones efímeras en el paisaje mineral (trazados, esculturas), los alumnos visualizan, mediante una serie de dibujos, el fenómeno de la erosión en la montaña y comprenden la importancia de los nutrientes del suelo en el ecosistema.

## Etapas

### 1. Distinguir el mineral

Una montaña es, por definición, un relieve constituido por masas de rocas provenientes del alzamiento de la corteza terrestre. Es, pues, esencialmente mineral.

► Junto con el profesor, los alumnos deciden concentrarse en diferentes emplazamientos de altura en los que predominan ampliamente los elementos minerales.

En varios niveles de la pendiente, observan:

- Unos derrubios de **cono de deyección** a baja altitud, donde un torrente vierte su carga de lodo y guijarros;
- Un campo de piedras o un enlosado de piedras lisas a elevada altitud, en el nivel alpino, causado por el estallido o el desprendimiento de esquirlas de las rocas por efecto del hielo, y que luego arrastra el lodo.
- A lo lejos, arriba, o en la distancia, las crestas alpinas en forma de dientes de sierra de las cumbres que muestran a menudo aristas vivas.

### 2. Observar el componente geológico del relieve montañoso

► El profesor hablará luego de la formación geológica de la montaña.

Primero precisará el tipo de roca que se puede encontrar en los diferentes lugares observados.

Puede tratarse de:

- Una roca **sedimentaria** proveniente de la consolidación de capas de materiales transportados por el agua o el viento, por ejemplo, esquistos y areniscas formados por clastos de rocas antiguas erosionadas;
- Caliza, otra roca sedimentaria formada en el medio submarino, compuesta por restos vegetales y animales;
- Rocas **ígneas** provenientes de un brote de **magma** o de materia en fusión que, por intrusión y enfriándose, da una roca de granos toscos como el granito;
- **Lava** que, cuando irrumpe en la superficie, se enfría rápidamente en basalto, otra roca ígnea.

► El profesor aprovecha ese tiempo dedicado a observar las rocas para relacionar la observación efectuada con el proceso de formación del relieve visitado por la clase.



29. Cadena de Zaskar, desde el monasterio de Fyang, Ladaj, India  
© UNESCO / Olivier Brestin

- ¿Se trata de un volcán que tiene aspecto de cono regular y aislado?

Ejemplo:

Volcanes como el Kilimanjaro en Tanzania o como el Etna en Sicilia son montañas aisladas.

- ¿Forma parte, en cambio, la montaña de un conjunto de cumbres de origen más o menos semejante que forman una cadena, a su vez combinada con otras, en un sistema largo y complejo, como sucede en los casos de las Montañas Rocosas o del Himalaya?
- ¿Se debe la formación del relieve a un fenómeno térmico en la corteza terrestre, como los volcanes aparecidos en la corteza terrestre a raíz de un brote de magma y/o una erupción de lava?
- ¿Tiene otra causa, como los fenómenos **tectónicos** que engendra la deriva de las placas continentales en la superficie del globo terráqueo?

Ejemplo:

La colisión de la placa africana y de la placa euroasiática creó los Alpes hace unos 50 millones de años.

- Bajo presión intensa, se produce un plegamiento cuando las placas chocan y pasan una bajo otra; entonces se abren unas fallas.

Los alumnos pueden localizar en el paisaje las señales de montañas plegadas o producto de una falla observando los pliegues paralelos del relieve como en la fotografía de la página siguiente. También distinguen las grandes fracturas o fallas a partir de las cuales se articulan los bloques rocosos como en las Montañas Rocosas.

- ¿Forma parte la montaña de un macizo volcánico proveniente de una acumulación, en lugar de proceder de una irrupción de lava en la superficie de la tierra que ha provocado una hinchazón de ésta y luego una montaña en forma de loma constituida por lava solidificada, como el Drakensberg en Sudáfrica?
  - ¿Es el relieve una combinación de esos diferentes fenómenos de plegamiento y formación de fallas y de intrusión de masas de magma, como la «cordillera» de los Andes palabra derivada de «cuerda», sistema de montañas terrestres más largo, proveniente de movimientos tectónicos, pero coronado por altos volcanes en toda su extensión?
- Después de haber identificado en el paisaje las señales que atestiguan la existencia de una formación geológica específica, los alumnos sondean el suelo en los diferentes puntos de la pendiente observados.



30



31



32



30. Montañas áridas,  
*Desierto de Atacama, Chile*  
© UNESCO / Olivier Brestin

31. Mármol blanco, *Air, Níger*  
© Michel Le Berre

32. Erosión térmica en rocas,  
*Air, Níger*  
© Michel Le Berre

33. Chimeneas de hadas,  
*Capadocia, Turquía*  
© Michel Le Berre

34. Granito (detalle),  
*Air, Níger*  
© Michel Le Berre

33

34





35. Montañas plegadas,  
región de *Hemis, Ladaj*, India  
© UNESCO / Olivier Brestin

36. Ladrillos tradicionales para  
construcción, *Ladaj*, India  
© UNESCO / Olivier Brestin

37. Obreros trabajando en los cimientos  
de una casa, *Fyang, Ladaj*, India  
© UNESCO / Olivier Brestin

38. Viviendas trogloditas, *Capadocia*,  
Turquía  
© Michel Le Berre

39. Oasis y cultivos de regadío,  
*Valle del Draa medio*, Marruecos  
© Michel Le Berre

35

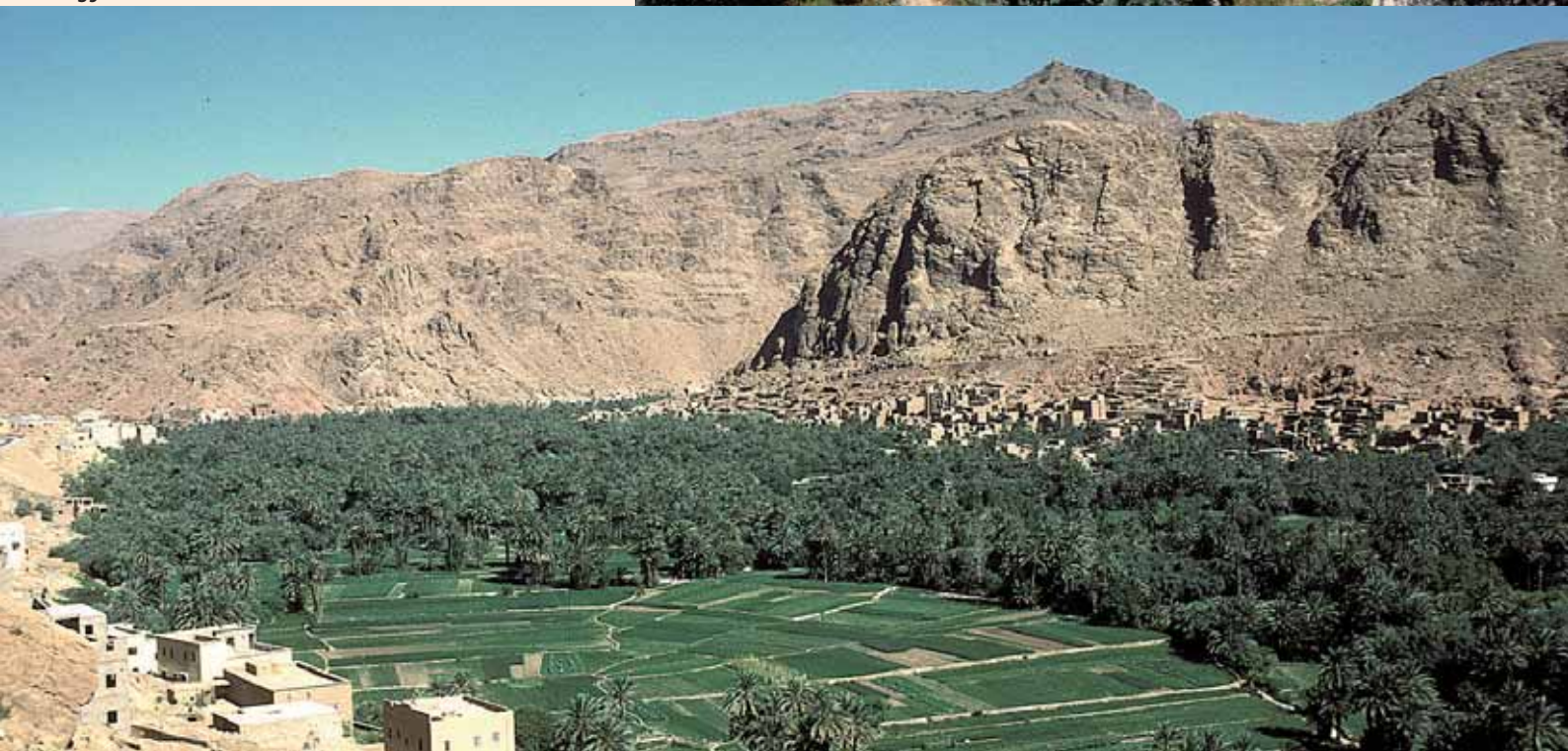
36

37

38



39



- ▶ Descubren que está constituido por **sedimentos** producidos por la degradación de la roca que forma el relieve: piedras, guijarros, arena, limo, arcilla.
- ▶ Comparan la zona de las grandes alturas con derrubios por gravedad, suelos desnudos donde la materia del suelo es casi inexistente y se reduce a productos de degradación de la roca por el agua, el viento y la alternancia de las heladas y el deshielo, con depresiones situadas más abajo, donde el depósito del suelo se hace más grueso.
- ▶ Distinguen claramente:
  - los suelos que están a baja altitud, por lo general húmedos, enriquecidos con **humus** (el producto de la descomposición de las materias orgánicas animales y vegetales), en los que, simultáneamente, gusanos, raíces abundantes, microorganismos y vegetación todavía vivos atacan la roca madre, lo cual constituye **la erosión bioquímica**,
  - los suelos a grandes alturas, minerales y brutos de erosión de la roca, reducidos a un delgado revestimiento sobre campos de bloques o a un esbozo de materia en las fisuraciones de la roca (donde crecen las plantas que se enganchan a las rocas).

### 3. Relacionar el suelo con el relieve y situarse en el paisaje

- ▶ A continuación, y siempre en varios niveles de la pendiente, los alumnos localizan un lugar desde el que se pueda observar el relieve a distancia.
- ▶ Establecen una relación óptica, física, entre el suelo que se encuentra a sus pies y el relieve que ven a lo lejos practicando intervenciones efímeras en el paisaje.
- ▶ Manipulan la materia mineral y realizan esculturas reuniendo piedras o sedimentos (túmulos, *cairns*, círculos); también dibujan figuras con las huellas de sus pasos.
- ▶ El profesor les lleva a establecer un juego de escalas (escala humana, escala natural) entre sus intervenciones y el paisaje:
  - Una piedra puesta en pie o un túmulo artificial de unas decenas de centímetros de altura pueden reproducir la forma del relieve que se ve a lo lejos.
 De ese modo, colocadas en primer plano para el observador y con el relieve como telón de fondo, esas creaciones parecen de tamaño tan grande como el relieve del segundo plano y reproducen su aspecto, su textura. Su asociación es impresionante.
  - Una línea recta trazada arrastrando los pies sobre un suelo llano y situada en el eje de un relieve puede, gracias a la perspectiva, establecer un nexo entre quien observa de pie en el suelo y el relieve a lo lejos, entre la escala humana y la escala del paisaje, vinculando también el suelo con la forma vertical del relieve.
 Esas esculturas o dibujos artificiales añadidos al paisaje son también la huella de creaciones humanas en medio de vastas extensiones naturales. Son una manera de que los alumnos capten dos formas de acción o de creación, la humana y la natural, y de que formen parte del paisaje.

### 4. Localizar las huellas de la erosión hídrica en la ladera

- ▶ Cuando han observado los suelos a varios niveles en la pendiente, los alumnos han podido constatar la influencia preponderante del agua –en diversas formas, entre ellas, la nieve y el hielo- en la constitución de los suelos.
- Ya cause **aludes**, desagregue rocas, abra **circos glaciares**, cause desprendimientos por gravedad, un escurrimiento concentrado, una lixiviación de los suelos, trace surcos y acanaladuras profundas o constituya conos de deyección, la acción del agua hace evolucionar constantemente la ladera de una montaña.
- ▶ Es el momento en que el profesor recuerda lo que es la erosión: la acción de desgaste y de transformación de la superficie terrestre por diversos agentes como el agua, el viento, el hielo, el calor y las raíces.
  - ▶ En varios niveles de la pendiente, señala a la atención de los alumnos la acción del agua por las heladas y el hielo, por la nieve en el suelo, por la lluvia, el agua de **escorrentía**, la erosión que causan los torrentes.

#### Ejemplo:

Puede mostrar la acción de las heladas por:

- el estallido de una roca granítica (las heladas dilatan las fisuras llenas de agua y provocan el desprendimiento de esquirlas de la roca);
- el empaste de rocas no consolidadas que provoca una corriente de lodo;



40. Cuenca de recepción de un torrente,  
región de *Château d'Oex*, Suiza  
© UNESCO / Olivier Brestin



- la formación de una caverna con excavación de una roca porosa, sensible al hielo, bajo una capa de roca más resistente.

Puede asimismo mostrar la acción del hielo por el impacto de un glaciar en el conjunto del paisaje, que dibuja muchas veces un valle en «U» desgastado en el fondo por los grandes bloques que arrastra el glaciar.

## 5. Dibujar

► Los alumnos se entretienen buscando las huellas más significativas de la labor de talla que el agua ejerce sobre el paisaje.

No suelen faltar los ejemplos y, según el lugar y el contexto en que se hallen los alumnos, pueden, provistos de una libreta de croquis o cuaderno de dibujo:

- Dibujar las crestas de las cumbres destrozadas por la acción del hielo;
- Captar los detalles de una roca dividida hasta el infinito en una multitud de microcaras o microaristas por la **gelivación**;
- Captar cómo ataca el hielo a las rocas friables como la caliza, creando **derrumbaderos** aislados de líneas puras;
- Bosquejar las excentricidades del relieve por denudación que forma agujas, como el Monte Cervino en Suiza, rodeado por la erosión de numerosos circos glaciares o por **chimeneas de hadas** causadas por la erosión mecánica de la lluvia en rocas no consolidadas que crea columnas aguzadas que remata una piedra que las protege como si fuese un paraguas.
- Dibujar los surcos de las aguas de escorrentía: los barrancos de las rocas arcillosas que confluyen por lo general en la **cuenca de recepción** de un torrente, o los **lapiaz**, verdaderas acanaladuras (a veces de hasta 10 m de profundidad), que el agua ahonda constantemente en las mesetas calizas. Para representar esos terrenos tan trabajados, los alumnos utilizarán tonos contrastados (claro/oscuro; bulto/intersticio; de cara al sol/de cara a la sombra).

## 6. Interpretar los dibujos y comprender el impacto de la erosión hídrica sobre el medio ambiente

► El profesor complementa la interpretación de los dibujos y explica cómo la erosión hídrica es una causa de degradación de los suelos, a veces estériles por estar sometidos a las heladas persistentes, y en ocasiones



41. Pastores nómadas, lago de Zachung, Ladaj, India  
© UNESCO / Olivier Brestin



42. Campamento abandonado, lago de Zachung, Ladaj, India  
© UNESCO / Olivier Brestin



43. Campamento de pastores nómadas, lago de Zachung, Ladaj, India  
© UNESCO / Olivier Brestin

descalcificados por haberlos lixiviado las aguas de escorrentía que arrastran los elementos minerales al fondo. La roca ha sido decapada, dejada al desnudo; apenas hay organismos vivos.

► Establece una relación de causa a efecto entre la inexistencia de vegetación y la intensidad de la erosión hídrica:

Donde la tierra no está protegida por la vegetación, el agua arrastra fácilmente los suelos; cuanto más desnudos están los suelos, más expuestos se hallan a las condiciones climáticas rigurosas de la montaña, sometidos a fuertes heladas o quemados por la luz solar intensa y, por lo tanto, expuestos a la desecación.

► El profesor recuerda por último el papel que desempeñan los seres humanos en la inestabilidad de los suelos en las montañas.

Las intervenciones humanas, cuando no toman suficientemente en cuenta el contexto natural, pueden ser perjudiciales para el ecosistema y para la propia seguridad de los seres humanos:

Puede suceder que se abran carreteras o se creen estaciones de esquí a gran altura en pendientes jóvenes, arcillosas, formadas por limo, muy poco estabilizadas. Cuando esas obras y edificaciones van acompañadas de desbrozos intempestivos o de amplias actuaciones de deforestación y de sobrepastoreo, los daños causados a la alfombra vegetal protectora se convierten en foco de una erosión activa.

El impacto sobre el ecosistema puede ser muy importante, y la destrucción parcial de la alfombra vegetal transformarse en abarrancamientos generalizados, con grave riesgo de corrientes de lodos o de aludes que, de producirse, resultarían igualmente destructoras para los seres humanos de los alrededores.

## 7. Localizar una zona de tierra protegida de la erosión

► Los alumnos distinguen una zona menos desnuda y menos expuesta a la erosión hídrica que las que acaban de recorrer, por ejemplo, en el nivel de vegetación de montaña poblado por árboles resinosos.

- ¿Cómo está protegida la zona del agua de escorrentía?

Por la vegetación, que permite al agua infiltrarse en el suelo y migrar en profundidad para fertilizarlo.

- ¿Por qué es fértil la zona? El humus constituido por agujas se descompone lentamente y contribuye a hacer más gruesa la materia del suelo; la humedad de las primeras capas de suelo provoca asimismo la migración de los elementos finos y nutritivos más en profundidad y de ese modo el suelo se hace más grueso por acumulación.

► Los alumnos estudian el suelo excavándolo. Observan y analizan sus elementos constitutivos: además de estar formado por partículas de roca no consolidada (arena, arcilla), en un suelo productivo hay humus, **nutrientes**, aguas, aire, elementos u organismos vivos identificables como las raíces, los gusanos, los detritívoros y otros organismos invisibles como los filamentos de hongos, las bacterias y otros microorganismos.

► Pueden tomar muestras del suelo en los diferentes lugares visitados mientras dure la actividad. Las conservarán en recipientes transparentes para que se vean las composiciones, texturas y colores de los distintos suelos.

► Los alumnos las completan mojando las muestras y frotando con ellas papel o tela para destacar las texturas más o menos ricas de esos suelos.

# 04 Tras las huellas de la fauna silvestre

Nivel   
intermedio

Lugar    
en el aula  
y en el exterior

Duración   
3 sesiones

## Objetivos

### 1. Descubrir el medio ambiente

Acercarse a las especies animales en su contexto mediante el estudio de sus sonidos y la identificación de sus huellas y de otras trazas perceptibles.

### 2. Conocer y comprender

Después de repasar las características de las especies animales de las zonas montañosas, aprender a utilizar el relato para poner de manifiesto la relación de un animal con su biotopo y comprender mejor la interpretación de un mismo medio ambiente por varios usuarios.

## Etapas

### 1. Efectuar un primer reconocimiento

► Los alumnos salen en busca de la fauna silvestre.

Guiados por su profesor y acompañados de un rastreador (véase más adelante), van a ensayar un acercamiento discreto, descubrir la técnica del acecho (que exige un prolongado control de uno mismo, sin hacer ruido ni movimientos intempestivos) para sorprender a las especies en una situación natural y lograr una observación lo más real y directa posible.

Para realizar esta actividad la clase dará la preferencia al momento del derretimiento de la nieve y el principio de la primavera porque, después de los largos meses de privación del invierno riguroso, los animales salen de buen grado a plena luz y por lo tanto se prestan más a ser observados, aunque sea de lejos con un catalejo o unos gemelos.

Observaciones:

El período del derretimiento de la nieve a elevada altitud es asimismo interesante porque en esos medios abiertos, más arriba del límite del bosque, las placas de nieve que quedan son terrenos de huellas, cada una de las cuales es un indicio de una actividad oculta que los alumnos aprenden a interpretar.

Las placas de nieve desperdigadas permiten identificar los contrastes de microambientes del nivel alpino donde se yuxtaponen las crestas en las que nunca se posa la nieve y los **valles monoclinales** de nieve o los **neveros**, que siguen sumidos en una atmósfera invernal. Esos microambientes proporcionan una multiplicidad de condiciones de vida en un espacio bastante limitado, ofrecen otros tantos hábitats para los animales y un espacio de exploración cautivador a los alumnos.





44

44. Manada de gamuzas,  
Montañas Rocosas, EE.UU.

© Steve Estvanik

45. Pareja de íbices,  
Parque Nacional de la Vanoise,  
Alpes, Francia

© Racahout

46. Íbice en los pastos de montaña,  
región de Chamonix, Alpes, Francia

© Floconagile



46



45

- ▶ Los alumnos salen al encuentro de las especies silvestres a horas diferentes: temprano por la mañana o más tarde durante el día cuando el sol primaveral caldea la montaña. Junto con su profesor, eligen unas condiciones atmosféricas variadas, por ejemplo, un hermoso día entrecortado por aguaceros primaverales en las regiones templadas o un día fresco pero agradable, típico de las cortas estaciones de transición en las regiones áridas frías (Himalaya, Patagonia).
- ▶ Ponen en relación naturalmente la observación con la audición y, si puede ser provistos de un magnetófono o de un micrófono, efectúan grabaciones del ambiente del medio y de los sonidos de los animales.

Si no se dan las condiciones necesarias para grabar, se limitarán a sesiones de escucha.

Ejemplo:

Pueden sorprender y escuchar:

- los zumbidos de los transportistas de polen, como los del abejorro alpino revestido de su pelaje enmarañado;
- los gritos agitados de la parada nupcial de numerosas aves como el lagópodo o el gallo lira, distinguiéndolos de sus gritos de alarma, sonoros y ásperos;
- los gritos de alarma de las marmotas en Asia, en Europa, en América del Norte;
- más entrada la estación, el balido de los íbices jóvenes, ya sean de los Alpes o del Pamir, que llaman la atención por sus ruidos de saltos, contiendas fingidas o reales y por los desplazamientos sonoros de las manadas.

► Después de varias sesiones, más duchos en la técnica de la grabación, los alumnos utilizan, si existe en su escuela, material más perfeccionado para estudiar la frecuencia de los sonidos o hacer micrograbaciones en el suelo y en los árboles, dando la preferencia, por ejemplo, a la zona de límite del bosque donde se encuentran la fauna del cinturón forestal y la del nivel alpino.

¡Qué alegría! ... cuando después de mucha concentración, se capta y se graba el paso rápido de un roedor, el aleteo de un pájaro, los ecos de una batalla de rapaces y de córvidos (águila, chova piquigualda, urraca o marica) que pueden disputarse presas o la posesión del espacio.

► Analizando las sesiones de audición, los alumnos identifican las especies a partir de sus gritos, que tratan de asociar a una situación:

► Observan, escuchan e interpretan pequeños acontecimientos, los momentos que revelan el comportamiento de una especie como la caza del águila o la huida ante el peligro de una manada de caprinos (gamuzas, rebecos, íbices, cabras de las Montañas Rocosas).

► Ven al águila que se desliza sin hacer ruido, dominando su territorio, el ruido de fuelle cuando se lanza en picado, los agudos gritos de alarma de los mamíferos que están en tierra, como las marmotas, los movimientos furtivos o sonoros de fuga...

► Distinguen los sonidos diferentes de los caprinos que olfatean el peligro o huyen de él: del silbido nasal del íbice, más bien plácido si no se le asusta, al pánico que embarga a la gamuza que silba mientras da saltos y enseguida emite fuertes silbidos por expiración, balidos sordos y roncros de socorro mientras toda la manada escapa al galope.

¿Por qué y cómo revelan esos gritos el modo de vida de las especies y su ocupación del espacio? ¿Cuál es la distancia de fuga del animal y cuál la extensión de su territorio? ¿Cuál es su régimen alimentario? ¿Es un predador?

## 2. Identificar las huellas de animales

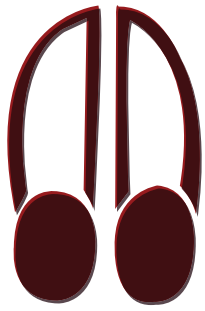
► Para esta parte de la actividad, se recomienda encarecidamente al profesor que pida ayuda a un rastreador acostumbrado a interpretar las huellas que dejan los animales en la nieve o en los lugares húmedos. Esas huellas son verdaderas «firmas» en la película de nieve, indicios de una actividad que persiste a pesar del frío que reina a elevada altitud.

Los alumnos efectúan la investigación, guiados por el rastreador.

47. Buitre de cabeza colorada (*Cathartes aura*), Parque Nacional Pan de Azúcar, Chile  
© UNESCO / Olivier Brestin

48. Carancho (*Polyborus plancus*), Parque Nacional Pan de Azúcar, Chile  
© UNESCO / Olivier Brestin





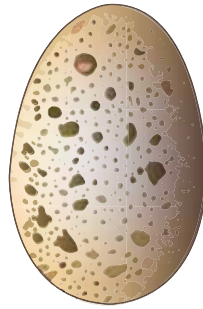
Ciervo



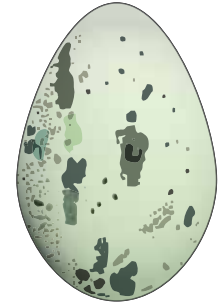
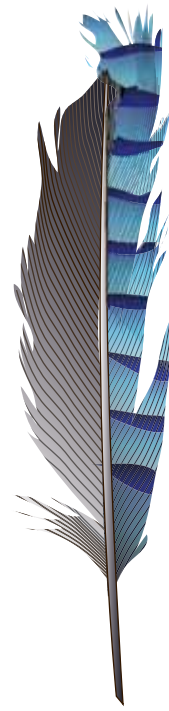
Zorro



Conejo



Gallo lira



Arrendajo del roble

► Localizan primero en la nieve o cerca de un torrente las huellas recientes o heladas de los animales típicos de la altitud, a veces de las especies **endémicas**.

Ejemplo:

Con ayuda del rastreador, la clase aprende a distinguir las huellas de las aves de las regiones templadas: las del piquituerto o del cascanueces que resisten a los grandes fríos, pero, a causa de su régimen de semillas de coníferas, bajan hasta el límite superior de los bosques; las del lagópodo, pájaro andador, que son muy reconocibles y localizables porque no sale prácticamente nunca de las **morrenas** y los **derrumbaderos** despejados de la elevada altitud; después, asimismo reconocibles, las huellas de otras familias de especies de la altísima montaña, entre ellas la liebre variable con sus interminables patas traseras provistas de sólidas uñas.

► El rastreador enseña a los alumnos a identificar las huellas con más precisión, distinguiendo, por ejemplo, dos herbívoros rumiantes dentro de una misma familia de especies; puede tratarse de un cefalofo y de un guib en la zona tropical húmeda africana, de un yak silvestre y de una gacela del Tíbet en el Himalaya, de una gamuza y de un íbice en los Alpes.

► Con estos dos últimos, por ejemplo, es interesante diferenciar el tamaño de las almohadillas plantares que se adhieren al suelo, la longitud de las pezuñas delanteras cuya separación limita, o no, un tabique interdigital: la gamuza utiliza sus pezuñas dotadas de una membrana como raquetas cuyas huellas son visibles en las pendientes nevadas y los **neveros**, en tanto que el íbice, cuya pezuña carece de membrana, se hunde o se desploma de manera característica en la nieve espesa. Como en el hielo se hiere con frecuencia, prefiere la roca y se aleja de los **valles monoclinales** y los neveros.

► Una vez familiarizados con las huellas gracias a los conocimientos del rastreador, los alumnos hacen unos esbozos rápidos de ella en sus libretas de croquis.

► Subrayan el detalle gráfico de cada huella (en forma de estrella de las aves, redondas de los cánidos como el zorro, huellas alargadas de las patas traseras de liebres o de conejos, rastreras de los insectos).

► Consolidan por el dibujo su identificación de las huellas: aspecto general, pezuñas o garras, y aprenden de memoria la cantidad y la disposición de las almohadillas de cada especie.

Ejemplo:

El tejón tiene 5 almohadillas muy juntas, que forman un semicírculo perfecto, rematadas por unas largas garras.

► La clase descubre luego las huellas de una actividad animal que tuvo lugar en momentos anteriores de la estación del año y que se puede detectar cuando se deshuelan las nieves.

Por ejemplo, los gruesos cordones de tierra ramificados que podemos encontrar en el suelo indican la presencia de un topillo nival, que se ha dedicado intensamente a despejar la tierra extraída de las galerías de su madriguera desplazándose bajo la nieve en contacto con el suelo; también ha podido construir barreras de tierra para proteger las entradas. Todo eso resulta visible cuando se funde la nieve. Además, mantiene en buen estado, clasifica y acumula constantemente y velozmente sus provisiones y puede ponerlas a secar en piedras, otra señal de que está siempre atareadísimo.

### 3. Buscar otras huellas del modo de vida de las especies

► A continuación se pasa a buscar otros indicios que revelen la presencia de una o más especies y que proporcionen información sobre su modo de vida.

► El equipo compuesto por el rastreador y el profesor recuerda las precauciones y reglas que deben observarse durante el descubrimiento de animales:

Evitar molestar a las especies, destruir sus refugios y madrigueras, violar sus territorios, destruir las especies vegetales fundamentales que constituyen la base de la alimentación y del hábitat de los animales, no acercarse a las nidadas ni a las camadas, ni tocar a los animales jóvenes.

► Si buscan bien, los alumnos pueden hallar aquí o allá deyecciones, **bolas de regurgitación**, plumas, tal vez, rastros de lucha en el suelo, fragmentos de conchas, frutos o conos medio roídos, nidos, refugios, huellas olfativas, indicios sobre el ritmo biológico de la especie, señales de **migración** o de desplazamiento por un territorio.

► El rastreador orienta a los alumnos para que observen de qué manera tantos objetos y huellas pueden constituir indicios. Cómo ayudan a interpretar el régimen alimentario, la reproducción, el territorio, la movilidad y la relación con el biotopo de una o más especies presentes en un lugar determinado.

#### Ejemplo:

En los diferentes continentes, el rastreador podrá referirse a las múltiples especies de la familia de los mustélidos, predadores de distintos tamaños, que abarca los tejones, rateles, martas, martas cibelinas, comadreas, conocido porque desprenden un olor almizcleño, a veces pestilente (el turón) en caso de ataque. El rastreador puede cautivar a los alumnos descifrando las informaciones que contienen esos olores: ¿Hace cuánto tiempo que ha pasado el animal por los lugares visitados? ¿Ha ocupado una madriguera de otro animal? ¿De qué especie se trata? Algunos rastreadores son muy competentes: ¿Se puede saber gracias a las huellas olfativas el sexo del animal y su edad?

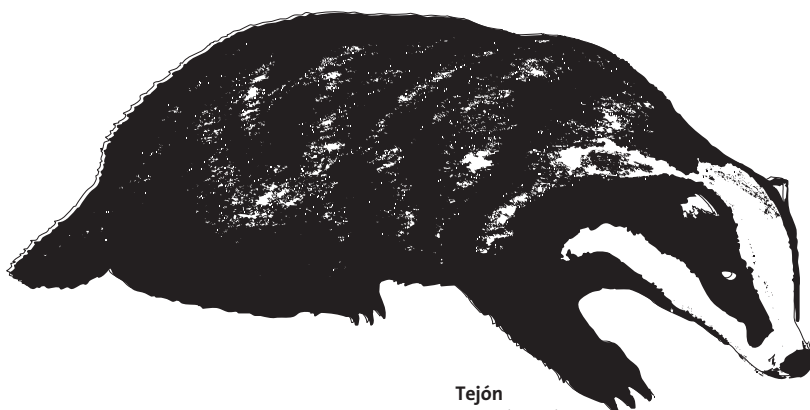
#### Observación:

Los sonidos y los ruidos, las huellas, los objetos y los olores que dejan a su paso son otros tantos hechos que atestiguan la existencia de las especies; son elementos interesantes de estudiar, a veces gráficos, sorprendentes, que encierran cierto misterio; pero son hechos que están fuera del campo visual, y muchas veces ocurren en forma diferida, de la existencia de las especies. Es importante que al llegar a ese punto el profesor regrese con los alumnos al aula, que reúna las informaciones científicas y los conocimientos que va a transmitir, que junte las piezas del rompecabezas y sitúe cada especie en la perspectiva del ecosistema.

### 4. Recapitular los conocimientos sobre las especies

► Tras dedicar algún tiempo a la búsqueda de documentación en libros y fotos, tal vez en Internet (si la escuela está equipada para hacerlo), el profesor presenta las principales especies del ecosistema del entorno inmediato.

► Procura presentar cada especie con sus características generales y sus adaptaciones morfológicas, fisiológicas y de comportamiento a los ecosistemas de montaña.



Tejón  
© Luxe (Fotolia)



Huella



49

49. Oso negro asiático (*Ursus thibetanus*),  
Sikkim, India  
© UNESCO / Olivier Brestin

50. Leopardo de las nieves (*Uncia uncia*),  
Sikkim, India  
© UNESCO / Olivier Brestin



50

### A. Las características generales de la especie

► El profesor puntualiza varias nociones fundamentales:

- ¿Qué es una **especie**?

Existe más de un millón y medio de especies animales inventariadas en la Tierra y el reino animal es el que comprende, con mucho, más especies.

Cada especie es única, como el arrui (*Ammotragus lervia*). Cada miembro de la especie se reproduce habitualmente sólo con miembros de su propia especie y posee un conjunto particular de características físicas.

- Cada especie pertenece a una **familia**.

En la clasificación científica, los seres vivos están ordenados en grupos de importancia creciente que indican el nivel de parentesco entre las especies diferentes. El arrui pertenece a la subespecie de los caprinos, la cual pertenece a la familia de los bóvidos.

- ¿Qué es un **mamífero**?

La familia de los bóvidos pertenece a la **clase** de los mamíferos (*Mammalia*).

A pesar de sus grandes diferencias de aspecto, tamaño y modo de vida, la mayoría de los mamíferos están cubiertos de pelos y todos amamantan a sus crías.

- ¿Cuál es el régimen alimentario de una especie concreta?

¿Es un herbívoro, un granívoro, un insectívoro, un **omnívoro**, un carnívoro?

#### Ejemplo:

En las regiones montañosas, muchos animales comen casi todo lo que encuentran que sea comestible; por ejemplo, la marta caza todo el día y lo mismo come ratones y liebres pequeñas y ardillas que frambuesas o moras, el tejón se alimenta tanto de gusanos como de hongos y el oso pardo de los Pirineos adapta su menú al paso de las estaciones del año y será incluso más bien vegetariano los años húmedos y carnívoro los años secos.

Comparados con otras especies, esos omnívoros están más dotados para adaptarse a los cambios de sus hábitats.



El erizo, por ejemplo, que es fundamentalmente insectívoro, tendrá que hibernar durante meses cuando baje la temperatura y desaparezcan sus alimentos.

- ¿Qué es un **predador**?

Un animal que se alimenta de presas.

► El profesor enmarca la predación en un contexto de adaptación al medio y de competencia entre especies y, por lo tanto, de lucha encarnizada por sobrevivir.

Es un modo de vida difícil que muchas veces implica la idea de estrategia porque las presas están siempre alerta y huyen a la menor señal de peligro.

Muchos animales son predadores.

Ejemplos:

En las montañas de África oriental viven algunos especímenes de leopardos que se adaptan tanto al bosque como a la sabana y a la altura. Escondidos en la espesura, atacan por sorpresa a adversarios en ocasiones temibles como el antílope bongo, que tiene poderosos cuernos y que no duda en combatir para defenderse.

En las regiones templadas, el armiño que vive en las montañas es muy carnicero. Enormemente ágil, se cuela con habilidad en las galerías de los roedores, prepara sus ataques y mata a sus víctimas desangrándolas por la nuca.

► El profesor asocia naturalmente estos datos con la noción de defensa y los modos de protección que desarrollan los animales:

- La mayoría de ellos tratan de huir o de confundir las pistas que dejan.

Ejemplo:

Para escapar al armiño que acabamos de mencionar, la liebre variable, que posee unas largas patas traseras, puede salir corriendo a 60 km/h y, cuesta abajo, dar saltos de varios metros.

En invierno, en la nieve, mientras busca comida recorriendo largas distancias, nunca se olvida de ocultar su pista, dando mil rodeos y fingiendo direcciones falsas porque sabe que puede ser presa de múltiples predadores.

- Otras especies (o las mismas) adoptan estrategias de **mimetismo** para camuflarse en su medio y escapar de la vista de sus enemigos.

51



**Pelaje y plumaje cambiantes de la liebre variable y del lagópedo alpino según las estaciones**



Ejemplos:

Lo mismo que el lagópodo alpino con su plumaje cambiante, la liebre variable experimenta varias mudas anuales de su pelaje, lo que le permite fundirse mejor en el paisaje. En primavera, su pelaje es de color pardo oscuro y luego se cubre de un pelaje de transición hasta finales de noviembre, período en el que adopta un pelaje blanco inmaculado que le sirve de **camuflaje** en la nieve.

De modo similar, el plumaje de otoño del lagópodo es gris y hace que se confunda con las piedras y los pastizales antes de que se vuelva blanco puro en la nieve.

► De manera más general, el profesor invita a los alumnos a preguntarse por las relaciones que unen a los animales entre sí o las especies entre ellas.

- Algunos animales, llamados «gregarios», viven con sus congéneres en rebaños, manadas o clanes. Así agrupados, les es más fácil encontrar alimentos, criar a su progenie, localizar a los predadores prestándose ayuda o repartiendo las tareas.

Ejemplo:

La vida de una manada de gamuzas está pautada por fases; después de la parición, la manada está formada por hembras y sus crías, a las que se suman las gamuzas nacidas el año anterior. Mientras vigilan a sus crías que se inician en los juegos físicos, las madres están agrupadas espacialmente, e incluso solidarias para prevenir el peligro.

- Los animales mantienen múltiples relaciones «funcionales» con las demás especies, ya sean animales o vegetales.

► El profesor introduce en este momento las asociaciones interespecíficas en los casos de **mutualismo**, de **comensalismo** y de **parasitismo**.

- Se dice que existe asistencia mutua entre dos especies o mutualismo cuando la relación se basa en una cooperación mutuamente beneficiosa.

Ejemplo:

La hormiga de los bosques que aprecia las deyecciones azucaradas del pulgón mantiene limpio el hábitat de éste.

- Se dice que existe comensalismo cuando la especie huésped de otra especie le proporciona sin contrapartida una parte de su alimentación.

Ejemplo:

Las moscas que pululan en las zonas de las águilas aprovechan las presas del rapaz y los restos de la comida de los aguiluchos.

- Se dice que existe parasitismo entre dos seres vivos cuando el parásito se aprovecha de su huésped viviendo en el interior o en el exterior de él y alimentándose de él. La relación resulta destructora para el huésped.

Ejemplo:

El piojo explota al águila alimentándose de su sangre.

## B. Las adaptaciones físicas y de comportamiento de las especies en un ecosistema montañoso

El profesor expone cómo los animales tienen que hacer frente a varias preocupaciones capitales:

- Resistir al frío y a la disminución del oxígeno en altitud;
- Soportar vientos violentos;
- Afrontar el enrarecimiento de la comida.

Con el correr del tiempo, las especies han ido desarrollando múltiples estrategias de tolerancia o de evitación para adaptarse a las intemperies, a las temperaturas muy bajas, a las heladas, a un invierno largo y nevado que paraliza y cubre la vegetación.

► El profesor destaca en primer lugar las **adaptaciones anatómicas y morfológicas** de las especies para resistir al frío, a la disminución de la presión atmosférica y a la vida en altitud:

- La mayoría de los animales tienen grandes pulmones en los que es más fácil el contacto entre la sangre y el aire, gracias a lo cual respiran mejor a pesar del enrarecimiento del oxígeno.

Ejemplo:

Las águilas, que tienen grandísimas necesidades de energía para volar en las corrientes ascendentes, están dotadas de aparatos circulatorios y respiratorios excepcionales.

- Aunque son más grandes que sus homólogos de los llanos, los animales de las montañas tienen extremidades más pequeñas: orejas, hocicos, a veces las patas, para limitar las pérdidas de calor.

Ejemplo:

Las orejas de la liebre parda son mucho más largas en proporción a su cuerpo que las de la liebre variable.

- Para sobrevivir en las laderas rocosas peladas y a pico, a muchos animales el desarrollo de sus patas les mejora el sentido del equilibrio y la soltura con que se mueven por las rocas.

Ejemplos:

Las gruesas almohadillas de las plantas de las patas proporcionan tanto a la pantera de las nieves como al íbice del Himalaya una buena adhesión a las paredes; en los caprinos van acompañadas de uñas prominentes situadas detrás de las pezuñas que desempeñan la función de frenos.

► El profesor explica a continuación las **adaptaciones fisiológicas** de las especies para disminuir las pérdidas caloríficas y resistir a las heladas:

- La mayoría de los insectos que viven a elevada altitud adoptan coloraciones oscuras; su cuerpo, por lo general negro, absorbe mejor los rayos caloríficos solares.

Ejemplo:

Este es el caso de los gorgojos o de las nebrías, que son negros y aplastados, que se refugian bajo las piedras que acumulan el calor.

- Los mamíferos de montaña están dotados de un pelaje o de una piel muy aislante y el plumaje de las aves es más tupido y asimismo más aislante.

Ejemplo:

El plumaje del lagópodo puede recubrir incluso sus patas y sus dedos, que en las aves son normalmente partes del cuerpo desnudas.

- En altitud, los mamíferos refuerzan más el efecto de protección de su pelaje fabricándose una capa de grasa subcutánea que también aumenta su resistencia al frío.

Ejemplo:

Las marmotas engullen toda la comida que pueden antes de su período de hibernación, con lo cual quedan envueltas en una capa adiposa.

- La mayoría de los hibernantes sobrevivirán de ese modo al largo invierno gracias a la combustión de sus reservas de grasa.

En función de la disminución de las temperaturas, el cerebro segrega una hormona que permite a los organismos liberar energía, extraer pequeñas cantidades de sustancias nutritivas de los tejidos de reserva.

Ejemplo:

Tal es el caso de los lirones, los lirones grises, los hamsters, los muscardinos o lirones almizcleros, las marmotas, que entran en letargia durante semanas, y aun meses.

- Algunos animales, especialmente insectos, soportan el frío dejándose endurecer de noche por las heladas. Sus sustancias corporales comprenden un anticongelante químico que les permite sobrevivir a temperaturas de  $-30^{\circ}\text{C}$  sin que se formen cristales en su organismo.

Ejemplo:

Así actúan los colémbolos, que viven incluso en la Antártida.

- Cuando escasea la comida y es difícil obtenerla, los verdaderos hibernantes escapan al frío en un prolongado reposo refugiados en una madriguera bajo la nieve (que desempeña además el papel de cubierta aislante). En esos animales, la ralentización del metabolismo del organismo está vinculada a la disminución de la temperatura externa. El corazón late más despacio, la respiración se espacia, el animal cae en un largo sueño durante el cual sobrevivirá gracias a sus reservas de grasa.

Ejemplo:

La marmota hiberna cerca de 6 meses y respira menos en un mes de hibernación que en dos días en que está despierta.

Se trata de una verdadera estrategia de evitación de las bajas temperaturas.

- Muchos animales de altura despliegan su ciclo vital a lo largo de varios años.





52. Marmotas del Himalaya (*Marmota himalayana*),  
Sabu Pele, Ladaj, India  
© UNESCO / Olivier Brestin



53. Marmota alpina (*Marmota marmota*),  
Circo de Bouttières, Mézenc, Francia  
© Michel Le Berre

Se alarga el tiempo de crecimiento; por ejemplo, la fase de «renacuajo» de una rana, que dura de 2 a 3 meses en la llanura, puede ser de 2 a 3 años en el nivel alpino.

Y se alarga el ciclo de reproducción mismo al tiempo que se espacian las puestas o las pariciones.

Ejemplo:

La gestación de un embrión de salamandra puede durar de 1 a 3 años según la altitud y el desarrollo de las larvas tiene lugar directamente en el vientre materno en lugar de en un huevo previamente puesto.

► Por último, el profesor aclara las **adaptaciones de comportamiento** de las especies al ecosistema montañoso, especialmente cuando deben afrontar las intemperies, sobre todo los vientos violentos, y son escasas, o incluso inexistentes, las posibilidades de hallar refugio:

- Los animales dotados de pelaje o de plumaje grueso se ponen de cara al viento, con los pelos o las plumas adheridos a lo largo del cuerpo.

Ejemplo:

Si al viento se suma la nieve, la liebre variable se deja cubrir y de ese modo se halla «protegida» naturalmente por la nieve como en un iglú que mantiene aireado por arriba gracias a su aliento (formando una especie de chimenea de aeración).

- Las aves migratorias se limitan a no volar a grandes alturas para no verse arrastradas a las corrientes de aire frío.

Ejemplo:

Las aves paseriformes atraviesan las cadenas montañosas por los puertos y los valles.

- De la misma manera, más acentuada, los insectos vuelan a ras del suelo y evitan coger el aire. Así, los arrastran menos las ráfagas.

Ejemplo:

Las langostas y los saltamontes del nivel alpino se arrastran y dan saltitos por los pastizales.

La adaptación de su comportamiento podría favorecer su transformación anatómica, ya que la mayoría de esos insectos, a cierta altura, carecen completamente de alas y por lo tanto pierden la facultad de volar.

## 5. Observar a un animal en el medio ambiente y redactar notas

- Para concluir la actividad, el profesor inicia una nueva fase de observaciones de las especies locales. Propone a los alumnos que vuelvan a salir al terreno y que estudien una especie de su medio (domesticada o no). Cada uno elige un animal al que observará atentamente durante varios días.



54



55

► El alumno estudia sus idas y venidas, su comportamiento en el medio, sus reacciones ante los acontecimientos y toma apuntes, que pueden ir acompañados de dibujos, de croquis rápidos. No se trata de que «quede bonito», de producir bosquejos perfectos, sino de captar un gesto, una actitud.

► En todos los casos, los apuntes que toma son descriptivos, dan cuenta de la agudeza de su mirada.

Ejemplo: el íbice de los Alpes (*Capra ibex*). Según las regiones, podrá tratarse del íbice del Cáucaso en Eurasia, del íbice de Nubia en África, de los íbices ibéricos, etc.

- Sus ojos son dorados; los cuernos, inmensos;
- Sus movimientos son lentos, lo que le da aires de gran señor;
- Es más bien indolente, menos vivo que la gamuza, pero está dotado de un sentido del equilibrio muy desarrollado y no sufre de vértigo;
- Vive por encima del límite de los bosques;
- Sólo baja a esa zona en primavera, en ocasiones, cuando, hambriento, busca brotes tiernos;
- Le gustan las rocas, las paredes más escarpadas y soleadas; le gusta holgazanear al sol...
- Cuanto más delgada es la capa de nieve, con más facilidad puede alcanzar la vegetación baja de la que se alimenta: líquenes, tréboles, esparcetas, alquimillas, genepíes; tiene gran inclinación por las festucas alpinas, un género de gramíneas (*Poaceae*).
- En primavera y en verano, saborea sin parar los céspedes herbosos y los pastizales y puede engullir hasta 20 kg de hierba al día;
- Lame sal en las salinas naturales, donde se encuentra con la gamuza, que le cede el sitio;
- Cuando los machos luchan por cubrir a las hembras (en la época de celo), entrechocan los cuernos de frente, tratando cada uno de derribar al otro y vencerlo;
- Un macho dominante sale vencedor, pero su supremacía es disputada innumerables veces durante la época de celo;
- Por lo general, el combate cesa antes de que se produzcan heridas graves;
- Le amenazan pocos carnívoros porque es el mamífero silvestre de mayor tamaño que sobrevive en las regiones alpinas; está, sin embargo, más amenazado en el Cáucaso, donde son más corrientes los carnívoros, como el oso pardo, el lobo, el lince o el leopardo.
- En los Alpes, su único enemigo verdadero es el águila real, que le quita las crías.

## 6. Elaborar el relato de la vida de una especie animal

► De regreso en el aula, los alumnos «harán hablar» uno tras otro a una especie por medio de los relatos que inventen espontáneamente.

Cada uno elige la especie que desea personificar y se proyecta en situación.

Ejemplo:

«Soy un yak silvestre. Soy el amo indiscutido de las altas estepas del Tíbet. Soy mucho más fiero e impresionante que mi primo el yak doméstico, puedo embestir a los hombres con mis cuernos de punta curva. Abridado en mi pelaje hirsuto y grueso, paso el invierno en campos de nieve a veces a 6.000 m de altura. Cuando se desencadena una tempestad de nieve, doy la espalda al viento, los pelos de mis costados protegen la cabeza, que mantengo bajada y espero a que se pase...».

► Con este ejercicio se fijan los conocimientos transmitidos. El alumno se apropia con más fuerza el saber porque lo interioriza, se convierte en una vivencia, lo expresa a través de la voz y el cuerpo.

En esos relatos, no se trata de mimar situaciones, sino de permitirse imaginar, en el marco establecido por los conocimientos transmitidos, y valorizar la relación de un animal con su biotopo.

¿Cómo puede un mismo medio ambiente ser percibido e interpretado por diferentes usuarios? ¿Cuáles son los ritmos observados y las dificultades con que tropieza la especie animal en su medio montañoso?

► A través de las personificaciones, los relatos se entrelazan, se multiplican los ejemplos, los puntos de vista se alternan y gracias a todo ello los alumnos evalúan el conjunto de los usos que hacen las especies animales del ambiente.

56



56. Cuernos de cabras junto a un campamento, lago de Zachung, Ladaj, India  
© UNESCO / Olivier Brestin

57



57. Antilope bongo (*Tragelaphus eurycerus*),  
© David Davis

58



58. Cabra en Sand Dunes, cerca de Diskit, Karakorum, India  
© UNESCO / Olivier Brestin

## 05

## El fresco del ecosistema

Nivel

avanzado



Lugar

en el aula

y en el exterior



Duración

4 sesiones



## Objetivos

## 1. Descubrir el medio ambiente

Representar el ecosistema como una unidad funcional dibujando en un gran fresco coloreado varias comunidades de plantas, animales y microorganismos en interacción con su medio ambiente no vivo.

## 2. Conocer y comprender

A partir del fresco realizado, asimilar las lógicas de funcionamiento del ecosistema aplicando las nociones de interdependencias entre las especies, de redes tróficas y de sucesión ecológica.

## Etapas

## 1. Elegir dos zonas del medio natural en las que sea importante la diversidad biológica

► La clase recorre largamente la montaña y determina dos zonas representativas del ecosistema.

El profesor orienta la comprensión:

El relieve se alza, impone una estructura espacial vertical al ecosistema, capta y desvía los vientos y las precipitaciones en función de sus irregularidades. Con todo, el ecosistema montañoso es perceptible gracias a las plantas.

Las plantas representan la parte esencial de la biomasa, se distribuyen de manera diferente según la altitud, fundan comunidades vivas que participan en el ecosistema y revelan sus ritmos temporales al paso de las estaciones.

► Los alumnos eligen, pues, dos zonas diferentes desde el punto de vista de la cubierta vegetal, de ser posible una zona de vegetación natural (ecosistema natural) en contraste con una zona de cultivos (ecosistema seminatural, en parte determinado por la actividad humana).

Ejemplos:

En las regiones templadas de Europa, puede tratarse de una zona de cultivo de altura (cebada, trigo, avena) y de la zona de transición o **ecotono** entre el bosque y el césped alpino, situada más allá del límite del bosque con sus poblamientos dispersos de arbustos enanos o de landas de rododendros. En Asia central, una zona de arboricultura frutal en los oasis de montaña y una zona de estepa de altura con sus inmensidades herbosas.

## 2. Distinguir dos zonas representativas del ecosistema en el contexto más amplio del paisaje

► Al llegar a este punto, es importante que los alumnos sean capaces de situar las dos zonas elegidas en el contexto más vasto del paisaje.

¿Cómo se integran dos unidades del ecosistema, caracterizadas por las especies que las habitan, en una gran unidad de paisaje definida por el relieve y su formación?

► Para este ejercicio, el profesor recomienda a los alumnos que tomen cierta distancia, busquen una perspectiva, ya sea distante, de la ladera situada enfrente, o bien dominante, por hallarse más arriba en el macizo. ¿De qué modo el relieve construye el paisaje? ¿Forman la línea del horizonte unas estribaciones montañosas o rocosas? ¿A qué distancia? ¿Nos situamos en un rellano, a varios centenares de metros por encima de los valles circundantes?





59

59. *Rhododendron campanulatum*, cerca del lago Tsomgo, Sikkim, India  
© UNESCO / Olivier Brestin

61

60. Cosecha del té, Happy Valley Tea Estate, Darjeeling, India  
© UNESCO / Olivier Brestin

60

62

61. *Rhododendron hodgsonii*, cerca del lago Tsomgo, Sikkim, India  
© UNESCO / Olivier Brestin

62. Flores de *Rhododendron hodgsonii*, junto al lago Tsomgo, Sikkim, India  
© UNESCO / Olivier Brestin

¿O bien nos situamos en el seno de un valle sinclinal, ante el despliegue de un valle en «V», de un valle en «U» o en el seno de una cresta la confluencia de cuyas laderas opuestas forma un puerto?

► Los alumnos hacen una serie de dibujos para captar la estructura física del paisaje constituida por elementos lineales y planos.

► Con el dibujo, segmentan el paisaje en diagonales y luego en líneas verticales que dan la altura y los desniveles y en horizontales y oblicuas que dan los detalles de la superficie.

► Localizan las dos zonas representativas del ecosistema. ¿Están situadas en una ladera? ¿En la cima de una meseta? ¿Al abrigo en el seno de un valle sinclinal? ¿Dónde está el Norte? ¿Y el Sur? ¿Por dónde sale el sol?

¿Una de las zonas elegidas está sometida a una intensa radiación solar? ¿Se halla en la **solana** o ladera expuesta al sol que se calienta y se seca muy pronto cuando hace buen tiempo? ¿O en la ladera poco expuesta, o **umbría**, que suele permanecer fresca y conservar la humedad?

¿Una de las zonas elegidas es más húmeda que la otra? ¿Cuál es la presencia de agua? ¿Está la zona a una altitud media (zona forestal) que corresponde a la máxima pluviosidad? ¿Está inmersa a veces en un «mar de nubes»? ¿Hay en ella nieblas frecuentes, rocíos matinales debidos a la condensación de la humedad cuando entra en contacto con las plantas frías?

63. Jardín en las plantaciones de albaricoqueros, *Dah Hanw, Ladaj, India*  
© UNESCO / Olivier Brestin

64. Vendedoras de verduras, *Leh, Ladaj, India*  
© UNESCO / Olivier Brestin



63



64

¿La atraviesa agua viva? ¿El agua de deshielo, un torrente, cascadas que aumentan a cada tormenta? Estas anotaciones son muy valiosas y servirán para elaborar la estructura general del fresco.

### 3. Dibujar una primera silueta del paisaje

► De regreso al aula, los alumnos utilizan varios papeles de grandes dimensiones yuxtapuestos horizontalmente que fijan en la pared. El fresco se desplegará, pues, de izquierda a derecha en una lectura gradual de «formato paisaje».

► A partir de las informaciones captadas en los sitios (croquis, fotos, vistas de conjunto), la clase dibuja una primera silueta del paisaje que servirá de marco general para diferenciar bien las dos zonas del ecosistema elegidas.

Ese dibujo ocupa la parte lateral izquierda del fresco, «lo abre», por así decirlo. Sitúa los puntos cardinales, los principales elementos del relieve, la línea del horizonte, el agua en sus diversas formas y da una unidad de conjunto a la representación del ecosistema. Éste no se puede reducir a una o varias unidades separadas en el espacio, sino que debe concebirse como un conjunto o complejo de ecosistemas interrelacionados en el paisaje.

► Los alumnos dedican el tiempo necesario a colorear ese dibujo general e indican con dos flechas la localización de las dos zonas estudiadas.

► Junto a ese dibujo figurarán en primer plano y en detalle las representaciones sucesivas de las dos zonas elegidas como dos ampliaciones, dos lupas aplicadas al ecosistema.

La idea de elegir dos zonas (natural y cultivada) sirve para poner de manifiesto que, en puntos diferentes del paisaje, el ecosistema adopta formas diferentes pero funciona según el mismo principio.

► Antes de que efectúen esas representaciones, el profesor invita a los alumnos a observar escrupulosamente los medios elegidos.

### 4. Examinar cada zona en detalle

► Los alumnos hacen un inventario de las especies que determinan la composición de la biocenosis de cada zona.

► Identifican las especies **notables** de cada tipo de formación vegetal.



65



66

#### Ejemplos:

En los oasis del Karakorum pakistaní implantados en los conos de deyección a altitud elevada, suelen predominar las plantaciones de albaricoqueros, asociadas a especies de manzanos silvestres.

Varias especies de árboles pioneros como el alerce y el pino cembro forman los últimos grupos de árboles diseminados de la «zona de combate» en los macizos europeos alpinos. A esa altitud (2.100 m aproximadamente), afrontan el desencadenamiento de los elementos naturales como las borrascas de vientos fríos y violentos.

► El profesor anima a los alumnos a dialogar con personas calificadas (ante todo, pastores y guardas forestales), poseedoras de gran parte de los conocimientos medioambientales.

¿Cuáles son las plantas **compañeras** que cohabitan con las especies notables antes estudiadas?

► Los alumnos, guiados por sus pares y por el profesor, aprenden a identificar y a reconocer las especies en el terreno.

#### Ejemplo:

En el límite superior del bosque en las montañas europeas, los alerces y los pinos cembros todavía se agrupan densamente y cohabitan con arbustos como el arándano o el arándano rojo y especies herbáceas como la homogina alpina (*Homogyna alpina*) y el geranio silvestre, o hierba del ermitaño (*Geranium sylvaticum*).

Subiendo más arriba, el ecotono entre el bosque y el césped alpino se convierte en un jardín oloroso con la landa de rododendros, entre ellos el rododendro ferruginoso (*Rhododendron ferrugineum*) que segrega un líquido tóxico parecido a óxido de hierro, asociado a plantas de espigas como los licopodios (*Lycopodium alpinum*) o la luzula de pequeñas flores pardas (*Luzula sylvatica*). El «rododendral» puede estar además tachonado de unos cuantos especímenes de pinos cembros o de alerces enanos.

Más arriba aún, el ecotono entre el bosque y el césped alpino es una landa de matorrales formada por la camarina negra (*Empetrum nigrum*) y el arándano negro (*Vaccinium uliginosum*) mientras que las plantas forestales ceden el lugar a las especies claramente alpinas.

► Los pastores y los guardas forestales conocen bien las asociaciones entre especies de los medios mencionados.

Los guardas forestales, en particular, vigilan regularmente el estado de la «zona de combate» (o ecotono entre el bosque y el césped alpino) que se dedican a reforestar porque por lo general es el punto de origen de la mayoría de los aludes, ya que muchas veces la zona de combate está artificialmente a una altura más baja

a causa de la intervención humana; las obras de acondicionamiento para el turismo de la montaña alteran los niveles de vegetación, destruyen los pastos y acarrear la deforestación de grandes espacios<sup>2</sup>.

Al reforestar hacia cotas más elevadas, los pinos cebros y alerces, incluso en estado rastrero o canijo, fijan los suelos y retienen el manto nivoso.

► Narrando anécdotas, los especialistas de la montaña hablan a los alumnos y les hacen descubrir de manera muy atractiva a los habitantes de las diversas formaciones vegetales, lo cual es una forma muy viva de hacer que miren de otra manera las zonas elegidas.

#### Ejemplos:

Será, por ejemplo, interesante hablar de la zona de combate describiendo las diferentes especies de aves que la recorren:

En los confines del bosque, las aves forestales aficionadas a sotobosques luminosos que buscan todavía más sol y espacio descubierto, volando de un alerce aislado a otro, como el bisbita de los árboles o el acentor común.

El cascanueces moteado está asociado claramente al pino cembro, del que le gustan mucho las grandes almendras que contienen sus conos. Almacena la mayoría de las semillas en el esófago y bajo la lengua, luego las regurgita y las entierra en distintos lugares para el invierno. Las semillas olvidadas germinarán y asegurarán la propagación del pino cembro. En ese caso, hablaremos de **zoocoria**.

Más arriba, el gallo lira o pequeño urogallo, animal arborícola, es aficionado a los terrenos despejados del «rododendral» para efectuar su espectacular parada amorosa; le gusta mostrarse al tiempo que juega con el mosaico de refugios que ofrecen los rododendros para su actuación.

Por último, el lagópodo alpino o perdiz nival circula aún más arriba en la zona de combate, recorriendo la landa de camarinas negras, o uvas de corneja, cuyas bayas le encantan y que ayuda a propagar con sus excrementos, otro ejemplo de zoocoria.

► Los guardas forestales y los pastores explican asimismo a los alumnos cuáles son los terrenos propicios a determinadas especies; les llevan a descubrir los microambientes protegidos, los microambientes húmedos (sobre todo respecto de la zona de combate, que es fundamentalmente un mosaico de medios entremezclados determinado por los avatares del relieve). Les dan referencias sobre la orientación, los manantiales de agua superficiales y la presencia del agua en el suelo.



Cascanueces moteado (*Nucifraga caryocatactes*) picoteando un cono de pino cembro (*Pinus cembra*)



67. Bosque de coníferas y caducifolios,  
región de *Lagohung*, *Sikkim*, India  
© UNESCO / Olivier Brestin



68. Bosque de pinos,  
región de *Lagohung*, *Sikkim*, India  
© UNESCO / Olivier Brestin

- Los alumnos anotan esas valiosas indicaciones en sus libretas y establecen una relación entre los recursos y las condiciones del medio y las especies presentes en él.

Ejemplo:

El alerce no es indiferente a las condiciones del suelo y de la exposición.

No le agrada la atmósfera húmeda y se sitúa más arriba de la zona de las nieblas (la zona más húmeda de los macizos). No teme los grandes fríos porque pierde las agujas en invierno, pero como transpira mucho en verano, tiene grandes necesidades de agua. Se establece, pues, en cotas altas, en el suelo relativamente húmedo de un espacio de clima frío y seco, incluso soleado, sombreado en verano, para no deshidratarse rápidamente. El pino cembro es mucho menos delicado y aguanta las condiciones más rudas.

## 5. Integrar las nociones a partir de la experiencia de campo

Antes de realizar el fresco, el profesor repasa mediante esquemas las nociones que han surgido del reconocimiento de campo realizado anteriormente.

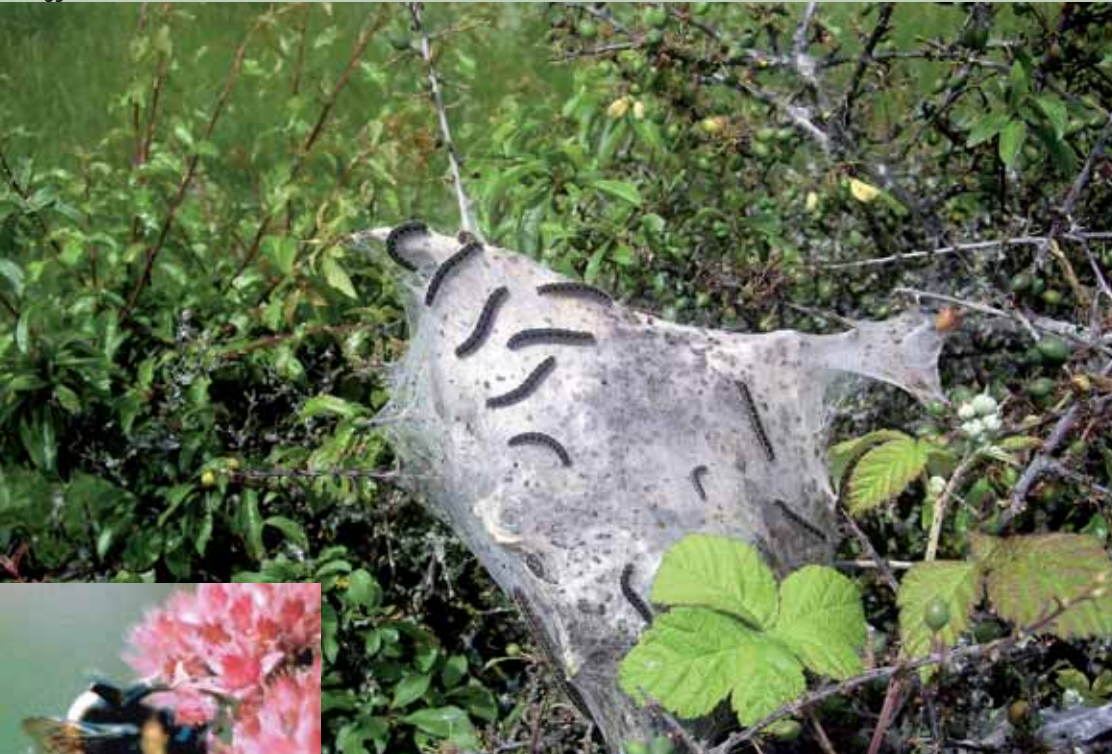
### A. Interacción de las especies vivas con el medio no vivo

- El profesor puede esquematizar algunas situaciones en la pizarra para captar la atención de los alumnos.
- Ilustrará los puntos siguientes:
  - En cada zona determinada hay un ecosistema, esto es, un complejo dinámico formado por una o más comunidades de organismos vivos y por su entorno no vivo.
  - Las diferentes especies influyen unas sobre otras de diversas maneras y dependen de factores **abióticos**, es decir, no biológicos, como el clima y el suelo.
  - Esos factores abióticos son los **recursos** del medio de agua, luz, nutrientes (del suelo) y espacio, y son también las **condiciones** dadas en la montaña por la temperatura, el viento, la lluvia, las variaciones climáticas y por la altura de los relieves, la inclinación de las pendientes y la exposición al sol.

2. La propagación de los deportes de invierno y de verano influye, desde luego, en la evolución de los ecosistemas de montaña, pero el descenso del límite superior de los bosques es un fenómeno antiguo, que iniciaron en Europa a finales de la Edad Media tanto los monjes roturadores como los

criadores de ganado en pastos de montaña que necesitaban la madera para construir sus casas, calentarse y fabricar los productos de los que vivían. En Europa, había desaparecido hacia finales del siglo XIX casi la totalidad (más del 90%) de los bosques de montaña.

69



70

69. Nido de orugas en endrinos (*Prunus spinosa*) y zarzamora (*Rubus fruticosus*), Montes de Auvernia, Francia  
© Hélène Gille

70. Abejorro libando  
© UNESCO-MAB, R. Bill

71. Flor de agavanzo (*Rosa canina* L.)  
© Hélène Gille



71

## B. Interdependencias entre especies y redes tróficas

► El profesor puede realizar diversos esquemas, entre ellos un esquema simplificado de cadenas alimentarias. Mediante flechas, muestra los vínculos entre los organismos vivos que sirven de alimento a otros organismos (véase el esquema de la pág. 25). Las flechas indican la dirección en que se produce la transferencia de materia, no la dirección de la predación.

Ejemplo:

Semillas ► Campañol ► Armiño

► Puede decidir mencionar los puntos siguientes:

- La mayoría de las especies consumen diversos tipos de alimentos y se integran en varias cadenas alimentarias que forman una **red trófica**.
- Las diversas cadenas alimentarias comienzan por los **productores**, que son las plantas. Gracias a la energía luminosa del sol, las plantas transforman el dióxido de carbono atmosférico en moléculas orgánicas y producen proteínas y azúcares en forma de materia vegetal que pueden utilizar otros organismos (véase el capítulo 2, actividad 3, pág. 86).
- Las otras especies de las cadenas alimentarias son **consumidores** (los animales, los humanos), que se desarrollan comiéndose a los productores y a otros consumidores.
- No hay que olvidarse de los **descomponedores**, entre ellos los **detritívoros**, como numerosos insectos que se alimentan de materia muerta que descomponen y mineralizan parcialmente para fabricar el humus, mezcla compleja de tierra y de restos animales y detritos vegetales, abono natural del suelo.
- Los **transformadores** prosiguen la labor de los descomponedores; son las bacterias, los hongos y animalículos del suelo que acendran la materia muerta parcialmente descompuesta hasta que vuelve a ser totalmente inorgánica, reciclando así los elementos nutrientes que contiene el suelo.
- Existen otras interacciones además de las dependencias alimentarias del tipo «A se come a B».

Además del comensalismo, ya hemos visto la zoocoria, es decir, la diseminación de los frutos y las semillas por los animales.

Cabe citar además la foresia, el proceso mediante el cual un animal (ácaros, insectos, moluscos) se desplaza de un lugar a otro transportado por otro organismo animal.

### C. Sucesión ecológica

El profesor puede proponer un esquema cronológico para mostrar un ecosistema en evolución. Esa explicación, efectuada de manera viva e ilustrada, permite introducir la idea de tiempo en el ecosistema.

► El profesor ilustra los puntos siguientes:

- Cuando un ecosistema queda destruido por una tempestad, una sucesión de aludes o un incendio forestal, el medio ambiente natural se recrea gradualmente.

En el transcurso de un proceso denominado **sucesión ecológica**, se suceden diferentes etapas hasta que se instaure una biocenosis estable.

- En el suelo desnudo se instalan y germinan las semillas transportadas por el viento. De ese modo, en determinadas condiciones, pueden desarrollarse las plantas llamadas «pioneras»; no afrontan ninguna competencia.

- Luego, otras plantas más grandes se suman a las primeras y las dominan. La rivalidad por la luz alimenta el dominio de una especie sobre otra: hay que crecer cada vez más para ocupar «un lugar al sol».

Los árboles acaban por ser la vegetación dominante.

- En las zonas de bosque tropical de montaña, a unos 1.500 m, por debajo del techo de nubes permanente, están los estratos de los bosques tropicales de los llanos. Los árboles superiores sobresalen del canopy, el cual recubre un estrato arbustivo de plantas **esciáfilas** de grandes hojas, como los helechos arborescentes (*Cythea arborea*) en el Monte Kenya, en África. El estrato herbáceo es siempre oscuro y fresco, con hojas en curso de pudrición que se descomponen rápidamente.

### 6. Realizar el fresco del ecosistema

Tras esta etapa de comprensión, la clase emprende la realización del fresco, trazando primero con lápiz las líneas generales de la zona de cultivos y de la zona de vegetación natural sobre el fondo del fresco.

► Los alumnos utilizan todos los materiales disponibles: lápices de colores, crayolas, pasteles, pastillas de acuarela, aguada, polvos colorantes.

► La ejecución del dibujo se reparte entre los alumnos y luego cada uno colorea o pinta el detalle que ha representado.

► Los alumnos usan el color como una herramienta fundamental para ejecutar el fresco porque así pueden ilustrar las nociones que han estudiado antes con el profesor. De esta manera, la representación coloreada de los estratos de vegetación aclara la noción más vasta de sucesión ecológica antes mencionada.

Estratos de vegetación en bosque tropical de montaña



Ejemplo:

Para el césped alpino, los colores del estrato del suelo constituido por plantas de roseta, musgos y líquenes serán variados y la gama de los tonos será diferente de los colores del estrato aéreo formado por bálagos de gramíneas, tallos y hojas de especies herbáceas altas.

- ▶ Para el bosque tropical de montaña, la clase elige una gama de verdes diferentes para distinguir los árboles superiores, el canopeo, el estrato arbustivo y el estrato herbáceo.
- ▶ Los alumnos realzan los contornos de los vegetales en el color, ya sea a lápiz o con un pincel fino.
- ▶ También utilizan el color para realzar el ciclo del tiempo en el ecosistema.

En los medios montañosos de clima estacional, los recursos y las condiciones del ecosistema evolucionan en función del período del año.

Cuanto más marcadas estén las estaciones, más se transformarán la vegetación y sus micromosaicos por el efecto conjugado del microrrelieve y de las variaciones climáticas debidas a la altura.

- ▶ Variando los colores, los alumnos pueden mostrar cómo evoluciona una misma asociación de vegetales a lo largo de las estaciones.

Para hacerlo, aprenden a crear en el fresco «ventanas», en las cuales representan una situación anterior o posterior o un detalle agregado y ampliado, como si quisieran conseguir un efecto «de lupa» en un círculo separado.

De esa forma, el uso de una «ventana» unida por una línea al dibujo del fresco permite mostrar el cambio de color de una misma asociación de vegetales en función de las estaciones.

Ejemplo:

En el «rododendral» de la zona de combate, el rododendro ferruginoso (*Rhododendron ferrugineum*) «estalla» de flores rojas al comienzo de la primavera, pero en otoño su color dominante es el de su follaje que sigue siendo verde; en cambio, el serbal de los cazadores (*Sorbus aucuparia*), también llamado serbal de los pajareros, o serbal silvestre, que está asociado a él, es verde en primavera (fuera del período de floración) y rutilante en otoño con sus bayas de color bermellón y su follaje dorado. Se puede establecer un paralelo entre esas dos situaciones vinculando el dibujo del fresco al de una «ventana» añadida.

- ▶ Variando los colores, los alumnos representan la evolución temporal del ecosistema de manera diferente. De ese modo, también se puede hacer mención de la sucesión temporal de **sinusias**, palabra ésta que designa el conjunto de los vegetales de un mismo estrato que se desarrollan simultáneamente en determinado período del año.

Ejemplo:

En los bosques templados de clima estacional, los árboles pierden las hojas en otoño, entran en reposo en invierno y se quedan desnudos; luego echan brotes en primavera y recuperan un follaje denso y tupido cuando acaba la primavera y lo conservan todo el verano. Las condiciones climáticas del sotobosque evolucionarán, pues, en función de las estaciones: frío y luminoso durante el invierno y claro y húmedo al comienzo de la primavera, pasa a ser caliente y oscuro con el verano. Esos cambios afectan, claro está, a la vegetación. En las regiones tropicales, se observan dos estaciones bien marcadas en función de la pluviometría (estación seca y estación húmeda) y se puede representar su impacto sobre la floración y la caída de las hojas (cuando se produce).

- ▶ Sirviéndose siempre del color y empleando «ventanas», los alumnos ilustrarán la sucesión de las diferentes sinusias en el mismo lugar.

Ejemplo:

En un sotobosque de las regiones templadas, se puede contemplar la alfombra amarilla o malva de los **geófitos** (narciso, ajo de oso, lirio del bosque, aro o yaro), que crecen juntos al principio de la primavera y «se apresuran» a florecer antes de que broten las hojas. Luego, cuando los árboles están cargados de hojas, se puede representar la alfombra verde de plantas que necesitan más calor, como los helechos o los euforbios (mercurial, euforbio de bosque), con frecuencia plantas vivaces de **roseta** o **epifitos** como los musgos.

- ▶ Por último, toda la clase representa las especies animales en una situación lo más natural posible en el fresco. Cada especie aparece colocada en su medio. En las zonas de medios variados como la zona de combate, se introducirá a algunas especies mediante ventanas ampliadoras.





72. Césped de pastos de montaña; en primer plano, acedera alpina (*Rumex alpinus*), Puerto del Pequeño San Bernardo, Francia  
© Michel Le Berre

Los alumnos dibujan primero las principales especies del medio, a las que con unas flechas sitúan directamente en el fresco.

Ejemplo:

En la zona de combate, el lirón careto o común (*Eliomys quercinus*) al pie de una conífera, la hormiga roja de bosque en su nido representado por un montículo en el fresco, el cascanueces moteado (*Nucifraga caryocatactes*) en la cima de un pino cembro, el cábaro del suelo (*Carabus solieri*) resplandeciente pero oculto en las matas de hierba o bajo las piedras en el límite de la zona de los céspedes, el topillo nival, roedor perteneciente a una familia distinta de la del lirón careto, los múridos, y situado a mayor altura en el macizo.

► A continuación se introducen «ventanas» para establecer algunos primeros planos y situar a las especies más localizadas.

Así, por ejemplo, en una ventana «abierta» en el tronco del alerce aparecen representados unos cuantos insectos o larvas, como las larvas de Sirex, la avispa *Rhyssa persuasoria* o la piral gris del alerce, una minúscula polilla destructora de coníferas. También están representados sus predadores, como el picamaderos negro. Los alumnos se preguntan: ¿Quién se come a quién o qué? ¿Cuáles son los animales que se alimentan del alerce, un organismo vivo? ¿De su tronco, más exactamente? ¿Cuáles son aquellos a los que absorben otros organismos vivos? ¿Cuáles son estos últimos?

► Las representaciones dan testimonio de que, en puntos diferentes del paisaje, el ecosistema funciona a través de las especies que viven en él.

► El profesor procura que las representaciones de las dos zonas emblemáticas estén relacionadas entre sí, se respondan en el fresco.

► Ahora bien, llegados a este punto, se puede inducir a los alumnos a hacer algunas constataciones: comparando la diversidad de las especies, observan a veces una clara diferencia entre la zona de vegetación natural y la zona de cultivos.

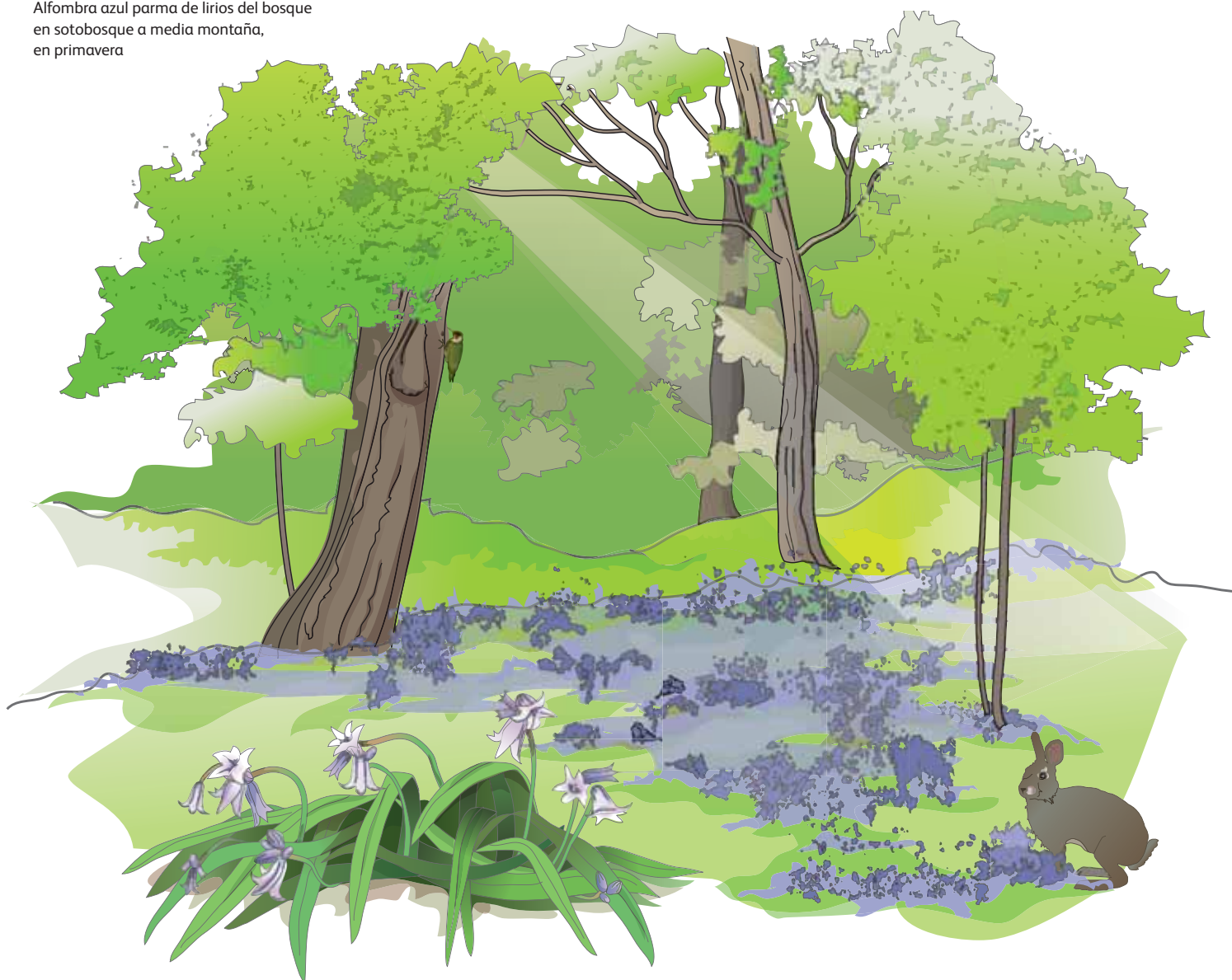
Cuando la segunda es una zona de explotación intensiva, como algunos oasis frutales del valle del Indo, el empleo masivo de herbicidas ha hecho desaparecer a las comunidades de herbáceas silvestres y en algunos lugares el ecosistema ya no se regenera naturalmente, o ni siquiera de manera seminatural. Se lo mantiene artificialmente sin la presencia de plantas naturales que cumplen importantes funciones ecológicas como la recarga del suelo en nutrientes o el mantenimiento de la polinización. A plazo medio, ese tipo de explotación intensiva puede desembocar en el agotamiento de las tierras y en una importante disminución de la **biodiversidad**.

► Sin embargo, en el mejor de los casos, las dos zonas y sus biocenosis se responden en la pared; dando la impresión de un fresco habitado, pululante de vida. No se trata tanto de captar a los animales en sus posturas o movimientos cotidianos (es difícil hacer croquis del natural) como de recordar su existencia y su pertenencia al ecosistema dibujándolos en el fresco. La clase saca a la luz la cara oculta del ecosistema como si las especies fuesen visibles e individualizables.

► Mediante las ventanas se puede representar diferentes sinergias de acción que integran a los animales: En un lugar, la interdependencia entre especies animales en el marco del régimen alimentario; en otro, la idea de ciclo entre la polinización de las flores (abejas, aves), la dispersión de las semillas (aves) y la germinación de las plantas.

Se transmite la idea de una sincronización entre los diversos elementos del ecosistema, la idea de una dinámica de red, de una «fábrica» en funcionamiento y sujeta a evolución.

Alfombra azul parma de lirios del bosque en sotobosque a media montaña, en primavera





Capítulo 2

# Mantener la cubierta vegetal



## 01

# Recorrido de iniciación entre las plantas y las flores

Nivel  
inicial ★

Lugar  
en el aula  
y en el exterior



Duración  
2 sesiones



## Objetivos

### 1. Descubrir el medio ambiente

Después de una fase de descubrimiento sensible de los vegetales en el medio ambiente, estudiar e identificar particularmente las angiospermas (plantas de flores), gracias a un trabajo sobre el color.

### 2. Conocer y comprender

Comprender la función que desempeñan las plantas de flores en el ciclo reproductivo de las especies y evaluar su importancia fundamental en el mantenimiento de la cubierta vegetal.

## Etapas

### 1. Favorecer el descubrimiento sensible de los vegetales

En varias ocasiones durante la época de buen tiempo, de primavera a otoño en las regiones templadas, el profesor invita a los alumnos a percibir los vegetales con los cinco sentidos:

- ▶ Recorren diversas formaciones vegetales, empezando por una formación en la que predominan las hierbas (*Poáceas*), caminan entre las hierbas altas, las de un prado de siega en el nivel montañoso europeo o entre las gramíneas de una sabana de acacias en la montaña tropical.
- ▶ Rozan las hierbas altas, observan su ondulación al viento, escuchan el ruido recurrente y sosegador de su movimiento en la atmósfera.
- ▶ Se impregnan del ambiente diferente de los sotobosques, aprenden a distinguir las coníferas, palpan las cortezas, observan el porte de las especies, de pie bajo sus copas.
- ▶ Así, por ejemplo, la clase descubre los pilares de tronco rojizo de las piceas (*Picea abies*), o abetos falsos, en los bosques de piceas europeos y del Himalaya, las siluetas luminosas de los alerces (*Larix decidua*) en Escandinavia o Siberia, cuya corteza gruesa se disgrega, el aspecto irregular del pino cembro (*Pinus cembra*), de tronco oscuro y achaparrado, en los Cárpatos o en Suiza.
- ▶ Los alumnos experimentan el ambiente silencioso y oscuro de los bosques de piceas con sus gruesas «moquetas» de musgo y después de los sotobosques iluminados y llenos de flores del **alerzal** y de los bosques de pinos cembros.
- ▶ Más abajo, distinguen los bosques caducifolios formados por «especies de luz» como los robles o el tilo, que recubren varios estratos de vegetales, y los bosques formados por «especies de sombra» como el haya, que por lo general comprenden un solo estrato en el suelo.

Pueden distinguir entonces los hayedos secos (por lo general, orientados al mediodía), en que predominan los carrizos (*Carex alba*) de los hayedos frescos, en los que aparecen plantas herbáceas de grandes hojas, como la lechuga de montes (*Cicerbita alpina*).

- ▶ Bajo las piceas, huelen el olor persistente de hongos y del humus, mientras que en otro lugar, en el bosque ralo, domina el perfume de las flores de rododendro.
- ▶ Los alumnos identifican los diferentes olores de las flores y toman muestras, minúsculos fragmentos de coníferas que aplastan bajo la nariz para que exhalen su perfume.



### Ejemplos:

En primavera, los brotes de color verde suave de las agujas en haz del alerce, el mismo «follaje» liviano, pero naranja o dorado, cargado de olores en otoño, las escamas olorosas de los frutos de la picea todavía no lignificadas, las hojas en escamas de los cipreses de montaña como el *Cupressus sempervirens* en las montañas mediterráneas o los conos carnosos de las sabinas (*Juniperus*) que simulan el aspecto de las bayas.

► Los alumnos forman colecciones de olores, incluso efímeros, conservando sus muestras en cajas o frascos. El desafío consiste en reconocerlas luego con los ojos cerrados.

► En las montañas mediterráneas, los alumnos enriquecen su colección con especies típicas del monte bajo (*maquis*), especialmente olorosas, como el madroño, las retamas, la jara y el tomillo y el romero, plantas aromáticas.

► Se puede adaptar este ejercicio, tomando las debidas precauciones, al gusto y a los sabores degustando o simplemente probando los frutos, las semillas o bien las hojas provenientes de plantas silvestres.

1. De izquierda a derecha:  
Torrente en sotobosque (Suiza),  
plantas de sotobosque (India),  
vista de la Reserva de Biosfera de Dana  
(Jordania), bambúes (India)

2. Pradera florecida frente al Monte  
Chevreuil, región de Château d'Oex,  
Suiza  
© UNESCO / Olivier Brestin

1



2



**Atención:** previamente, el profesor debe saber distinguir las plantas comestibles de las plantas tóxicas.

**Ejemplos:**

Se puede probar las hojas de las especias que se acaban de citar o los frutos de los compañeros fieles de la picea, como los arándanos o los arándanos rojos, ya sea en Europa o en los bosques de piceas de Schrenk (*Picea schrenkiana*) de Tian Shan.

En los bosques boreales de montaña de Escandinavia o Siberia, los alumnos pueden variar las experiencias. Allí encontrarán gran cantidad de bayas de otoño, entre ellas las mismas que en el resto de Europa y otras como la camarina negra (*Empetrum nigrum*), el arándano negro, o arándano de las turberas (*Vaccinium uliginosum*), la mora de los pantanos (*Rubus chamaemorus*) y el cornejo enano eurasiático (*Cornus suecica*).

## 2. Componer planchas táctiles con los elementos recogidos

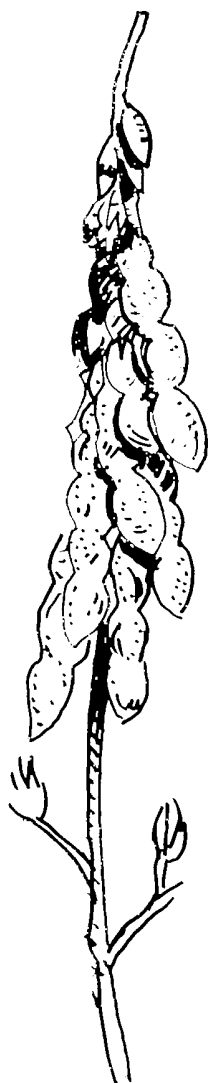
- ▶ Los alumnos yuxtaponen, cruzan y superponen muestras de las hojas que han recogido.
- ▶ Aprenden a mantenerlas juntas sosteniéndolas con agujas de coníferas, que se encuentran fácilmente en el medio montañoso, o con una gota de cola.
- ▶ En grupos, colocan sus entramados vegetales en soportes de cartón para que se conserven mejor.
- ▶ De ese modo distinguen, al tacto, las diferentes materias y texturas de las hojas:
  - Hojas planas, gruesas, en forma de agujas, de escamas, de cintas, etc.
  - Hojas lisas, blandas, duras, brillantes, crasulescentes (carnosas), afelpadas, pegajosas... agujas largas, en puntas, aplanadas, suaves, flexibles...

▶ Aunque la fecundación de las plantas sea más aleatoria en las montañas que en otros lugares, los alumnos constatan la enorme variedad de la producción de semillas.

▶ Las semillas abundan en otoño o a veces a finales del invierno en el caso de las plantas que más tardan en alcanzar la maduración. Los alumnos recorren entonces los macizos. Descubren y recogen las semillas y sus cubiertas, las más corrientes, como las cápsulas de las amapolas, las vainas de las fabáceas, las silicuas de las crucíferas, o algo más original, los escapos agostados de algunas gramíneas que los conservan una parte del invierno, lo cual las protege del frío. Por ejemplo, las hojas nuevas del carrizo *Carex firma* están protegidas por las vainas enroscadas de las hojas del año anterior.

3. Frutos y semillas, de izquierda a derecha:  
Vainas de la esparceta de hojas oscuras,  
Fruto que parece una pluma compuesto de achenio (driada),  
Sámara doble del arce (separada),  
Frutos de reborde saliente del rey de los Alpes,

Frutos del rey de los Alpes (*Eritrichium nanum*)  
con reborde saliente,  
Frutos sobre largos tallos de Monte Cenís,  
Frutos con penacho del leontodon montano,  
Fruto múltiple de la flor de viento, o pulsatilla.



- ▶ Los alumnos crean planchas táctiles pegando en ellas todos esos elementos, frutos o semillas. Miden la variedad de materias, texturas, tamaños y colores de los elementos reunidos.

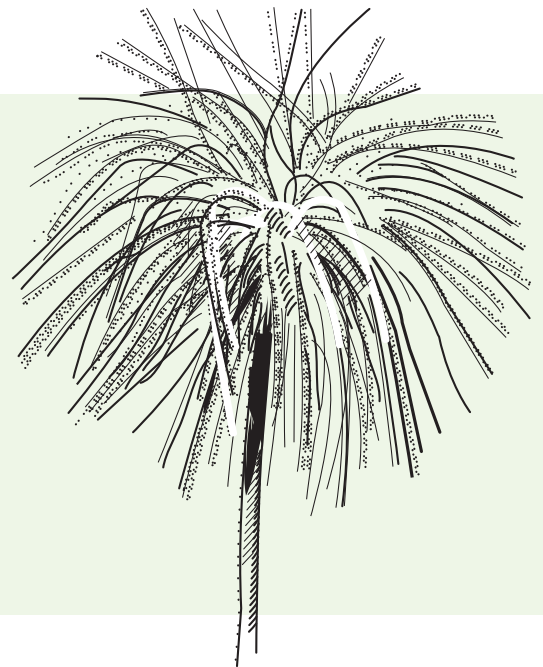
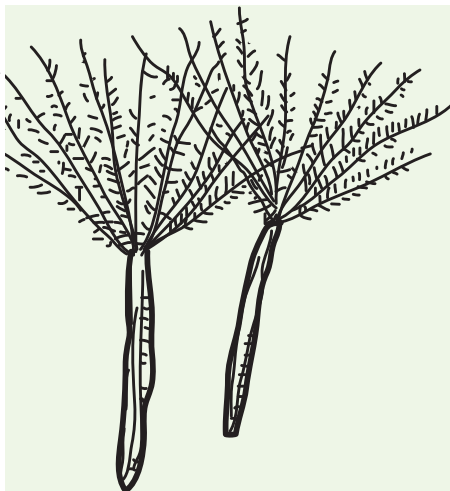
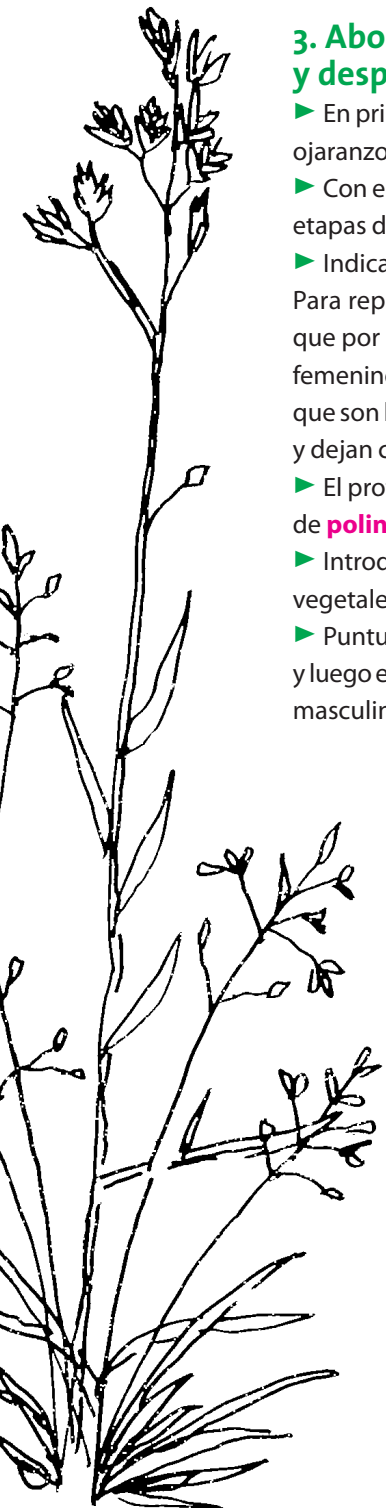
Ejemplo:

La plancha puede contener sámaras de arces o semillas aladas de gencianas, admirablemente construidas para volar (genciana amarilla, púrpura), los frutos con penacho, a veces con aspecto de pluma, como los del leodonton montano (*Leontodon montanus*) o el fruto múltiple de la flor del viento (*Pulsatilla alpina*) formado por numerosos aquenios, vainas de esparceta de flores oscuras (*Hedysarum hedysaroides*) entre las fabáceas, hayucos y semillas de haya (*Fagus silvatica*).

Se recogerán los más frágiles de esos frutos y se colocarán inmediatamente entre dos hojas de periódico o dos páginas de libro para que se conserven mejor.

### 3. Abordar la idea de reproducción a partir de los frutos primero y después de las flores

- ▶ En primavera, los alumnos pueden completar sus planchas poniendo en ellas amentos leñosos como los del ojaranzo o el aliso o pequeños conos tomados de las coníferas.
- ▶ Con esas planchas de semillas, de piñas cargadas de polen y de frutos, el profesor aborda por primera vez las etapas del ciclo reproductivo de los vegetales.
- ▶ Indica que las coníferas pertenecen al grupo de las **gimnospermas**, vegetales de semillas, pero sin flores. Para reproducirse, las coníferas producen conos masculinos y femeninos diferentes. Los conos masculinos, que por lo general están en la base de ramas cortas, producen polen que el viento transporta hasta los conos femeninos abiertos y que contienen los óvulos. Las semillas se desarrollan luego dentro de los conos femeninos, que son los que observamos normalmente (las piñas). Cuando han alcanzado la madurez en las ramas, se abren y dejan caer sus semillas.
- ▶ El profesor recuerda que este modo de reproducción y de diseminación de las plantas a partir de una etapa de **polinización** por el viento o **anemogamia** no es el más corriente.
- ▶ Introduce a continuación las **angiospermas** o plantas de flores, que representan hasta el 80% de las especies vegetales y cuyas flores nos atraen y nos encantan.
- ▶ Puntualiza que los frutos y las semillas provienen en general de una flor. Para que la flor se transforme en fruto y luego en semillas, tiene que ser polinizada. Una vez fecundado por el polen de los **estambres** (órganos sexuales masculinos), el **pistilo** (órgano femenino) de la flor se transforma en fruto. Dentro del fruto, están las semillas.





4

5



6



7



8

- 4. Botón de oro (*Caltha palustris*), (ranunculáceas), Alpes franceses  
© UNESCO / Olivier Brestin
- 5. Flor del viento (*Pulsatilla alpina*), (ranunculáceas), en grupo y en detalle  
© UNESCO / Olivier Brestin
- 6. Anémona pulsatila (*Pulsatilla vulgaris*), (ranunculáceas), Alpes suizos  
© UNESCO / Olivier Brestin
- 7. Anémona azufrada, (*Pulsatilla alpina* subsp. *apiifolia*), (ranunculáceas)  
© UNESCO / Olivier Brestin
- 8. Calderones o flores de San Pallari (*Trollius europaeus*), (ranunculáceas), Alpes suizos  
© UNESCO / Olivier Brestin

- Antes de tratar más en detalle cada una de las etapas del ciclo reproductivo de los vegetales, el profesor invita a la clase a salir a descubrir las flores, dando la preferencia a la observación de especímenes de corolas amplias, o, si no, muy abiertas y coloridas.
- Puntualiza previamente que las plantas de flores se desarrollan en forma de árboles, arbustos, plantas trepadoras, plantas herbáceas, hierbas flexibles o tallos; han conquistado todos los medios del planeta y se han adaptado a las condiciones de vida difíciles de los ecosistemas montañosos (véase el capítulo 2, actividad 3, pág. 83).

#### 4. Estudiar las flores mediante un trabajo sobre el color

► Cuando las condiciones lo permitan, el profesor dirigirá esta parte de la actividad en el momento de la plena floración.

Según las distintas regiones del mundo, la floración trae a la mente, o bien la primavera y la aparición «mágica», dispersa, de la vegetación vernal que acaba de eclosionar, o bien la floración muy poblada de un verano sin transición.

En todos los casos, la época de buen tiempo es breve, luminosa, después de un invierno largo y riguroso en las montañas continentales de Europa o los macizos fríos, áridos y secos, calientes en verano, de las montañas del Himalaya.



► El profesor lleva a la clase a cotas elevadas, donde la exposición al sol y la luminosidad son más intensas cuando hace buen tiempo.

► Pide a los alumnos que lleven cuadernos para dibujar (que pueden fabricar con recortes de papel sujetos con un lazo y entre dos cubiertas de papel coloreado que también habrán reciclado), lápices de colores, crayolas, pastillas de acuarela o... tubos de aguada en el mejor de los casos.

Se reparte ese material entre los pequeños grupos que se formarán.

Observación:

Se desaconseja encarecidamente la recolección de plantas de montaña, porque son frágiles, raras, o incluso las hay que están «amenazadas de **extinción**»; los alumnos deberán, pues, aprender a conservar una huella, a «capturarlas» primero por el color, asociado al dibujo en croquis o esbozos realizados en el campo observándolas en directo.

► Una vez llegados a los lugares elegidos, todos constatan la abundancia de las flores, el brillo de las corolas abiertas y de colores vivos.

Ejemplos:

En los Alpes, el blanco inmaculado de la pulsatilla de invierno (*Pulsatilla vernalis*) al comienzo de la estación, el azul profundísimo de la genciana de Koch (*Gentiana kochiana*), el amarillo azufre (pálido) de las anémonas azufradas (*Subsp. apiifolia*), el fucsia intenso del geranio de bosque (*Geranium sylvaticum*). En el Himalaya, encontramos los mismos colores asociados a las anémonas y a las gencianas, el rosa fuerte de las primulas (*Primula denticulata Smith*), el malva puro de Porana grandiflora, el amarillo de oro del botón de oro (*Caltha palustris*).

► Distribuidos en grupos, los alumnos agarran con mucho cuidado los pedúnculos y examinan la anatomía típica de una flor, que consta de cuatro elementos necesarios para la fructificación:

Dos elementos esenciales, el **pistilo**, compuesto a menudo por varios carpelos (órganos sexuales femeninos) y los **estambres** (órganos sexuales masculinos), y dos elementos concurrentes, el **cáliz**, un círculo externo de sépalos que protege a la flor cuando está en capullo, y la **corola**, un círculo interno de pétalos, que indica que la flor está abierta, en cuyo centro se encuentran el pistilo y los estambres.



9



9. Agavanzo serrano (*Rosa pendulina* L.),  
flor (detalle) y arbusto  
© UNESCO / Olivier Brestin

10. *Zephyranthes carinata*,  
Phodang, Sikkim, India  
© UNESCO / Olivier Brestin



10

### Ejemplos:

Entre las especies que es interesante observar desde el punto de vista anatómico, cabe citar todas las anémonas o pulsatillas de la familia de las ranunculáceas, la amapola de los Alpes (*Papaver rhaeticum*) y numerosas especies de iridáceas y de liliáceas (**geófitas**) en todo el mundo que, por poseer elementos florales fácilmente distinguibles porque son prominentes, se prestan muy bien a la observación. Citemos, a modo de ejemplos, el martagón o lirio llorón (*Lilium martagon*) en Europa (¡cuidado! es tóxico y está protegido), todos los crocus de primavera, el *Lilium medeoloides* en los Alpes japoneses y una liliácea como *Tristagma anemophilum* en los Altos Andes en la Argentina.

► El profesor se refiere de nuevo a los colores vivos de las corolas y relaciona esa excepcional coloración con la fuerte luminosidad.

- La intensidad de la luz es más fuerte en las altitudes elevadas porque, al enrarecerse la humedad y el aire, aumenta la intensidad de la luz solar.
- Ahora bien, la luz directa tiene abundantes rayos rojos que son los rayos más activos en la asimilación clorofílica (véase el capítulo 2, actividad 3, pág. 86).
- Esa importante nutrición clorofílica acarrea una superproducción de azúcares que la planta no puede transformar en almidón a causa del frío.
- Los azúcares se acumulan en las células de la planta; favorecen su resistencia al frío y dan lugar a la pigmentación concentrada de sus flores, y a veces asimismo de sus tallos y de sus hojas (que pueden ser pardas o rojas).
- Los alumnos buscan juntos otras razones que expliquen la elevada concentración de pigmentos de las flores.
- Así es como –por sus colores vivos– atraen a los raros insectos polinizadores que viven a esa altitud.
- Cuanto más alto subimos en la montaña, más disminuye la cantidad de plantas **anemófilas** (polinizadas por el viento).
- Las plantas tienden a preservarse de los vientos violentos más que a recurrir a ellos para su fecundación.
- Se han adaptado, por consiguiente, a la visita de los pocos insectos que viven en altitud y ésta puede ser una explicación de la intensidad de sus colores y de sus perfumes.
- Los abejorros, las abejas, otros insectos, las mariposas transportan los granos de polen desde los estambres hasta el pistilo de las flores de una misma especie. Hablamos de **polinización cruzada** porque el polen que necesita una flor proviene en general de otra flor, por conducto de los insectos, pero siempre son flores de la misma especie. Únicamente un grano de polen de amapola de los Alpes puede fecundar un óvulo de amapola de los Alpes.

► En el terreno, los alumnos constatan primero el tamaño de las flores, que son unas plataformas en las que los insectos pueden posarse fácilmente.

► Luego observan cada detalle interesante de las corolas. Por ejemplo, como sucede con la genciana de Koch (*Gentiana kochiana*) y las manchas verdes que hay en el interior de sus campanillas, unos motivos de líneas y de puntos pueden guiar a los insectos libadores hacia las reservas de polen.

► Después advierten la monocromía e identifican con precisión el color intenso de los pétalos que sirven de señales para los insectos.

Cuando pueden hacerlo, emplean objetos o referentes existentes, colores emblemáticos, para calificar el color: amarillo paja de *Pulsatilla flavescens*, amarillo de oro de la hierba de San Benito rastrera (*Sieversia reptans*), amarillo anaranjado del árnica (*Arnica montana*).

► En el cuaderno, realizan cartas de colores, ensayan tonos y colores, yuxtaponen pinceladas hasta reproducir el color exacto de las flores que deciden representar.

► Utilizan del mismo modo lápices de colores, crayolas o pastillas de acuarela en función del material disponible.

► Con el color escogido, que recrean por superposición o por mezcla, delimitan primero los contornos de los pétalos y luego, aplicando colores lisos, rellenan las superficies. De esa manera captan la forma y el color de las corolas.

► Después de varios ensayos, «replantan» su motivo en croquis de especies enteras a las que sitúan en su contexto (en una cresta, cerca de un manantial), haciéndolo siempre a partir de la observación simultánea de los especímenes.



11

11. Pradera florecida, margaritones  
(*Leucanthemum vulgare*), Auvernia, Francia  
© Hélène Gille

12. Abejorro libando en una flor  
de *Rhododendron campanulatum*,  
Sikkim, India  
© UNESCO / Olivier Brestin



Abeja transportando granos de polen del estambre



12

## 5. Comprender la noción de inflorescencia y ampliar el trabajo sobre el color al estudio de todas las flores

► Después de haber observado principalmente plantas cuyas flores simples crecen aisladamente sobre un pedúnculo, los alumnos se concentran ahora en flores que crecen en grupos característicos llamados «**inflorescencias**».

La inflorescencia es la disposición de flores agrupadas en el tallo de una planta.

► El profesor enseña a los alumnos a distinguir varios tipos:

- Una **espiga** es una inflorescencia cuyas flores están unidas directamente a un mismo tallo, sin pedúnculo.

Ejemplo:

Las espigas violáceas del pasto cabezón (*Phleum alpinum*).

- Un **racimo** es una inflorescencia cuyas flores están unidas a un mismo tallo por un pedúnculo.

Ejemplo:

Los grandes racimos azules del acónito común (*Aconitum napellus*).

- Un **capítulo** es una inflorescencia que semeja una flor única, pero que es un conjunto de «florones» agrupados en un disco.



13. Flores en racimo de *Digitalis purpurea alba*, Yumthang, Sikkim, India  
© UNESCO / Olivier Brestin



14. Flores en racimo de *Rhododendron cinnabarinum*, Yumthang, Sikkim, India  
© UNESCO / Olivier Brestin



15. Flores en umbela de *Primula atrodentata*, Yumthang, Sikkim, India  
© UNESCO / Olivier Brestin

#### Ejemplo:

Todas las asteráceas o compuestas que viven en un medio montañoso, como el áster alpino (*Aster alpinus*), de capítulos reconocibles de color azul violáceo a rosa con un disco central amarillo de oro, extendido en Europa, Asia y América del Norte.

► El profesor explica que:

Formados aparentemente por un corazón y un collar de pétalos, los capítulos de asteráceas como el áster alpino o la falsa árnica (*Doronicum grandiflorum*) no son flores aisladas; su corazón agrupa centenares de flores tubuladas y cada «pétalo» es una flor ligulada.

Algunas compuestas tienen capítulos en forma de tubo, las flores son tubulosas, como el cardo lanudo o cardo borriquero (*Cirsium eriophorum*), o liguladas, como el leontodon pirenaico (*Leontodon pyrenaicus*).

► Al ir descubriendo la variedad de las inflorescencias, los alumnos recuerdan que, en altitud, la intensa luminosidad favorece la multiplicación de plantas a ras del suelo, pero dotadas de grandes flores abiertas (como la nutrición es intensa, la planta se amolda a poseer aparatos de pequeño tamaño, pero puede permitirse «el lujo» de desarrollar flores «ávidas» de clorofila).

En cambio, al explorar la variedad de las diferentes inflorescencias, los alumnos observan que en el sotobosque las flores son pequeñas porque las condiciones de nutrición son menos favorables; por así decirlo, las plantas «ahorran fuerzas».

► Al respecto, el profesor añade que la composición de la flora del suelo está determinada asimismo por el aspecto general del bosque, por la presencia de determinado tipo de árboles y por el porte y el modo de ramificación de esos árboles que dejan pasar más o menos luz (véase el capítulo 2, actividad 2, pág. 72).



16. Flores en racimo de viborera (*Echium vulgare*), Valle Verzasca, Tesino, Suiza  
© UNESCO / Olivier Brestin



17. Flores en espiga de bistorta (*Polygonum bistorta*) y capítulos de barba cabruda (*Tragopogon pratensis*), Monte Laitmaire, Suiza  
© UNESCO / Olivier Brestin



18. Flor simple de violeta de espolón largo (*Viola calcarata*), Puerto del Simplon, Suiza  
© UNESCO / Olivier Brestin

► Una vez explicitada la noción de «inflorescencia», habiéndose llegado hasta la presentación de inflorescencias en umbela o en corimbo con el rododendro ferruginoso (*Rhododendron ferruginum*), los alumnos hacen un repertorio de las especies en su cuaderno clasificándolas por colores.

► Identifican los colores efectuando nuevas escalas de colores en sus cuadernos.

► Luego, siempre provistos de lápices de colores o de pinceles, se ponen a representar las diferentes inflorescencias seleccionadas a partir del color identificado.

► Para realizar los esbozos pintados, por ejemplo, lo hacen con pinceladas alargadas para las espigas y con pinceladas más precisas para los racimos.

Así, para los racimos de las **fabáceas** –que abundan en las zonas montañosas: regaliz alpino (*Trifolium alpinum*), esparceta (*Onobrychis montana*)– aprenden a representar con pinceladas la corola «papilionácea» de las inflorescencias.

Bosquejan el porte erguido del estandarte (el pétalo superior de cada flor), la carena, con sus dos pétalos inferiores que se sueldan en el centro y forman como el fondo de un barco y los dos pétalos laterales que se adelantan formando dos alas simétricas.

Con unas cuantas pinceladas de color en el lugar adecuado, de frente y de perfil, las inflorescencias, elemento a elemento, recomponen el racimo.

► Después de haber practicado haciendo ensayos previos en papel, los alumnos, de vuelta al aula, realizan unas planchas que agrupan varios esbozos clasificados por colores.

El formato de las planchas permite intensificar el trabajo cromático: hay representaciones de flores simples y de flores compuestas (inflorescencias) en una misma plancha y dentro de un color aparecen sus diversos matices.

Acuarelas de amapolas  
y guisantes de olor o arvejillas  
© Neal and Nina Cooper



#### Ejemplo:

En la plancha azul, por ejemplo, las flores de la genciana de Clusius (*Gentiana clusii*) aisladas en su pedúnculo aparecerán junto a los capítulos azules del aciano de montaña (*Centaurea montana*) y las inflorescencias en cima azul claro del nomeolvides (*Myosotis sylvatica*).

- ▶ Si quieren, los alumnos pueden añadir con pincel los tallos y las hojas.
- ▶ Al final, identifican la flor y, con más razón aún, la planta por su pertenencia a un color.
- ▶ El profesor da por concluida la actividad resumiendo el papel primordial que desempeñan las angiospermas en los ecosistemas montañosos.

## 6. Tomar conciencia de la importancia de las plantas con flores en el mantenimiento de la cubierta vegetal

▶ El profesor sitúa la sucesión de las etapas de polinización, fecundación y **diseminación de las semillas** en el ciclo reproductivo de las especies, ya que, explica, la función de las flores consiste ante todo en asegurar la reproducción de las especies.

- Para que se produzcan semillas, a la polinización debe seguir la fecundación de los óvulos.
- Explica que, en las plantas de flores, los óvulos están encerrados en el ovario. Cuando un grano de polen cae en un estigma receptivo, se forma un tubo polínico que baja por el ovario hasta llegar a un óvulo. Éste es fecundado y se transforma en semilla.
- Las semillas son luego diseminadas y de ese modo aseguran la reproducción de las especies.

► El profesor explica que, para recorrer esas diferentes etapas de su reproducción a una altitud elevada, las plantas de flores se han adaptado utilizando medios a veces «originales», o bien recurriendo a una serie más diversificada que en otros lugares de agentes polinizadores y diseminadores.

► Entre los medios adoptados, el profesor puede citar:

- La autogamia: la polinización se realiza dentro de una flor que posee los dos sexos. Esas plantas son, pues, bisexuales y realizan su fecundación ellas mismas cuando las flores no están abiertas.

Ejemplos:

El trigo (*Poácea*) que crece en altitud o la godetia *Clarkia heterandra* (*Onagráceas*) en la Sierra Nevada de California son plantas autógamas.

- La **multiplicación vegetativa**: frente a la reproducción sexual, algunas plantas se propagan por la multiplicación vegetativa que implica la aparición en la planta madre de pequeñas raíces y de brotes que con el tiempo se transforman en nuevas plantas autónomas.

19



19. Genciana vernal (*Gentiana verna*),  
Paray Dorénaz, Suiza  
© UNESCO / Olivier Brestin

20. Miosota o raspilla (inflorescencia en cima)  
© Nathalie P.



20



21. Aciano de montaña (*Centaurea montana*),  
región de Château d'Oex, Suiza  
© UNESCO / Olivier Brestin

22. Genciana de Clusius (*Gentiana clusii*),  
Puerto del Simplon, Suiza  
© UNESCO / Olivier Brestin



21

21



22



23. Edelweiss en flor (*Leontopodium alpinum*),  
región de Château d'Oex, Suiza  
© Nadine Samson

#### Ejemplos:

Así sucede con la mayoría de las gramíneas o poáceas, que emiten brotes a lo largo de sus estolones, o pequeñas raíces adventicias en su tallo subterráneo, como el trisetto de hojas dísticas (*Trisetum distichophyllum*).

- La apomixia, esto es, la multiplicación asexual y sin fecundación.

Algunas plantas dan la impresión de reproducirse sexualmente, emitiendo, por ejemplo, unas especies de yemas, siendo así que en realidad se desarrollan conforme al principio de la multiplicación vegetativa por producción de bulbillos entre las hojas, como la poa alpina (*Poa alpina*), o produciendo semillas sin fecundación, como las alquimillas.

► Con respecto a los agentes polinizadores o diseminadores de que se sirven, el profesor puntualiza lo siguiente:

- Algunas flores pueden ser fecundadas por cualquier insecto, en lugar de estar **enfueudadas** a una sola categoría de visitantes.

#### Ejemplo:

Las plantas que poseen almohadillas, como el androsace de Suiza (*Androsace helvetica*), que conservan las bases descompuestas de sus antiguos tallos, están pobladas de bacterias, hongos y animalillos. Los insectos disfrutan, pues, estando bajo esas campanas vegetales que encierran su propio humus y así los colémbolos o las arañas pequeñas pueden asegurar la fecundación de las flores.

- Otras plantas de flores exaltan sus propiedades nutritivas y aromáticas para atraer a determinados polinizadores o diseminadores.

Desarrollan sustancias odoríferas volátiles, localizadas en las flores o en las semillas, como la violeta de bosque, cuyas semillas contienen aceites esenciales muy apreciados por algunas hormigas que a su vez los diseminarán. Otras adoptan formas complicadas y «compensan» la carencia de una plataforma de aterrizaje exhalando perfumes embriagadores, atiborrándose de néctar y «exhibiendo» directamente sus órganos reproductores a la vista de los polinizadores.

#### Ejemplo:

La flor del martagón o lirio llorón atrae a mariposas capaces de polinizarla en pleno vuelo, sin posarse en la planta, como la esfinge colibrí.



► Llegados a este punto, el profesor resume las informaciones:

- Las flores, gracias a su néctar, a sus aceites esenciales y luego gracias a sus frutos y a sus semillas, sirven de alimento a una cantidad considerable de especies que, a su vez, desempeñan innumerables funciones ecológicas, como la diseminación de las semillas, el mantenimiento de la fertilidad del suelo, la selección de las especies y la regulación de las poblaciones, prestando los servicios necesarios para el funcionamiento del ecosistema.
- Además, cuando un ecosistema ha sufrido grandes daños a raíz de perturbaciones importantes causadas por un alud, un incendio, una corriente de lodo o inundaciones, las angiospermas participan activamente en la vuelta a cierto equilibrio ecológico gracias a especies colonizadoras que se establecen en el lugar rápidamente y permiten una evolución rápida de las asociaciones vegetales.
- En los derrubios calcáreos, los derrumbaderos movedizos y los pasillos de alud, las primeras plantas que se establecen, que aprisionarán con sus mallas tierra, guijarros y humus, estabilizarán el conjunto y prepararán la llegada de otras plantas, son plantas de flores que siembra el viento o algún agente diseminador.

Ejemplo:

Cabe citar la hierba de San Benito rastrera en los Alpes o la magnífica dríada de ocho pétalos...

► El profesor concluye relacionando las plantas de flores con el concepto de **biodiversidad**:

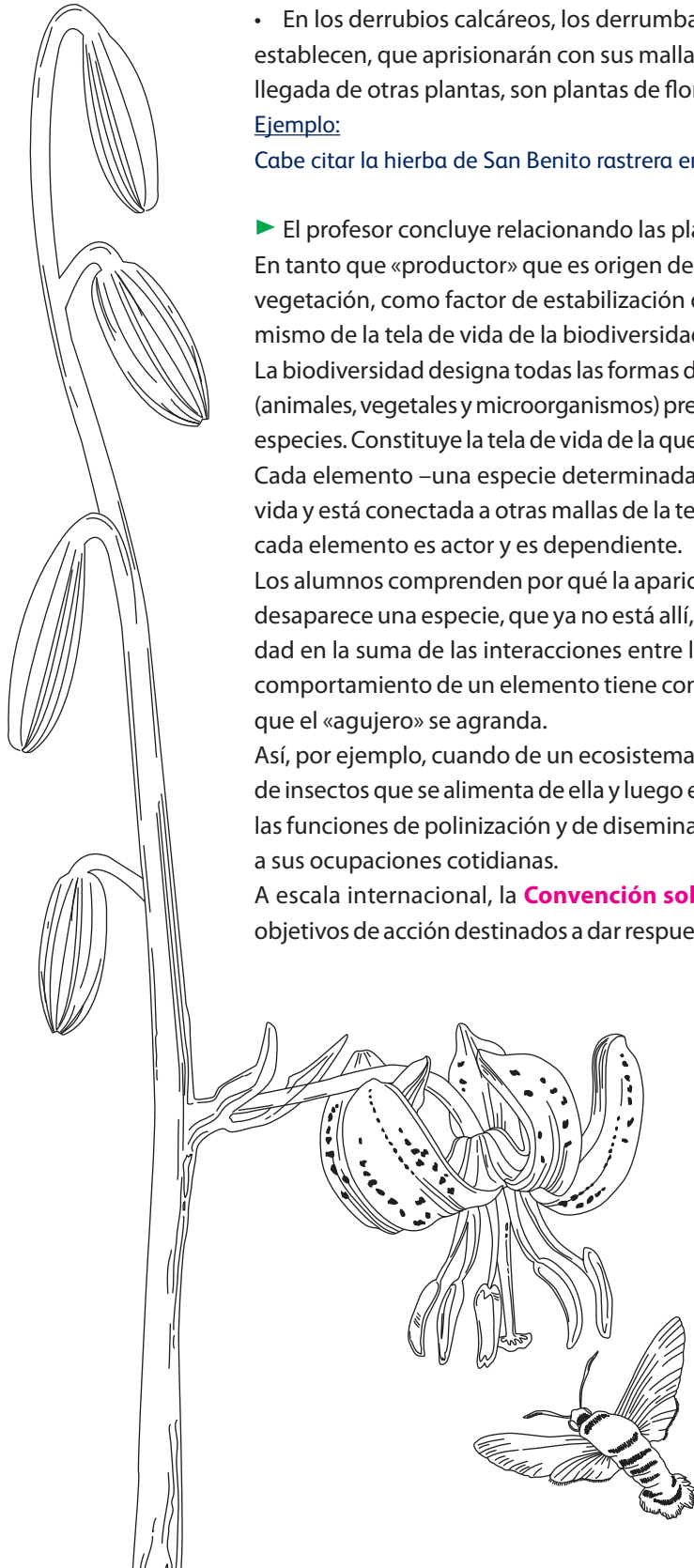
En tanto que «productor» que es origen de numerosas redes tróficas, en su condición de elemento pionero de vegetación, como factor de estabilización de los suelos en la montaña, las plantas de flores están en el centro mismo de la tela de vida de la biodiversidad y participan activamente en el equilibrio de los ecosistemas.

La biodiversidad designa todas las formas de vida que hay en la Tierra. Designa el conjunto de las especies vivas (animales, vegetales y microorganismos) presentes en el planeta y las características naturales de cada una de esas especies. Constituye la tela de vida de la que formamos enteramente parte y de la que dependemos totalmente. Cada elemento –una especie determinada o una característica natural de ella– forma una malla de la tela de vida y está conectada a otras mallas de la tela. Cada elemento de la red influye y es influido a un mismo tiempo; cada elemento es actor y es dependiente.

Los alumnos comprenden por qué la aparición de un «agujero» en la tela de vida no significa simplemente que desaparece una especie, que ya no está allí, que ha «saltado» una malla. Significa un «hueco» o una discontinuidad en la suma de las interacciones entre los diferentes elementos de la diversidad biológica, significa que el comportamiento de un elemento tiene consecuencias en el conjunto del sistema, que las mallas «ahuyentan», que el «agujero» se agranda.

Así, por ejemplo, cuando de un ecosistema desaparece una planta de flores, ese hecho influye en la población de insectos que se alimenta de ella y luego en las aves que se alimentan de esos insectos, lo cual pone en peligro las funciones de polinización y de diseminación de las semillas que cumplen esos animales cuando se dedican a sus ocupaciones cotidianas.

A escala internacional, la **Convención sobre la Diversidad Biológica** establece una jurisdicción y plantea objetivos de acción destinados a dar respuesta de manera concreta a la disminución global de las especies vivas.





Polinización del martagón  
por la mariposa esfinge colibrí  
en vuelo

## 02

# Forma y diseño: anatomía de los árboles y arbustos

Nivel   
inicial

Lugar    
en el aula  
y en el exterior

Duración   
2 sesiones

## Objetivos

### 1. Descubrir el medio ambiente

Sensibilizar respecto de la anatomía, el «porte» y el crecimiento de los árboles y los arbustos (y de los arbustos enanos) mediante un trabajo de observación, primero a distancia y luego de cerca, sustentado en gran medida por el dibujo.

### 2. Conocer y comprender

Mediante el estudio de los vegetales leñosos (silueta, copa, ramas, hojas o agujas), los alumnos entienden el impacto de los elementos externos sobre el porte y la adaptación de los árboles en la montaña y comprenden la función esencial que cumplen los caducifolios y las coníferas en los ecosistemas montañosos.

## Etapas

### 1. Captar la arquitectura y el porte de los árboles mediante la observación de diferentes especies

- ▶ El profesor invita a la clase a observar las plantas leñosas en su globalidad y a concentrarse en los árboles y los arbustos presentes en el medio ambiente.
- ▶ La clase se pregunta:
  - ¿Cómo está construido el árbol en su globalidad?
  - ¿Cuál es su arquitectura?
  - ¿Son perceptibles el tronco y las ramas?
  - ¿No ofician de armazón, como si fueran columnas y dinteles?
- ▶ Los alumnos observan cómo cada árbol –centrándose primero en los caducifolios y luego en las coníferas– adopta un **porte** determinado, desarrolla una forma característica, en función de la cantidad y del grosor de sus ramas principales y del ángulo que forman con el tronco. A partir de esa estructura básica, surge una red de ramas secundarias en los caducifolios y una ramificación en ramas en las coníferas. La copa de las hojas o de las agujas se distribuye por el conjunto de la construcción, según que el árbol porte hojas o agujas.
- ▶ Los alumnos distinguen el porte de un árbol en función del tronco y de las ramas principales y realizan croquis. ¿Existe un porte característico de cada especie?

#### Ejemplo:

El abedul (*Betula pendula* o *Betula pubescens*) que crece en las montañas siberianas o escandinavas al sur de la taiga tiene un tronco recto y blanco, ramas levantadas pero flexibles que se ramifican en ramas secundarias, colgantes o no, pero que siguen siendo flexibles, lo que hace que resistan mejor los ataques de las tormentas y de las tempestades de viento a gran altura.



24. Abetos subalpinos (*Abies lasiocarpa*),  
Parque Nacional de Yosemite, EE.UU.  
© Thomas Schaaf

Es un árbol calificado de especie de plena luz que aprovecha bien la luminosidad de las alturas. Crece, pues, hacia lo alto y adopta por lo general una copa estrecha, de cima poco desarrollada, orientado firmemente a la luz, y por lo tanto de forma ovalada, de follaje ligero, que deja pasar la luz y forma sotobosques claros.

Paralelamente, muchas especies de coníferas de montaña tienen una cima cónica y una forma de columna que le dan sus ramas cortas pegadas oblicuamente contra el tronco, para retener la menor cantidad de nieve posible.

Conforme al principio de crecimiento apical –hacia arriba a partir de un punto situado en la cima–, las ramificaciones son regulares y las ramas superiores protegen a las inferiores que, además de estar inclinadas, son flexibles –como las del abedul–. Todos estos factores morfológicos les permiten desembarazarse de la nieve e inclinarse ante las intemperies.

- ▶ Los alumnos aprenden a distinguir los rasgos distintivos del porte de cada especie y realizan varios bocetos.
- ▶ Según las regiones, dibujan las siluetas de las coníferas de troncos como columnas, como la picea común (*Picea abies*) en los Alpes europeos, el abeto rojo de California (*Abies magnifica*) en la Sierra Nevada o el abeto común (*Abies lasiocarpa*) y el abeto alpino (*Abies bifolia*) en las Montañas Rocosas.
- ▶ Individualizan la encantadora silueta de un árbol visible frecuentemente en las montañas, el alerce (*Larix decidua*), conífera de agujas caducas que, según de qué especie se trate, puebla los bosques de los Alpes, los Cárpatos o Siberia.

En función del periodo del año, la clase utiliza el color y lo bosqueja aureolado de brotes verde suave y de piñas rojas en primavera, ataviado de naranja o de oro en otoño, desnudado y erizado de ramas en invierno.

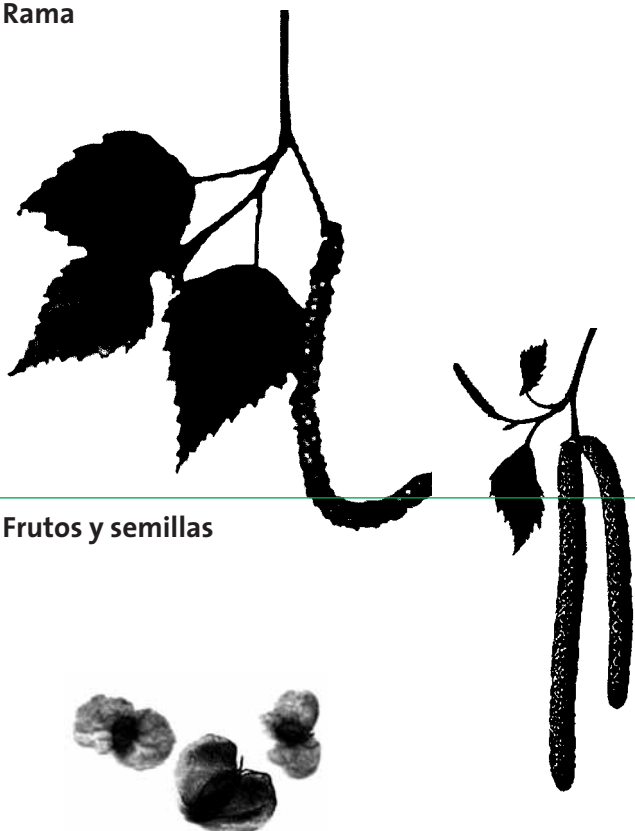
Sus agujas suaves y flexibles forman un follaje sumamente ligero. Es una especie de plena luz –como el abedul– dotada de la misma flexibilidad y ligereza de estructura que éste y de una enorme ductilidad para adaptarse, especie pionera que va ocupando sin cesar los espacios vacíos cada vez más arriba.

## Abedul

Árbol



Rama



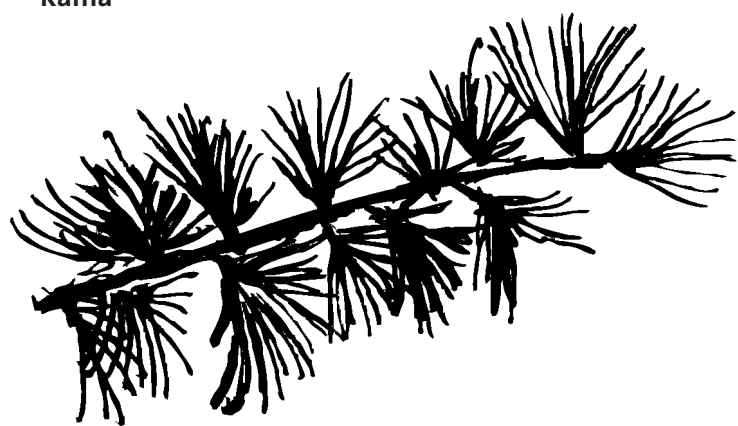
Frutos y semillas

## Alerce

Árbol



Rama



Frutos y semillas

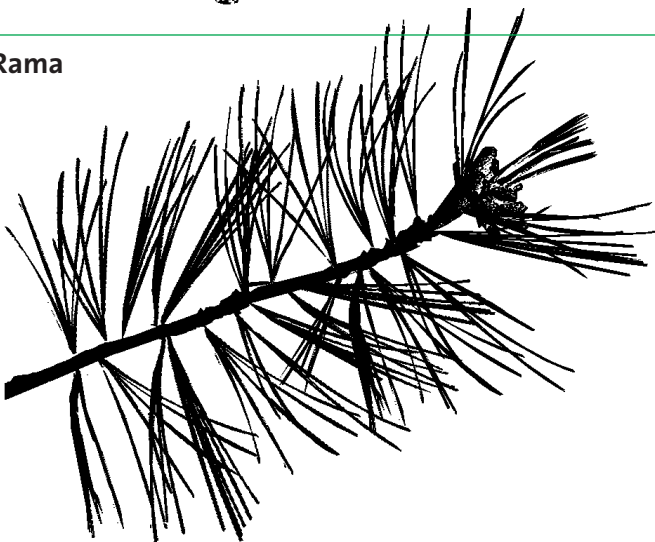


## Pino cembro

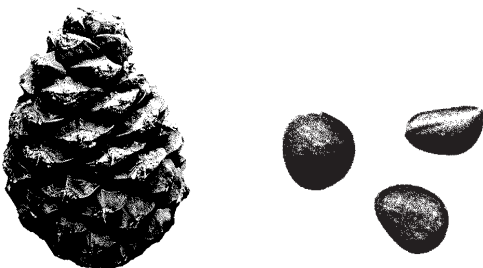
Árbol



Rama



Frutos y semillas

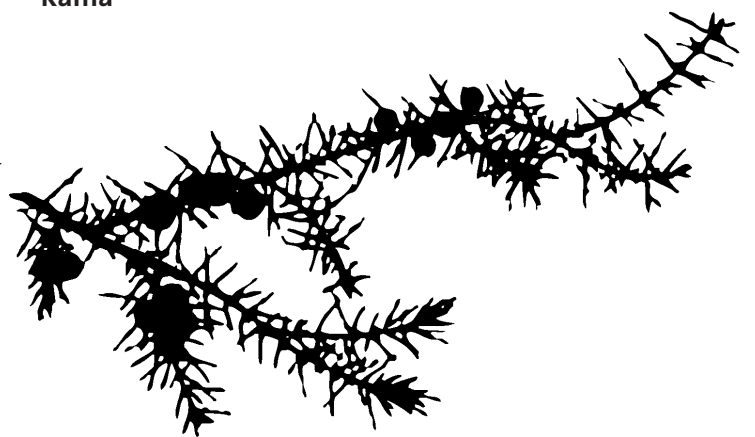


## Enebro

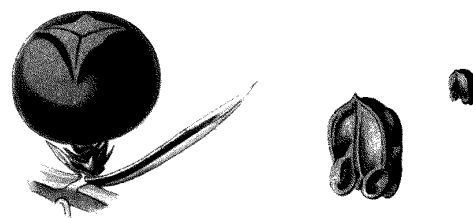
Árbol



Rama



Frutos y semillas





25. Coníferas de diferentes especies,  
Parque Nacional de Yosemite, EE.UU.  
© Thomas Schaaf



26. Campos cultivados y plantaciones  
de manzanos y álamos, Basgo, Ladaj, India  
© UNESCO / Olivier Brestin

- ▶ Los alumnos multiplican los croquis, ponen de manifiesto la línea con sus dibujos: líneas acompasadas, dúctiles, de las especies que acaban de estudiar, el contorno del árbol al que llegan no es un límite proyectado intelectualmente, sino fruto de un jugo de fuerzas internas.
- ▶ Captan la elevación del árbol, que puede ser ligera y vigorosa, pero también pesada y potente, con una especie como el pino cembro (*Pinus cembra*). Representan su torsión, su plasticidad, mediante las líneas gruesas y oscuras de sus ramificaciones dotadas de hojas de color verde denso y piñas pardo violáceo.

## 2. Integrar algunas primeras nociones relativas al crecimiento de los vegetales

- ▶ El profesor recuerda la importancia de las raíces leñosas de los árboles y de los arbustos que fijan su tronco en el suelo.
    - La mayoría de los árboles tienen dos redes de circulación: una para el agua, llamada **xilema**; la otra para el alimento, llamada **floema**.
    - Las raíces extraen, «aspiran» el agua y las sales minerales del suelo.
    - La tracción hacia arriba, por el tronco, proviene de la evaporación a través de las hojas o las agujas que hace subir una columna de agua por todo el árbol, como una bomba aspirante.
- En gran medida, la forma general del árbol viene determinada por su sistema de «tuberías».

- ▶ El profesor profundiza en sus comentarios explicando que, en las montañas, en particular en los bosques de coníferas, el arraigamiento de algunos árboles como las piceas puede ser bastante superficial.
  - Sucede, en efecto, que el suelo del sotobosque está recubierto por una capa de cama vegetal pobre y fibrosa constituida por toneladas de agujas en descomposición.
  - Esa cama libera ácidos orgánicos «agresivos» que, asociados a la percolación de agua, producen un lavado intenso del suelo y arrastran las partículas minerales a gran profundidad.
  - Por ello, la picea solo desarrolla un enraizamiento superficial para mantenerse en la capa nutricia del suelo, en la superficie.
  - En esa situación, tiene necesidad de establecer una relación de mutualismo o **simbiosis** con los hongos **micorrizos** que colonizan sus raíces y le proporcionan –a cambio de azúcares elaborados en la fotosíntesis– elementos nutrientes vitales como el nitrógeno y el fósforo que extraen de las profundidades en los minúsculos espacios porosos del suelo gracias a sus filamentos.



27. Grupos de pinos,  
Parque Nacional de Yosemite, EE.UU.  
© Thomas Schaaf



28. Fondo de valle cultivado entre laderas áridas,  
Reserva de Biosfera de Arasbaran, Irán  
© Thomas Schaaf

### 3. Comprender la geometría que existe en la naturaleza gracias a la observación de cerca

► Después de estudiar la forma de los árboles, los alumnos se concentran en las hojas y las agujas y ven la relación que existe entre la forma general y las líneas entrelazadas.

Si la forma de un árbol viene determinada por su sistema de «tuberías», en cambio la forma de una hoja lo está por su red de nervaduras.

El pintor suizo Paul Klee le dedicó una observación detallada en sus esbozos didácticos de 1926: «La forma plana que surge depende de las líneas entrelazadas. Y allí donde acaba el poder de la línea, el contorno, aparece el límite de la forma plana».

► Los alumnos constatan así que las agujas de las coníferas, cuya superficie es dura y resistente, presentan nervaduras paralelas.

► Concentrados en el estudio morfológico de una hoja, los alumnos observan y dibujan la forma del **limbo** y del **peciolo** de la hoja.

Observan la red de nervaduras que dividen la hoja en células macroscópicas, cada una de las cuales tiene su propia irrigación.

Si la escuela posee una lupa binocular, la observación será un verdadero regalo para los ojos.

► Los alumnos distinguen y dibujan dos grandes tipos de hojas:

- Las hojas **simples** como las del haya (*Fagus sylvatica*), de textura brillante y dura, o las lobuladas de modo desigual de los robles que forman los robledales de montañas.
- Las hojas **compuestas** como las del serbal de los cazadores (*Sorbus aucuparia*), formadas por varios pares de **foliolo**s denticulados.

► Observan luego la disposición de las hojas en el tallo y miden el orden y la precisión de esa disposición en las distintas especies.

Distinguirán, pues:

- La disposición de las hojas a uno y otro lado del tallo de manera alternada: decimos que se trata de hojas alternas, una hoja simple por nivel (en cada nudo) en el tallo, como en el aliso verde (*Alnus viridis*) o las hojas en forma de rombo del abedul pubescente o abedul blanco (*Betula pubescens*).
- La disposición de hojas opuestas: dos hojas una frente a otra en cada nivel, como las del sicómoro, o falso plátano (*Acer pseudoplatanus*), o las del cornejo euroasiático (*Cornus suecica*).

- La disposición de las hojas verticiladas: tres, cuatro o cinco por nivel, como las de la hierba piojera de los Alpes (*Pedicularis verticillata*) o la salvia verticilada (*Salvia verticillata*), que se encuentra en los suelos calcáreos de las garrigas de las montañas mediterráneas.

► A continuación, la clase observa de cerca los ramillos de las coníferas y constata igualmente la variedad de formas de sus «hojas» y la disposición diferente de esas agujas o escamas en los ramillos.

Estructura densa y rígida de las largas agujas del pino cembro (*Pinus cembra*), agrupadas de cinco en cinco para resistir al frío de las grandes alturas, agujas a pares del pino silvestre (*Pinus sylvestris*), que no teme los veranos calurosos de las colinas áridas, agujas aplastadas y verde oscuro de los abetos sujetas aisladamente a los ramillos, a veces bicolors si se les da la vuelta, como las caras inferiores blanqueadas de las agujas del *Abies alba* (el abeto blanco), agujas que pinchan de las piceas colocadas alrededor de los ramillos, cortas agujas alzadas en roseta de los magníficos cedros de las pendientes áridas: cedro del Atlas (*Cedrus atlantica*), cedro del Líbano (*Cedrus libani*); por último, menos corrientes, las agujas suaves y flexibles que se caen en invierno y amarillean en otoño de los alerces (*Larix decidua*), que también forman una roseta en los ramillos.

► Los croquis y los dibujos de los alumnos les ayudan a constatar que, según cada especie, un orden determinado rige la disposición de las hojas en el tallo y de las agujas en los ramillos. Esa organización de los elementos vegetales se denomina **filotaxia**.

La vemos en acción en la distribución de los ramillos en la rama y de las ramas en el tronco.

► El profesor deja un tiempo de observación, para que los alumnos puedan apreciar el ordenamiento y la geometría (en el espaciamiento entre los elementos, por ejemplo) que rigen el crecimiento de las plantas.

► Invita por último a la clase a examinar los factores que pueden desviar a un árbol o un arbusto de su crecimiento natural o le confieren un porte canijo o deformado:

- ¿Qué hace que un árbol tenga un aspecto irregular?
- ¿Algunas especies tienen un porte canijo o postrado naturalmente a causa de características genéticas dimorfas de su adaptación, de una respuesta genética a la presión del medio?
- ¿Otras se desarrollan de manera distorsionada o deformada por la presión del viento, de las heladas, de la nieve, de la soliflucción, de la luz solar o del impacto de las actividades de los seres humanos?



Árbol en forma «de bandera», deformado por el viento





29. Árboles muertos en un suelo salado,  
*Death Valley, California, EE.UU.*  
© Michel Le Berre



30. Bosque poco poblado de coníferas en caos  
de bloques graníticos  
*Yosemite National Park, EE.UU.*  
© Michel Le Berre

#### 4. Reflexionar sobre la función que cumplen los elementos externos en el porte del vegetal

► El profesor recuerda que la forma de una planta responde a un programa preestablecido: su programa genético.

No obstante, algunos factores pueden modificar la expresión del programa.

► Se invita a la clase a distinguir las características genéticas de una planta (debidas a la adaptación) de los factores externos que modulan la expresión de ese programa genético:

##### A. El efecto del viento, de las heladas y de la nieve

Para afrontar el desencadenamiento de los vientos que soplan en altitud, las plantas de cimas altas son cortas (tallos reducidos) y se pegan al suelo.

Hablamos de arquitectura recogida, cabrilleante ante las plantas en almohadilla que forman unas especies de casquetes vegetales adheridos a las rocas, como el androsace de Suiza (*Androsace helvetica*) o la palomina alpina (*Linaria alpina*).

Los vegetales leñosos subsisten en estado de arbustos rastreros de desarrollo canijo o adoptan un porte «en espaldera» apoyándose en el suelo.

Por ejemplo, los pinos de los bosques subalpinos como el pino mugo (*Pinus mugo*), o pino enano o de montaña, y el *Pinus pumila* en Extremo Oriente desarrollan un grueso colchón de ramas bajas que, en invierno, les sirve para protegerse bajo la nieve.

► Los alumnos localizan esos portes particulares y tratan de dibujarlos haciendo algunos esbozos mientras el profesor explica que son adaptaciones determinadas genéticamente (que presuponen un patrimonio genético), no deformaciones debidas a la acción directa de los elementos exteriores.

Ejemplo:

El pino mugo (*Pinus mugo*), incluso cuando se cultiva a baja altitud, conserva su porte postrado y tumbado. Es plenamente una especie de montaña.

► Para que comparen, el profesor guía a los alumnos hacia otros especímenes de especies cuyas formas irregulares, «desgreñadas», se deben a la acción mecánica de las intemperies.

Citemos el porte en forma de «bandera» de numerosos árboles de montaña, causado directamente por el viento asociado al frío.

Un árbol puede ser «torcido» por el viento violento, que quiebra los brotes que estén frente a él, de manera que el crecimiento principal tiene lugar del lado opuesto. Bajo la acción conjugada del viento y de las heladas, las ramas superiores situadas bajo el viento resultan asimismo destruidas por las ráfagas heladas, son rotas y quedan acribilladas de agujas de hielo.

► Acompañados por el profesor, los alumnos recorren las altitudes elevadas en busca de esos especímenes de formas curiosamente «de bandera» y realizan algunos esbozos extraños, casi irreales.

## B. El efecto de las actividades de los seres humanos

### 1. El sobrepastoreo

► El profesor recuerda que en las montañas áridas (de las altas montañas hiperáridas del Irán, del Afganistán, a las montañas secas mediterráneas), la vegetación es muy pobre y que los herbívoros pacen directamente las **plantas leñosas**.

- En la estación seca, los animales comen follajes persistentes –**siempreverdes**– y engullen la escasa materia vegetal que contienen;
- Cuando el árbol ha perdido las hojas, consumen las espinas y las ramas, o bien los brotes recientes, cuando la planta recompone su follaje. Hablamos en ese caso de impacto nefasto sobre la cubierta vegetal y de **sobrepastoreo**.

Ejemplo:

En las montañas cretenses, los cipreses nudosos y los arces de Creta (*Acer sempervirens*) son literalmente pelados y «roídos» por las cabras hasta llegar a parecerse a bonsáis (árbol ornamental cuyo pequeño tamaño se obtiene artificialmente, especialmente en el Japón).

### 2. La recolección de leña

► Entre los impactos nefastos que causa el ser humano, el profesor menciona la explotación no sostenible de cada brizna de hierba o de cada ramillo de follaje en las zonas de montañas áridas. Con esa recolección sistemática se alimenta al ganado o se obtiene leña para cocinar, pero acarrea la deforestación de los escasísimos bosquecillos de árboles.

31



32



31. Arganero bajo la presión de los herbívoros, Marruecos  
© UNESCO-MAB

32. Acacia aislada, Air, Níger  
© Michel Le Berre

33. *Balanites aegyptiaca*, Air, Níger  
© Michel Le Berre

33





34

34 y 35. Reducción de zonas forestales para atender necesidades agrícolas, Reserva de Biosfera de Entlebuch, Suiza  
© Thomas Schaaf



35

#### Ejemplo:

Estos se encuentran, por ejemplo, en algunos lugares propicios y húmedos de las montañas del Sahel y se puede seguir el paso por ellos de los seres humanos observando el aspecto tallado o «cortado» de árboles como el posingué o jujuba (*Ziziphus mauritiana*) o el murtoki (*Balanites aegyptiaca*) que dejan detrás.

► Los alumnos investigan a su manera. Ven los árboles denudados, rotos, de arquitectura degradada y realizan esbozos de ellos, subrayando los detalles que permiten identificar el factor de desvío o de destrucción. Para ello, pueden introducir en sus dibujos textos o flechas.

► Luego, el profesor aborda el tema de la deforestación y señala que algunas actividades humanas no solo deforman o afectan al crecimiento natural de los árboles o de los arbustos, sino que lo impiden, y le ponen fin de manera a veces irremediable por deforestaciones a gran escala. Esas deforestaciones ponen en peligro el equilibrio de los ecosistemas al suprimir los beneficios que aportan las funciones ecológicas que cumplen los árboles a esas altitudes.

### **3. La deforestación del pastor en el ecotono entre el bosque y el césped**

► El profesor se refiere ahora de nuevo a la zona de transición, o ecotono, entre el bosque y los pastos, que a veces se confunde con la landa.

► Explica que en ella es tan grande la presión de grandes rebaños de ovejas sobre la vegetación que las plantas sensibles al pisoteo, al aplastamiento, al paso reiterado de los animales, acaban por desaparecer. Los pastores agravan el fenómeno al eliminar plantas leñosas autóctonas so pretexto de que no son buenas plantas forrajeras.

#### Ejemplo:

En las regiones templadas, los pastores alpinos quemar a veces sistemáticamente el enebro enano (*Juniperus nanus*) al que acusan de acumular humus ácido en el suelo.

Pues bien, la desaparición de este enebro acentúa el empobrecimiento del ecotono porque entonces prolifera el cervuno (*Nardus stricta*), una especie muy resistente que asfixia a las demás plantas forrajeras e indica el agotamiento de la zona de pasto.

#### 4. La deforestación a gran escala

- ▶ Para concluir, el profesor ilustra –mediante documentos que habrá reunido previamente– la deforestación masiva en las montañas.
- ▶ Aclara que en numerosos macizos europeos, y en menor medida en América del Norte, el límite superior de la vegetación forestal ha bajado artificialmente a causa de la intervención humana.
  - En otros tiempos, esos desbroces se debían a la implantación de granjas aisladas, con los correspondientes chalet y granero en las tierras de pasto, a la apertura de nuevos pastos más abajo y de los prados de siega abiertos en el bosque.
  - Todavía se sigue practicando intensamente la tala de bosques para satisfacer las necesidades del pastoralismo y de la agricultura de montaña en algunas regiones de los Andes o del Himalaya, en ocasiones de manera excesiva.
  - Ahora bien, globalmente, los desbroces más perjudiciales para los ecosistemas montañosos de Europa son los que ocasionan grandes talas en los bosques para crear estaciones de turismo de invierno en detrimento de la alfombra vegetal.
  - La implantación de pistas de esquí y de remontes mecánicos, el acondicionamiento del terreno utilizando bulldozers abren en el paisaje vías, pasajes artificiales en el paisaje donde se vierte el agua de escorrentía y aparece erosión activa, que se perpetúa; en otros lugares, el césped se fragmenta y en el suelo desnudo se manifiesta el abarrancamiento, que asimismo adquiere carácter permanente.
- ▶ El profesor señala la intervención de los guardas forestales que a menudo reforestan esa zona del límite superior del bosque porque es la zona de origen de aludes peligrosos. Reforestar a esa altitud, hacer que el bosque vuelva a subir puede evitar dramas. Los árboles que se planten en ella crecerán lentamente, pero, cuando estén suficientemente desarrollados, fijarán al suelo el manto nivoso.

#### 5. Recordar la función esencial que desempeñan los árboles en los ecosistemas montañosos

- ▶ En conclusión, el profesor explica que, al destruir el bosque, el ser humano contribuye a la degradación de las tierras en las montañas porque suprime el conjunto de las funciones que los árboles generan, especialmente cuando poseen coronas de hojas o de agujas:
  - La copa es una barrera contra el viento a media altitud y puede proteger los cultivos de cebada, trigo, cáñamo o lino en las zonas de agrosilvicultura, ya se sitúen en las laderas de los Andes, de los macizos del Himalaya o incluso de los Alpes.
  - Una vez caídas al suelo, las hojas o las agujas se descomponen y lo enriquecen con materia orgánica. Un manto vegetal formado por vegetales leñosos es una fuente permanente de producción de materia orgánica y de humus porque se produce en él una activa erosión bioquímica: los gusanos y microorganismos del suelo, asociados a la **cama** del árbol y a la acción de sus raíces que penetran en el suelo, atacan el sustrato y fabrican con él unos suelos gruesos de modelado suave. Los árboles edifican, pues, el suelo en la montaña y de ese modo lo protegen eficazmente contra la erosión mecánica.
  - Además, los árboles crean una cubierta vegetal resguardada donde se concentra la humedad al pie de los troncos; ese proceso de humidificación aglutina las partículas del suelo entre ellas.
  - Por último, las funciones que cumplen las raíces de los árboles son fundamentales en la montaña porque fijan los suelos, los mantienen en su lugar en las laderas y los estabilizan estructurándolos conforme a sus divisiones.

## 03

# «Vivir en la cumbre» o la adaptación de las plantas en la montaña

Nivel **intermedio** ★ ★

Lugar **en el aula y en el exterior**

Duración **3 sesiones**

## Objetivos

### 1. Descubrir el medio ambiente

Descubrir las diversas adaptaciones de las plantas de montaña a las condiciones extremas de las grandes alturas constatando en especial sus particularidades morfológicas gracias al dibujo.

### 2. Conocer y comprender

Aprender a discernir las adaptaciones morfológicas de las adaptaciones fisiológicas de las plantas de montaña, compararlas con las de otros vegetales que viven en un medio hostil como los ecosistemas secos y comprender la idea de convergencia de evolución.

## Etapas

### 1. Captar por el dibujo las adaptaciones morfológicas más típicas de los vegetales

► El profesor invita a los alumnos a subir a lo alto de la montaña (según los principios de organización mencionados anteriormente) para que observen algunas de las adaptaciones morfológicas más llamativas que adoptan las plantas de montaña.

Según las regiones del mundo, esas plantas de las cumbres deben luchar contra el frío intenso que aumenta con la altitud, vientos violentos y desecantes, una amplitud térmica muy grande entre el día y noche, las heladas y la nieve, un brevísimo período de vegetación y, en la montaña tropical, la humedad constante del aire y del suelo asociada a la niebla y al viento en las crestas expuestas.

36. Siempreviva de montaña (*Sempervivum montanum*) (crasuláceas), planta y flores (detalle), Puerto del Simplon, Suiza  
© UNESCO / Olivier Brestin

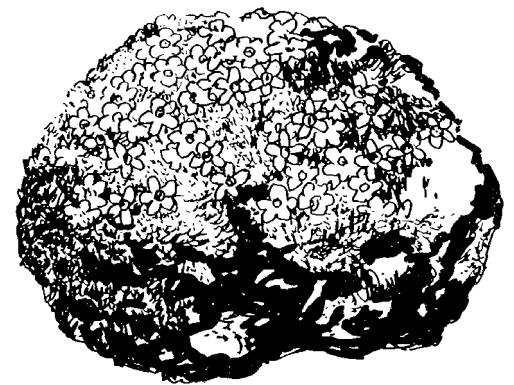
37. Planta en almohadilla, Puerto de Jardengla, Ladaj, India  
© UNESCO / Olivier Brestin



- ▶ El profesor explica que, para luchar contra esas condiciones climáticas hostiles, en particular contra el desencadenamiento de los vientos, las plantas de las cumbres adoptan tallos cortos y se pegan al suelo.
- ▶ Completa la explicación mencionando los factores climáticos que impiden el alargamiento de los tallos:
  - La luz intensa de la altura bloquea el crecimiento de los tallos (aunque favorece la fotosíntesis en las hojas);
  - El crecimiento podría, pues, tener lugar de noche, pero el frío nocturno lo bloquea o limita;
  - Además, las grandes diferencias de temperatura entre el día y la noche atenúan la capacidad de alargamiento de la planta.
- ▶ En el terreno, los alumnos constatan que los vegetales tienen tendencia a agregarse; ese fenómeno se debe al acortamiento general de los tallos conjugado con una gran capacidad para ramificarse.
- ▶ Buscan y dibujan los tipos morfológicos más llamativos y las posibles asociaciones entre esas formas vegetales y objetos de la vida corriente.
- ▶ Se familiarizan con las plantas en almohadilla, captan su forma general de cojín abombado o de casquete hemisférico, comprenden su construcción a partir de tallos muy cortos que se ramifican en horcas muy juntas, pues cada rama tiene un crecimiento idéntico, lo que hace que el conjunto forme esa campana vegetal hemisférica en que se posan las flores terminales.

38

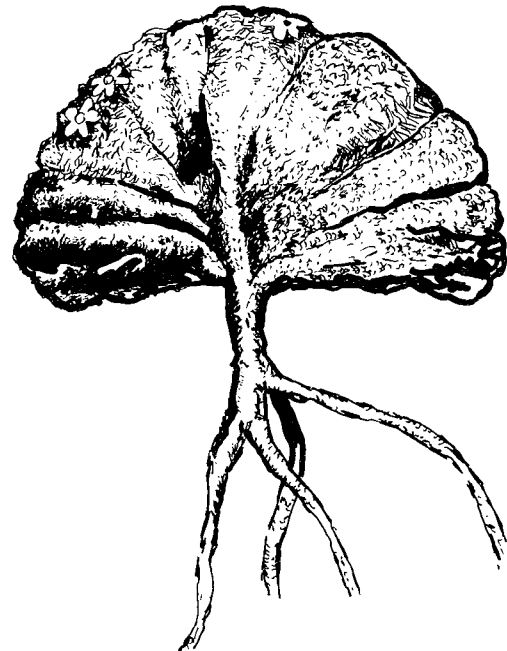
38. Almohadillas de palomilla alpina (*Linaria alpina*)  
Puerto del Simplon, Suiza  
© UNESCO / Olivier Brestin



39. Colleja o musgo florido (*Silene acaulis*),  
Puerto del Simplon, Suiza  
© UNESCO / Olivier Brestin



39



40. Planta en almohadilla del nivel alpino

Ejemplo:

La clase llega a una zona de rocas para observar, tocar, separar las almohadillas muy juntas de plantas saxícolas (del latín *saxum*, roca), como el androsace de Suiza (*Androsace helvetica*), que coloniza las paredes calcáreas, o el musgo florido (*Silene acaulis*), que prefiere las crestas silíceas.

► Los alumnos individualizan luego la forma característica de roseta que adoptan algunas plantas para el crecimiento de sus hojas. También en ese caso, conforme al mismo principio del acortamiento de los tallos, los nudos situados en el tallo principal están lo más juntos posible y reúnen todos los comienzos de hojas en la base de la planta.

La roseta proviene de la disposición circular de las hojas desplegadas y distribuidas a partir de la parte de la planta en que acaba la raíz y comienza el tallo. Los alumnos pueden asociar esa forma a la de una estrella de numerosas puntas o a la de una flor de corola desplegada.

► Con gusto van descubriendo, sacando a la luz y dibujando las rosetas de la corona de rey (*Saxifraga longifolia*) o de la siempreviva mayor, o hierba puntera (*Sempervivum tectorum*), de las que por lo general surge un eje florífero que morirá después de la floración.

► Levantan las capas de hojas, separan las ramificaciones para realizar dibujos que representen una sección, vistas laterales o vistas de la parte superior de las rosetas y las almohadillas.

► Tocando y palpando la materia vegetal, los alumnos constatan el espesor de las hojas de plantas grasas o suculentas, cubiertas de una **cutícula** cérea, como la siempreviva, que acumulan allí sus reservas de agua.

► Junto con el profesor, establecen un paralelismo entre las adaptaciones de las plantas de montaña y las de los desiertos.

41



41. Esparceta y loto corniculado o zapaticos de la Virgen (fabáceas) enganchados a las rocas, Monte Laitmaire, Suiza © UNESCO / Olivier Brestin

42. Siempreviva mayor (*Sempervivum tectorum*) © Hélène Gille

43. Follaje en roseta de la siempreviva mayor con eje florífero



42



## 2. Utilizar el dibujo para establecer un paralelismo entre las plantas de montaña y las de las zonas secas

► Primero, el profesor recuerda algunas características generales de las plantas y la función que desempeñan en nuestra biosfera:

- Sin los vegetales, casi no habría vida en la Tierra;
- Liberan en el aire el oxígeno que respiramos;
- Como nosotros, las plantas respiran y transpiran;
- La **transpiración** crea humedad. Refresca el aire varios grados en las zonas secas o crea condensación en la montaña cuando le llegan las masas de aire frío.

### Observación:

A determinado nivel de la ladera de las montañas tropicales, los bosques siempre densos están envueltos por una masa de nubes porque esos bosques se encuentran en la línea de frente en donde se condensan las masas de aire que se elevan a causa de la montaña. Esos vegetales acentúan la formación de las nubes porque liberan el vapor de agua por los estomas de sus hojas durante el proceso de transpiración. La concentración de vapor de agua es tan elevada que la humedad es constante y, conjugada con los vientos que soplan a gran altura, impide a los vegetales crecer a esa altura. Los árboles son pequeños, canijos y nudosos, y están cubiertos de musgos y de epifitas.

### Ejemplo:

Se ha denominado poéticamente «bosque de elfos» a este nivel del bosque en la sierra de Luquillo de Puerto Rico.

- Paralelamente al proceso de transpiración, los vegetales generan el de la **fotosíntesis** para sintetizar sustancias necesarias para su crecimiento.
  - La mayoría de los vegetales están enraizados en el suelo y absorben agua y elementos nutritivos vitales por sus raíces y gas carbónico por los estomas de sus hojas.
  - Gracias a un pigmento verde, la **clorofila**, que contienen sus hojas o sus tallos, los vegetales captan luego la energía solar y la utilizan para convertir el agua y el gas carbónico en azúcares simples que constituirán su alimento. Esa reacción química se denomina fotosíntesis.
  - Al absorber su alimento, las plantas producen materia vegetal que nutrirá a otros organismos vivos (herbívoros).
  - Paralelamente, durante la fotosíntesis, los vegetales expulsan como subproducto oxígeno a la atmósfera.

44. *Rhododendron campanulatum*,  
cerca del lago Tsomgo, Sikkim, India  
© UNESCO / Olivier Brestin



45. Cosecha del té,  
Happy Valley Tea Estate, Darjeeling, India  
© UNESCO / Olivier Brestin







46. Bosques tropicales montañosos de nubes,  
Hawaii, EE.UU.  
© Thomas Schaaf

- ▶ El profesor habla a continuación de las características principales de las plantas «xerófilas» (que aman lo seco).
- ▶ Cita una de las adaptaciones de las plantas **suculentas** para hacer frente a la falta de agua en los ecosistemas secos. Acumulan y almacenan reservas de agua en sus órganos específicos: hojas, tallos, troncos o incluso raíces, lo que explica sus formas voluminosas.
- ▶ Los alumnos relacionan esa adaptación con plantas que acaban de descubrir, la siempreviva, por ejemplo, y sus hojas gruesas.
- ▶ El profesor explica:  
Como los vientos del desierto, los vientos de la montaña son desecantes y aumentan la transpiración de las hojas. Cabe decir incluso que la violencia de los vientos secos de las grandes alturas, asociada a las mordeduras del frío, constituye una amenaza de deshidratación a veces más importante que la sequía atmosférica de las latitudes desérticas.
- ▶ La clase ve entonces claramente la relación entre la forma de follajes resistentes, gruesos, incluso hinchados, observados en altitud, y la lucha contra el resecaimiento.
- ▶ Los alumnos asocian igualmente la forma de las almohadillas con su capacidad para conservar la humedad: los nuevos brotes se desarrollan bajo las viejas hojas que se resecan en el interior del cojín, acumulando humus y una elevada proporción de agua. El medio permanece húmedo durante los períodos de sequía.
- ▶ Lo mismo sucede con las plantas de roseta cuya parte superior del follaje muere, pero no se cae y protege a los nuevos brotes del desecamiento.

► Los alumnos realizan una serie de dibujos comparativos y divertidos entre las rosetas de las plantas montañosas y los ágaves o aloes de las zonas secas, entre las almohadillas de altas cotas y los cojines hemisféricos de las cactáceas del desierto.

► Reproducen asimismo, mediante el dibujo y determinados efectos de textura obtenidos con lápiz, el aspecto comparativamente idéntico de plantas **tomentosas**, que localizan en zonas secas o en zonas montañosas.

► Se resaltan o subrayan mediante el trazo los pequeños polos de que están dotadas las hojas del edelweiss (*Leontopodium alpinum*), entre otras cosas para conservar la humedad.

Hacen otro tanto con el cálido pelaje blancuzco de los genipis, que cabe comparar con la pelusa del frailejón (*Espeletia schultzei*) de Venezuela que, en la alta montaña tropical, tapa tanto algunas radiaciones solares excesivas diurnas que protege a la planta de las heladas nocturnas.

► Aplicando el principio de la comparación y gracias a una documentación reunida previamente en el aula, los alumnos identifican algunas epidermis barbudas entre las plantas de las zonas secas y realizan esbozos comparativos diversos.

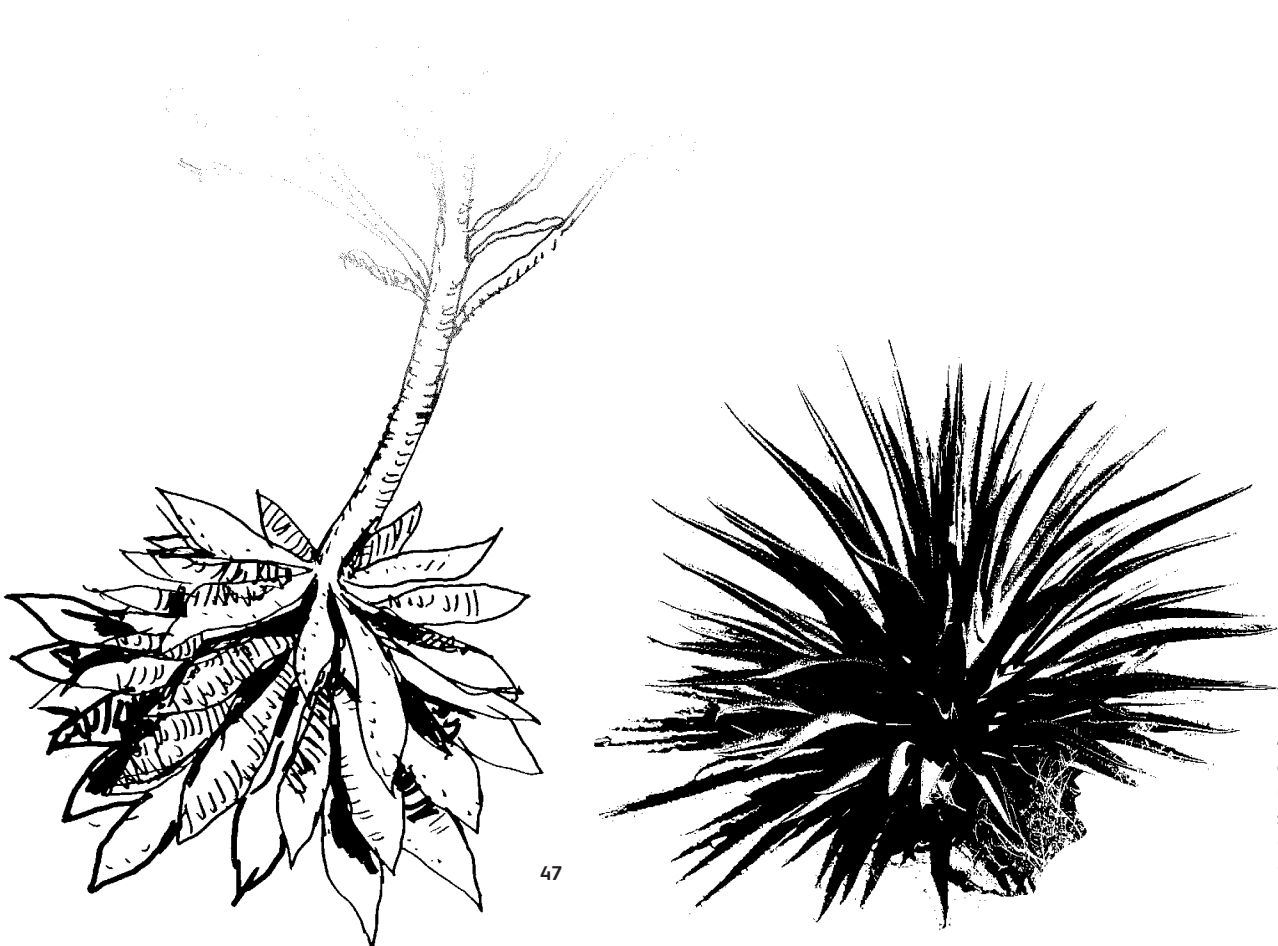
### 3. Esclarecer la idea de convergencia evolutiva

► El profesor explica que sería un error identificar las particularidades de las plantas de montaña atribuyéndolas únicamente a la acción del medio, o ver en ellas una mera relación de causa a efecto.

- La adaptación no es la acomodación, ni el ajuste a un contexto; las plantas de las cumbres no son plantas de llanura conformadas por la altitud, sino especies plenas dotadas de un patrimonio genético propio. La adaptación requiere el patrimonio genético. Es a lo largo del tiempo y mediante la inscripción genética como puede decirse que el medio influye en las plantas y les confiere formas de vida particulares.

Las plantas de las cumbres nacen o germinan con sus peculiaridades.

- Por otra parte, cuando unas especies vegetales a veces alejadas geográficamente y sin ancestro común (pertenecientes a familias diferentes) evolucionan de manera similar para resistir a condiciones extremas (calor intenso o heladas rigurosas que abocan paralelamente a la desecación), se habla de **convergencia evolutiva**.



47. Dibujo comparativo de plantas en roseta de montaña y de desierto, saxífraga de hojas largas (izquierda) y ágave (derecha)



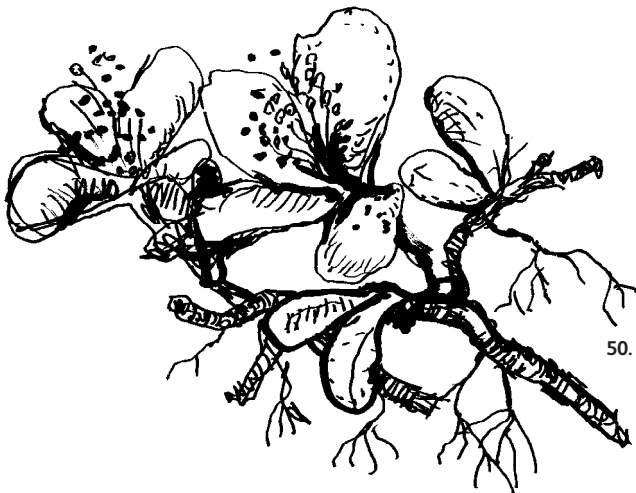
48



49

48. *Picea rampante*,  
Puerto del Simplon, Suiza  
© UNESCO / Olivier Brestin

49. Pinos enanos,  
región de Uzice, Serbia  
© Natasha Lazic



50. Sauce de hoja truncada (*Salix retusa*)

#### Ejemplo:

Existe una excepcional convergencia entre algunas plantas de las montañas y de los desiertos que adquieren un porte similar de cojines o de rosetas o que se cubren de pelusas o de espinas (en este segundo caso, puede tratarse de una protección reforzada contra los dientes del ganado, ya que lo mismo las montañas que las zonas áridas son tierras de pastoralismo). Esas adaptaciones de las plantas sirven para prevenirse contra la deshidratación.

► El profesor puntualiza que se puede descubrir otra forma de convergencia en el peculiar desarrollo morfológico de las raíces tanto en las montañas como en las zonas secas.

En los dos casos, el sistema radicular de las plantas es por lo general muy vasto y se desarrolla según dos ejes:

- Un sistema de raíces horizontales, más bien superficial, gracias al cual las plantas multiplican su superficie de absorción de agua (y, claro está, en las montañas, fijarse firmemente, resistir a los vientos, asirse moldeando el suelo como los leñosos rastreros que tienden sus mallas).
- Un segundo sistema vertical, que ilustra la gran raíz pivotante, o nabiforme, de las almohadillas que fijan el conjunto de la planta en el suelo y además le permite profundizar en el substrato y extraer de él calor, elementos nutrientes y, siempre, agua.

Efectuando una comparación, los alumnos pueden imaginar las raíces pivotantes de las acacias de los uadis (cauces de ríos intermitentes) que, en otras latitudes, se hunden verticalmente en el suelo hasta 30 m para llegar a la **capa freática**.

#### 4. Distinguir algunas adaptaciones fisiológicas de las plantas de montaña

- ▶ Llegados a este punto de la actividad, el profesor tal vez quiera mostrar algunas adaptaciones fisiológicas de las plantas de gran altura, dando prioridad a la observación en el terreno en momentos clave del ciclo vegetal de esas plantas.
- ▶ Elegirá preferentemente el período del derretimiento de la nieve y del comienzo de la primavera para invitar a la clase a observar la vida a ritmo reducido, pero siempre activa, de los vegetales bajo la nieve o su floración en un verdadero estallido en cuanto llega el buen tiempo.
- ▶ Explica que las adaptaciones fisiológicas más interesantes conciernen a la reacción de las plantas ante el acortamiento del período de vegetación, es decir, el ciclo temporal que necesitan las plantas para cumplir sus funciones vitales de germinación, foliación, floración y fructificación.
- ▶ Pues bien, explica, ese período de vegetación disminuye considerablemente con la altitud. Por encima de 2.500 m en las regiones templadas, no dura más que un mes y medio aproximadamente.
- ▶ La noción de «período de vegetación» aclara a los alumnos la comprobación que hacen de la desaparición de los árboles a determinada altitud: Esos seres biológicos necesitan un verano largo para realizar su ciclo vegetal y mientras que un haya necesita más de cinco meses de calor, a un alerce o a un abedul le hacen falta por lo menos tres...

¿Cuáles son, pues, las estrategias de las plantas de altitud para reaccionar a un período de vegetación de unas pocas semanas?

- ▶ El profesor cita primero las escasas **plantas anuales** que cumplen su ciclo de la semilla a la semilla en una sola temporada de vegetación. Consiguen acelerar las etapas y se han adaptado para realizar el ciclo completo de germinar, crecer, florecer, ser fecundadas, fructificar y morir en unas cuantas semanas de buen tiempo... no sin antes haber asegurado la conservación de la especie por la diseminación de semillas fértiles. ¡Una verdadera proeza!

Ahora bien, esas plantas no abundan, porque el medio de las cumbres no les es propicio.

Ejemplos:

Son plantas muy pequeñas y de tallos finos, como las eufrasias o la genciana nival (*Gentiana nivalis*).

- ▶ Indica a continuación las adaptaciones de las plantas vivaces que viven varios años y cuya cepa se perpetúa.
  - Esas plantas entran en un período de vida de ritmo lento después del brevísimo período de vegetación y para alargar su período de vegetación se sirven de varios medios...
  - Algunas plantas tienen hojas persistentes con las que asimilan energía todo el año, incluso bajo la nieve, en cuanto un rayo de sol atraviesa el manto nivoso. De ese modo, están al resguardo y prosiguen activamente su actividad fisiológica preparando los brotes de sus hojas o sus capullos con mucha antelación.

Ejemplos:

Tal es el caso de la genciana de Koch (*Gentiana kochiana*), de las siemprevivas y las saxífragas y de numerosas ericáceas.

- ▶ Cuando el profesor conoce bien el terreno, la clase puede divertirse limpiando de nieve un sitio para buscar brotes y hojas que ya estén formados.
- ▶ El profesor indica que esas plantas vivaces de gran altura crecen lentamente, pueden estar años sin producir semillas y se multiplican según el principio de la **multiplicación vegetativa**.
  - Otras plantas no asimilan directamente a través de la nieve, no conservan sus brotes a ras del suelo, resguardadas en las rosetas de sus hojas, sino en la tierra, donde ésta los protege.
  - El profesor explica que se trata una vez más de un medio de sobrevivir en latencia y de prolongar su ciclo vegetal.

Esas plantas se benefician asimismo del manto nivoso, que es un excelente aislante. Aprovechando la temperatura estable y por lo general positiva de la tierra, así como la humedad permanente que las recubre, numerosas plantas de bulbos (**geófitas**) maduran de ese modo sus semillas y sus órganos subterráneos y aguardan meses, o incluso años (durante los períodos demasiado fríos) para germinar realmente, eclosionar y alzar sus plántulas.



51. Regaliz alpino (*Trifolium alpinum*) y potentilla dorada (*Potentilla aurea*) en césped alpino  
© UNESCO / Olivier Brestin



52. Palomilla alpina (*Linaria alpina*) y margarita mayor (*Leucanthemum vulgare*) en rocas  
© UNESCO / Olivier Brestin



53. Violeta de espólón largo (*Viola calcarata*) y potentilla dorada (*Potentilla aurea*) en césped alpino  
© UNESCO / Olivier Brestin

#### Ejemplos:

Podemos citar la merendera de monte (*Bulbocodium vernum*), el magnífico tulipán común o de jardín (*Tulipa gesneriana*) y los numerosos crocos (iridáceas) cuya floración estalla literalmente en el momento del derretimiento de la nieve, salpicando los céspedes de corolas más bien claras.

En todos los casos, esas plantas influyen en la duración de su ciclo vegetal, ya sea porque anticipen las etapas de vegetación, ya sea porque resisten a las condiciones climáticas extremadas ahorrando fuerzas temporalmente (vida a ritmo mucho más lento de lo normal) y aguardando a que se den las condiciones propicias para cumplir sus funciones vitales.

- ▶ Se anima a los alumnos a reproducir esbozos en colores de esa vegetación de desarrollo vernal, bulbos y también soldanellas y anémonas en flor que transforman las alturas en un primer mosaico coloreado (el segundo aparecerá con la primavera tardía). ¡Hasta las rocas están llenas de flores!
- ▶ La clase puede establecer un paralelo entre dibujos que representen un antes y un después y que opongan el manto nivoso inmaculado a una cubierta vegetal salpicada de colores suaves y frescos.
- ▶ El profesor presenta una última forma de adaptaciones fisiológicas mencionando las plantas que maduran sus semillas conservando sus escapos florales durante el invierno...

Ese es para ellas otro medio de prolongar el tiempo de maduración de sus semillas que conservan cuidadosamente «abrigadas» en las vainas de hojas viejas, en líquenes o en sus escapos florales desecados, dependiendo de cada especie.

#### Ejemplos:

Por lo general, se trata de plantas altas a las que se ve claramente sobresalir del manto nivoso en invierno, como el carrizo *Carex firma*, e igualmente la genciana amarilla (*Gentiana lutea*).

- ▶ El profesor explica que esas plantas maduran sus semillas al aire libre, más tardíamente, y que el frío húmedo del invierno e incluso las heladas son factores que esta vez activan, en lugar de inhibir, la maduración y la germinación de las semillas.

Una vez maduras, el viento las transporta a lo lejos y las plantas encadenan sus etapas de vegetación.

- ▶ Los alumnos pueden realizar una segunda serie de esbozos comparativos con la floración, representada en colores vivos, de plantas tardías (apreciando así la larga duración del invierno), como algunas amapolas, los acónitos y de nuevo la genciana amarilla (*Gentiana lutea*).

## 5. Concluir la actividad por el principio de las asociaciones vegetales

- ▶ El profesor concluye recordando el principio de «agrupación vegetal» o de «asociación vegetal».
- ▶ Empezará uniendo la idea de vegetación a la de agrupaciones vegetales que corresponden a bosques, montes bajos, sabanas o céspedes...
- ▶ Seguirá explicando que hay vegetaciones equivalentes que presentan el mismo fondo de vegetación, por ejemplo, hierbas, como una sabana seca y una gran extensión esteparia que pueden no compartir ninguna especie.

En efecto, aun creciendo en un clima análogo, esas vegetaciones están sometidas a una multiplicidad de factores como la frecuencia de las lluvias, el viento, la evaporación, la luz, el promedio de las temperaturas, la amplitud térmica, la naturaleza química, mineral y física del suelo, así como las especies presentes en el lugar.

Cada uno de esos factores, así como sus efectos conjugados, actúan sobre la vegetación y los vegetales que la componen. La vegetación refleja, pues, totalmente los recursos y las condiciones del medio.

- ▶ El profesor transpone esta idea al nivel de los céspedes de montaña.

En ellos rige ese mismo principio de asociación vegetal, que esta vez remite a un poblamiento formado por un grupo determinado de especies.

- ▶ Explica que esas especies no solo reflejan las condiciones de un medio, sino de un microambiente y de un microclima.

- Han estado sometidas al principio de la selección natural porque las difíciles condiciones que reinan en las cotas elevadas, especialmente las grandes diferencias de temperatura, han eliminado a las especies menos resistentes.

- Además, en una asociación vegetal a esa altitud solo estarán las especies que aguantan la competencia de sus vecinas. Las otras también han sido eliminadas.

- ▶ El profesor resume lo dicho puntualizando que una asociación vegetal a gran altura agrupa, por lo tanto, especies exigentes con afinidades ecológicas que las vinculan a un microambiente concreto. Comparten, pues, exigencias, aunque no son exactamente las mismas.

Por consiguiente, bastará con que las exigencias difieran en un solo punto para que puedan cohabitar pacíficamente dos especies que por lo demás son rivales.

### Ejemplo:

Pasando a una asociación ya no vegetal sino animal, cabe citar la cohabitación del íbice y de la gamuza, que difieren levemente en sus preferencias alimentarias.

- ▶ El profesor concluye explicando que en el nivel de los céspedes en la montaña existe una enorme diversidad de microambientes con contrastes importantes de un lugar a otro: se pasa de una cresta azotada por los vientos a una placa calcárea árida, a una turbera, a un bloque rocoso, a una hondonada donde persiste la nieve, etc.

- A esos microambientes corresponden comunidades de especies muy específicas cuyo equilibrio mantienen la extrema adaptación de las especies a imperativos naturales precisos y la complejidad de los lazos que unen a cada miembro con los demás.

- Las asociaciones vegetales de alta montaña están, pues, muy especializadas, y cuanto más nos elevamos, más se simplifican las comunidades bajo la presión de imperativos que se van sumando. Las asociaciones están formadas entonces por pocas especies y un pequeño número de individuos.

Cada especie presente allá no vive con cualquier otra.

La asociación es un verdadero proceso de elección...


### Ejemplo:

La campánula se asocia de buen grado con la genciana púrpura y el rododendro ferruginoso. Más arriba, el edelweiss cohabita casi exclusivamente con el áster alpino o la coniza.

## 04

## Inventario de plantas útiles

Nivel   
intermedio

Lugar   
en el aula  
y en el exterior

Duración   
5 sesiones

## Objetivos

## 1. Descubrir el medio ambiente

A partir de un inventario constituido por imágenes, la descripción oral y por escrito, la degustación y la valoración de las diversas cualidades de las plantas que corresponden a las necesidades de la población, los alumnos comprenden cabalmente la utilidad directa de las plantas en los diferentes aspectos de la vida comunitaria.

## 2. Aptitudes

Guiada por el profesor, la clase aprende a informarse y reflexionar sobre los modos de recolección y de consumo de las plantas y, por extensión, sobre la gestión de los recursos naturales. Después de haber entablado un diálogo con quienes poseen los conocimientos locales, los alumnos inician un debate sobre la gestión de los recursos con los profesionales del medio ambiente.

Observaciones y sugerencias:

Para este taller-laboratorio consagrado a la función de las plantas en su vida, los alumnos y el profesor disponen de un local o, sencillamente, se instalan en el fondo del aula.

Colocan tres grandes paneles de papel en las paredes para inventariar las plantas y prevén cerca un espacio en el que presentarán los especímenes; el conjunto constituye un lugar de acogida, degustación y miniexperimentos (plantas en macetas, tinte).

El profesor que dirija esta actividad enfocará la relación del ser humano con su medio ambiente desde un punto de vista integral: considera la población local como parte integrante del ecosistema. Nuestras actividades, ya sean agrícolas, industriales o comerciales, ejercen una influencia considerable en los ecosistemas. Ahora bien, estamos recibiendo constantemente productos y obtenemos múltiples beneficios de los ecosistemas. Estos son elementos constitutivos de nuestro bienestar y, en un sentido más general, de nuestra calidad de vida.

Desde esta perspectiva, el ecosistema será percibido ante todo como una fuente de recolecciones y de beneficios, un jardín en sentido amplio cuyos frutos cosecha la comunidad y que a cambio debe «trabajar y mantener»<sup>1</sup> con mesura, aunando desarrollo económico y gestión sostenible de los recursos naturales.

El profesor puede plantear una clasificación de las plantas en función de tres temas ilustrados en tres paneles:

**A. El jardín que alimenta****B. El jardín que cura****C. El jardín que brinda protección y seguridad.**

<sup>1</sup> Por analogía con el término empleado por Gilles Clément ("jardiner") en el libro que completaba la exposición "El Jardín planetario" (Albin Michel, París, 1999).

54



54. Espiga de cebada, estepa elevada, Ucrania  
© Olivier Brestin

55. Casa de bambú, Singtam, Sikkim, India  
© UNESCO / Olivier Brestin

56. Tallos de bambú, Sikkim, India  
© UNESCO / Olivier Brestin



55

56



## Etapas

► El profesor divide la clase en tres grupos de alumnos encargados respectivamente de cada uno de los tres paneles en los que van a inventariar las plantas útiles para la comunidad. Cada grupo reflexiona sobre cómo organizar su panel.

► Los alumnos comienzan a inventariar las plantas por sus usos:

- Alimentación;
- Cuidados, medicamentos y elementos de rituales (bienestar físico y mental);
- Materias primas para construir viviendas (techo protector de la familia) y confeccionar prendas de vestir (protección individual).

Algunas plantas tienen varios usos y por lo tanto aparecerán en varios paneles.

► Guiados por el profesor, los alumnos de cada grupo visualizan las subdivisiones dentro de su panel.

## A. El jardín que alimenta

### 1. Clasificar

► Los alumnos de este grupo efectúan una primera clasificación de las plantas comestibles de la región conforme a las siguientes categorías:

- **Bulbos comestibles** como el ajo o la cebolla;
- **Tallos comestibles** como los turiones de bambú (*Phyllostachys edulis*) que, recolectados muy jóvenes y liberados de sus vainas, gozan de gran aprecio; los pecíolos del apio, del apio de monte, o levístico (*Levisticum officinale*), y los tallos subterráneos (tubérculos) de la papa o patata;
- **Raíces comestibles** como la zanahoria y la mandioca (*Manihot esculenta*), con la que se produce el fufú, una pasta comestible, en las montañas tropicales africanas;
- **Hojas comestibles** como el berro de agua (*Nasturtium officinale*) y el diente de león (*Taraxacum officinale*);

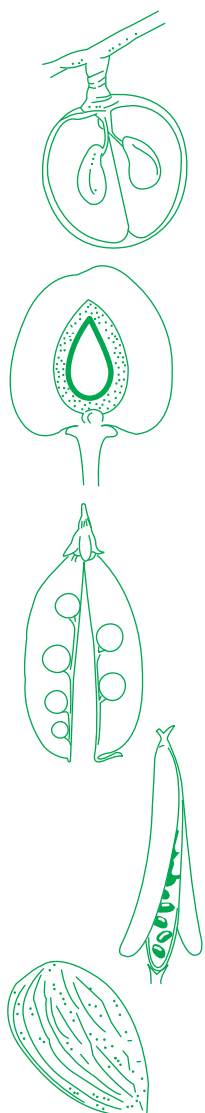
- **Frutos carnosos:**

- Las **bayas o frutos con semillas** como las abundantes frutillas, los arándanos (*Vaccinium oxycoccos*) en las montañas escandinavas y rusas, la granadilla (*Passiflora ligularis*), una manzana-liana que se puede hallar a gran altura en la región tropical, o el arazá, o guayabo peruano (*Psidium cattleianum*) en las Antillas.
- Las **drupas o frutos de una sola semilla o un único hueso o carozo**, como la aceituna en las montañas mediterráneas y el albaricoque que se cultiva en los bosques y los oasis montañosos de Asia central.

- **Frutos secos:**

- por una parte, los **frutos dehiscentes** (que pueden abrirse) como:
  - Las **vainas** de las diferentes especies de guisantes y de frijoles o judías (de la familia de las fabáceas), entre ellas las judías verdes o porotos (*Phaseolus vulgaris*) o el frijol lima o frijolillo (*Phaseolus lunatus*) en los Andes, el haba (*Vicia faba*) en Rusia y el caupí o niebe (*Vigna unguiculata*), muy cultivado en el África tropical.
  - Las **silicuas**, entre ellas la mostaza parda (*Brassica juncea*) que crece en las montañas de Siberia y Mongolia, utilizada por sus granos que sirven de condimento o sus hojas de sabor picante como legumbre.
- por otra parte, los frutos **indehiscentes** (que no pueden abrirse) como:
  - Las **cariópsides** de las poáceas, de las que forman parte el trigo o el maíz, que se cultivan en todo el mundo.
  - Les **aquenios** o **frutos secos de una sola semilla** como la bellota del roble de Kermes en las montañas mediterráneas.

De esta manera, los alumnos obtienen una primera visión general de los **recursos naturales** disponibles, ya sean plantas cultivadas o no cultivadas.







57

58



57. Plantación de albaricoqueros,  
*Achinathang, Ladaj, India*  
© UNESCO / Olivier Brestin

58. Flores de albaricoquero,  
*Phyang, Ladaj, India*  
© UNESCO / Olivier Brestin

59. Albaricoques en curso  
de maduración,  
*Dah Hanu, Ladaj, India*  
© UNESCO / Olivier Brestin

60. Vendedores de orejones  
(albaricoques secos),  
*Leh, Ladaj, India*  
© UNESCO / Olivier Brestin

61. Albaricoques secos (orejones),  
*Leh, Ladaj, India*  
© UNESCO / Olivier Brestin



59

60



61

62



62. Mujeres controlando el secado de la cebada, *Bitchu, Sikkim, India*  
© UNESCO / Olivier Brestin



63

63. Mujer confeccionando el pan tradicional, *Aldea del Tigre, Karakorum, India*  
© UNESCO / Olivier Brestin

64. Pan tradicional, *Aldea del Tigre, Karakorum, India*  
© UNESCO / Olivier Brestin

64

## 2. Dibujar en el panel

- ▶ Luego, cada uno de los alumnos de este grupo de las plantas comestibles clasifica en el panel una de las plantas locales elegidas en la categoría a la que pertenece.
- ▶ Escribe el nombre de la planta en la casilla correspondiente y en ella la dibuja en colores.

## 3. Degustar

- ▶ Una vez que los alumnos han hecho una lista de las plantas comestibles locales y las han clasificado, pueden iniciar una fase de degustación simultáneamente a la fase de representación en el panel. Para ello, llevan de sus casas muestras de especímenes o de preparaciones a base de algunas de las plantas seleccionadas.
- ▶ Según las diferentes regiones, proponen sopas, jugos de frutas, purés, tortas, pastas comestibles, hojas o frutos no aderezados bajo la atenta mirada del profesor. Naturalmente, solo llevarán especies comestibles conocidas. Probarán entre ellos a reconocer los sabores vendando los ojos de los candidatos a la degustación, que deberán identificar la planta.
- ▶ Podrán probar dos veces la misma planta introduciendo variantes en las recetas de familia.

### Ejemplo:

En las montañas japonesas, se puede proponer la judía azuki en forma de muestra de puré con azúcar y luego en una versión más líquida que contenga semillas de loto, «la sopa de azuki». En los Andes, en particular en Bolivia, los alumnos pueden llevar una muestra de crepe de quinoa, o más cremosa, mezclada con leche. Conserva su sabor típico, algo fuerte, «de madera», que los alumnos reconocerán probándola.

- ▶ Con este minitaller del sabor, el profesor procura potenciar al máximo las posibilidades de degustar e identificar los diferentes sabores de las plantas locales conocidas (disponibles en mayor o menor medida), para lo cual puede ser necesario, en el caso de las plantas no cultivadas, buscar especímenes que tiendan a escasear.

Ejemplo:

En las montañas de las regiones templadas, los alumnos pueden redescubrir el sabor del orégano (*Origanum vulgare*) como condimento o como sustituto del té; pueden degustar una sopa tradicional, conocida pero que ahora apenas se hace aunque es sabrosa, como la sopa de ortigas a base de *Urtica dioica*, que en los Alpes se cocina con la ajuga o lechuguilla de Ginebra (*Ajuga genevensis*); también pueden redescubrir la mermelada de saúco (*Sambucus nigra*), confeccionada con sus frutos (bayas negras), o el jarabe de saúco a base de flores maceradas. ¡Atención! Solo son comestibles las bayas cocidas y no hay que confundir las bayas del saúco común con las bayas tóxicas del saúco menor, o yezgo (*Sambucus ebulus*), una especie herbácea.

#### 4. Investigar e integrar la información

► Concentrando de nuevo la atención en el panel, los alumnos hacen junto a sus dibujos anotaciones sobre el uso de las plantas comestibles después de la investigación pertinente:

- ¿Es una planta cultivada o bien una planta no cultivada?
- Si es una planta cultivada, ¿se siembra o se planta?
- ¿Se come cruda o cocinada?
- ¿Qué selección de adjetivos califica la experiencia gustativa que podemos hacer de la planta?
- ¿Es una especie corriente o una especie rara?
- Si se trata de una planta que crece en estado natural, ¿se ha ido volviendo más rara localmente?
- ¿Es posible reunir informaciones sobre **el crecimiento de la población** de esta especie silvestre?
- ¿Es una especie amenazada y/o protegida?
- ¿Contribuye esta planta a desarrollar la alimentación (cubriendo determinadas necesidades de nutrición)?
- ¿Contribuye a variar la alimentación?

Observación:

Es importante que esas indicaciones escritas se integren visualmente en el panel, ya sea que estén colocadas alrededor de los dibujos, que «se adapten» a sus contornos o que formen bloques separados pero idénticos en el conjunto del panel. Se puede sintetizarla con símbolos gráficos para señalar, por ejemplo, que una planta es rara o corre peligro de **extinción**.



65



66



65. Puesto de frutas,  
Mercado de Chowk, Darjeeling,  
India

© UNESCO / Olivier Brestin

66. Puesto de verduras (hojas  
y tallos),  
Bhutia, Darjeeling, India

© UNESCO / Olivier Brestin

67. Guisantes o arvejas  
y hierbas en el mercado,  
Bhutia, Darjeeling, India

© UNESCO / Olivier Brestin

67

## 5. Hablar de las plantas locales y de la producción alimentaria con personas calificadas

► En este punto de la actividad, el profesor promueve la relación o la interacción con dos personas, por lo menos, entre quienes poseen los conocimientos del medio ambiente local:

- Un anciano (un miembro respetado de la comunidad) que conozca bien la biodiversidad local como fuente de productos alimentarios complementarios y asimismo de ingresos;
- Un agricultor/ganadero que conozca la importancia de las plantas cultivadas en la producción de alimentos y la función de las **plantas autóctonas** en la conservación del ecosistema local.

► El profesor invita a la clase a dialogar con esos actores locales.

- ¿Se constata una disminución de las plantas no cultivadas en algunas zonas montañosas?
- Algunas prácticas agrícolas nefastas como:
  - la deforestación rápida (para obtener leña y liberar terrenos para pastos),
  - el agotamiento de las tierras (por **monocultivos** de especies muy seleccionadas o a causa del sobrepastoreo), conjugado con la erosión natural que alimentan las pendientes, ¿no da lugar a una degradación de los suelos y del ecosistema?
- ¿No representa esa degradación una amenaza para la **conservación** de las plantas locales de origen natural, que muchas veces generan ingresos en las montañas?

Ejemplos:

Los habitantes de las montañas de Sikkim y de Bután venden a precios excelentes los cardamomos gigantes que seleccionan entre las especies silvestres de sus laderas; otros agricultores del Himalaya explotan especies silvestres de limoneros, naranjos o mangos y las venden en los mercados; en Etiopía, se aísla, selecciona y vende semillas de sorgo silvestre para mezclarlas a las especies cultivadas de sorgo y favorecer una fertilización mutua.

- ¿Por qué la biodiversidad local y la vegetación natural son imprescindibles para los cultivos (y por ende para la producción alimentaria) debido a las funciones que cumplen en el ecosistema?

Ejemplos:

Algunas plantas locales o silvestres de la familia de las fabáceas, como la alfalfa, los tréboles y las algarrobas pueden fijar el nitrógeno del aire en el suelo y hacer que así esté disponible para las demás plantas. Son, pues, una baza importante para implantar un cultivo que tienda a bastarse por sí mismo sin necesidad de emplear masivamente fertilizantes.

En Burundi, en la montaña tropical, agricultores y agrónomos han experimentado la asociación de una leguminosa cultivada en filas entre las ringleas de cafetos. Diversos estudios han evaluado los beneficios que supone para el café la fijación biológica de nitrógeno.

En numerosas montañas de los Andes y de Asia, se rotan los cultivos, alternando la siembra de especies no leguminosas con la de leguminosas. El cultivo de cereales que sigue a la parcela sembrada de alfalfa o de trébol se beneficia del aporte de nitrógeno fijado.

68. Cultivo de grandes cardamomos,  
Singhik, Sikkim, India  
© UNESCO / Olivier Brestin





69



70

69. *Andrographis paniculata*, planta medicinal, Sikkim, India  
© UNESCO / Olivier Brestin

70. Mujer recolectando plantas silvestres comestibles, Santuario de fauna y flora silvestres de Maenam, Sikkim, India  
© UNESCO / Olivier Brestin



## B. El jardín que cura

### 1. Inventariar y dibujar las plantas medicinales en el panel

- ▶ Se forma otro grupo de alumnos que se ocupará de las plantas locales medicinales o benéficas que se utilizan en **fitoterapia** y en **cosmetología**.
  - ▶ Siguiendo el procedimiento que utilizó anteriormente, el grupo clasifica y dibuja las especies vegetales y **plantas medicinales** en el segundo panel.
  - ▶ El profesor promueve una relación entre la clase y el curandero tradicional o herborista que sea el especialista local en la materia.
- La clase le invita a participar directamente en la creación del panel.
- Puede, por ejemplo, presentar muestras de plantas a los alumnos o que éstos le acompañen a tomar muestras si les deja hacerlo.
- ▶ Teniendo en cuenta las valiosas indicaciones del especialista, los alumnos clasifican las plantas en función de sus propiedades por secciones según se considere que son: tónica, febrífuga, expectorante, antiinflamatoria, digestiva, etc.
  - ▶ El profesor puede evitar este vocabulario y limitarse a mencionar las dolencias que curan las plantas.

#### Ejemplos:

En China, en las provincias de Yunnan y de Sichuan, y también en Mongolia, se utilizan desde hace siglos como tónico las raíces secas del astrágalo (*Astragalus membranaceus*). La planta es especialmente conocida como estimulante del sistema inmunológico.

En las montañas chilenas, el boldo (*Peumus boldus*) es conocido por sus propiedades hepáticas (relacionadas con el buen funcionamiento del hígado); sus hojas son colagogas (estimulan la secreción de la bilis) y la planta es un componente tradicional de las infusiones digestivas.

En el Monte Kerinci, en Sumatra (Indonesia), se cultiva la especie local de canelo (*Cinnamomum burmanii*) de cuya corteza se extrae un aceite esencial de canela que desempeña una función antiséptica reconocida (contra el bacilo del tifus, por ejemplo) y tiene propiedades antifúngicas (disminuye la proliferación de los hongos, y por ende de las levaduras y los mohos en el organismo). Se puede emplear diluido en un aceite vegetal en masajes, en inhalaciones, o bien añadir unas cuantas gotas a las preparaciones culinarias.

Entre las plantas locales que crecen en las montañas de Europa, el árnica (*Arnica montana*) es conocida por sus propiedades antiinflamatorias y sirve para tratar las contusiones (lesiones debidas a choques que no provocan desgarramientos de la piel) y los problemas musculares (contorsiones, elongaciones, irritaciones e inflamaciones). Como gran parte de la producción se efectúa aún por recolección no controlada, ha sido esencial proteger la planta de la demanda creciente; está considerada amenazada en Alemania y en Suiza.

Podemos citar también el tusilago, o uña de caballo (*Tussilago farfara*), cuyos capítulos secos se emplean en infusiones o jarabes contra el resfriado, la tos y la bronquitis. La planta es expectorante (ayuda a expulsar secreciones provenientes de las vías respiratorias) y antitusígena (calmante de las toses irritativas) según los casos.

► Lo mismo que hicieron con las plantas comestibles, los alumnos realizan dibujos con colores de las plantas medicinales elegidas y las clasifican en el panel. Cuidan de reproducir los colores de los capítulos, el magnífico amarillo anaranjado del árnica o el amarillo puro del tusilago.

## 2. Unir cuidados curativos con ritos mediante las plantas

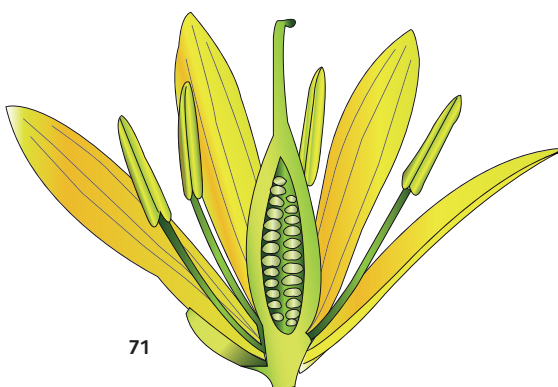
- El profesor aborda el tema de los aromas.
- Explica que numerosas plantas locales de montaña se utilizan por sus excepcionales cualidades aromáticas para fabricar productos muy valiosos, preparaciones, elixires, licores y para producir **aceites esenciales**.
- Explica que la exaltación de las propiedades aromáticas es otra señal de la adaptación de las plantas al universo de las montañas, a la necesidad de que se identifiquen en él los escasos agentes polinizadores que desafían el viento y el frío.
- Guiados por el herborista, los alumnos constatan que, simultáneamente a su elevada concentración de pigmentos, la mayoría de las flores están empapadas de néctar y exhalan perfumes fortísimos.
- En clase, el profesor da algunos ejemplos.

### Ejemplos:

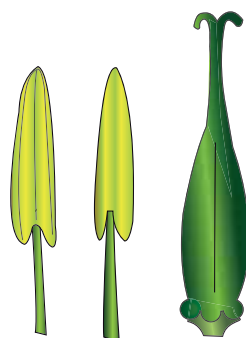
Los capítulos de genipi (*Artemisia mutellina*) y otras partes ocultas de las plantas como el rizoma y las raíces de genciana amarilla (*Gentiana lutea*) se utilizan para elaborar licores muy apreciados.

Los aromas naturales se extraen por destilación, lo mismo que para producir el aceite esencial que se obtiene a partir de los elementos constitutivos volátiles aromáticos de la planta.

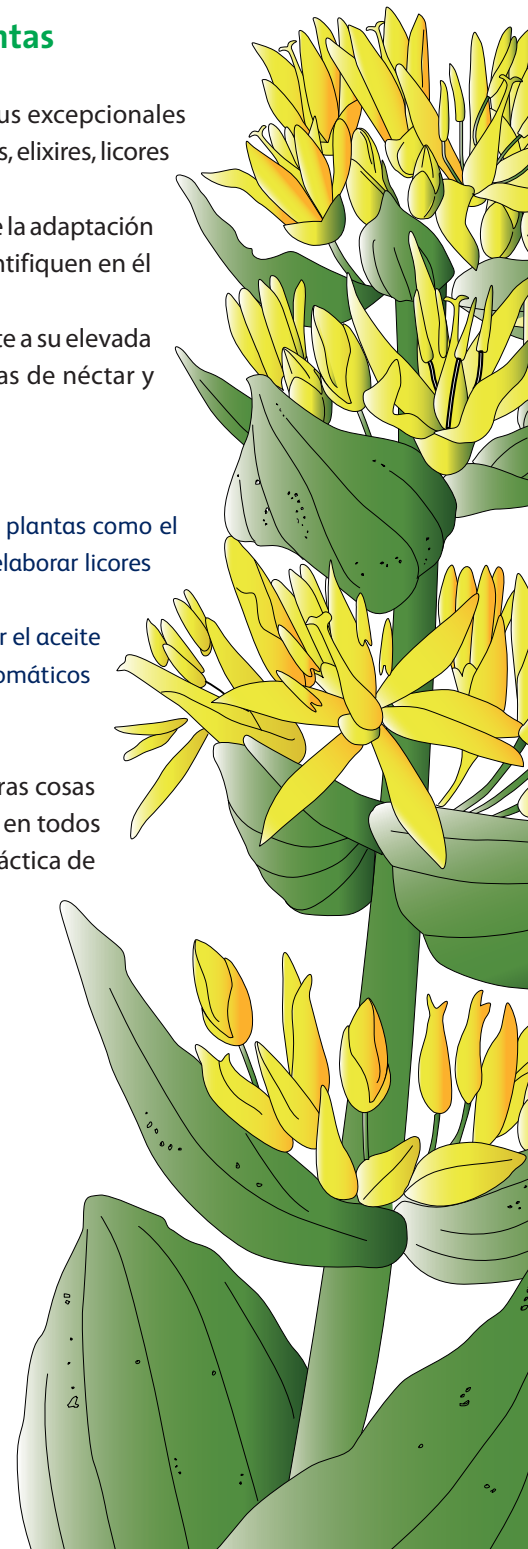
- El profesor trata de la utilización de las **plantas aromáticas**, entre otras cosas en aceites de cosmetología –aceites finos producidos desde hace siglos en todos los continentes para los tratamientos de belleza– y a su empleo en la práctica de rituales vinculados al culto y al bienestar mental.



71



72



**Ejemplos:**

El mirro y el incienso están asociados tradicionalmente a las ceremonias fúnebres en numerosas culturas de las montañas de la cuenca mediterránea; el aceite esencial de sabiná – en particular, el enebro de la miera, o enebro de la nieve (*Juniperus oxycedrus*), que durante siglos se empleó para lavar a los muertos y en rituales asociados al embalsamamiento, lo sigue siendo para favorecer la armonía física y psíquica. Los tibetanos utilizan las bayas de una especie afín (*Juniperus recurva*), asimismo **dioica**, en la fabricación de su «incienso» que queman ritos de purificación.

► El profesor aclara la dimensión sacra de algunas plantas:

- Lo son por estar asociadas a la práctica de la religión y a diversos rituales, ya sean funerarios, de iniciación o de curación.
- Se las considera sagradas porque crecen en territorios sacralizados por la comunidad, que constituyen espacios apartados y preservados, reservados al culto de los ancestros, que por lo general se hallan «más arriba» en la montaña y, en cierto sentido, están «más cercanos» a una forma de presencia divina que adora la tradición animista local.

**Ejemplo:**

En los Andes, en las fronteras del territorio de los seres humanos, el páramo es un espacio sacralizado que exige determinados comportamientos de respeto y de gestión a la población. Lo mismo sucede con los bosques sagrados de los *sherpas* tibetanos.

► El profesor puntualiza que los raros árboles presentes en esas tierras remotas son considerados a menudo hábitats o manifestaciones de la divinidad a la que se rinde adoración.

**Ejemplo:**

Los *sherpas* del noroeste de Nepal veneran especímenes de sabiná de la misma especie que la antes mencionada, rododendros, sauces y abedules situados en puntos emblemáticos. Frecuentemente se alzan ante ellos unos pequeños altares devocionales.

► El uso de plantas locales en rituales, su veneración como objetos de culto, su aspecto sacro y su empleo en cosmetología se mencionarán en el panel consagrado a las plantas medicinales en una subcategoría titulada «plantas benéficas» (bienestar del cuerpo y de la mente).

► Los alumnos especificarán los distintos usos y aportarán una información precisa armonizando texto y dibujo en la organización de esta subcategoría del segundo panel.

### 3. Estudiar la relación entre plantas, tradiciones culturales y conservación

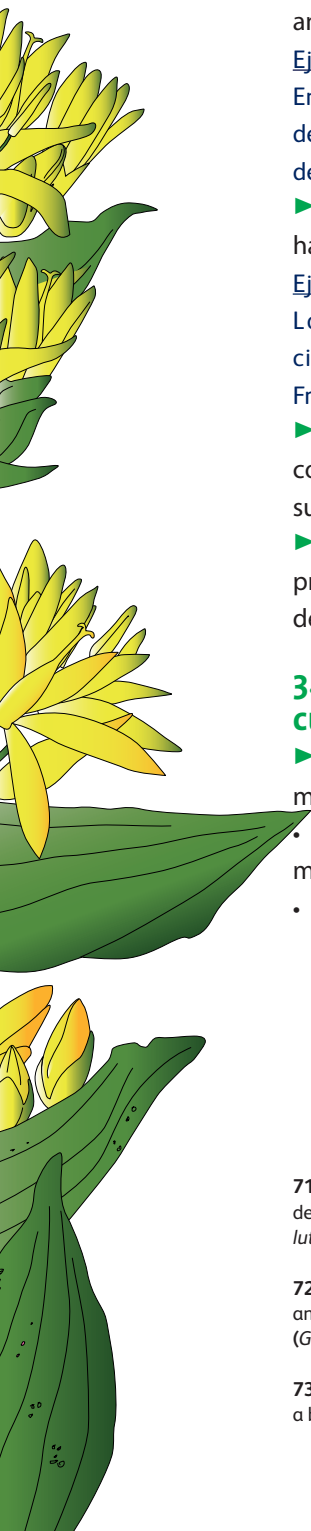
► Al final, la clase reflexiona sobre el consumo por la población de las plantas medicinales y benéficas del ecosistema local.

- ¿De qué maneras no destructivas pueden recolectarse esas valiosas plantas, a menudo no cultivadas?
- ¿Existen casos de desaparición de especies?

71. Estambres y pistilo de la flor de genciana amarilla (*Gentiana lutea*)

72. Inflorescencia de genciana amarilla o gran genciana (*Gentiana lutea*)

73. Producto derivado (caramelos) a base de genciana amarilla





74. Sauces plantados,  
Fyang, Ladaj, India  
© UNESCO / Olivier Brestin



75. Ramas de sauce  
descortezadas,  
Fyang, Ladaj, India  
© UNESCO / Olivier Brestin



76. Descortezamiento de ramas de sauce,  
Fyang, Ladaj, India  
© UNESCO / Olivier Brestin



- ¿Se ha tratado de equilibrar el volumen de las recolecciones en función de la densidad de las poblaciones de determinadas especies?
- ¿Se ha procurado limitar u ordenar las recolecciones no controladas?
- ¿Qué consecuencias tienen las desapariciones de especies en las tradiciones culturales?
- ¿No constituyen los profundos conocimientos del herborista o del curandero tradicional la memoria viva de las relaciones entre el ecosistema local y la práctica de la medicina por fitoterapia, que muchas veces es necesaria en montañas de difícil acceso?
- Redinamizar los conocimientos locales en este caso concreto, ¿no participa en la conservación del ecosistema?
- ¿No cabe mejorar esos conocimientos locales mediante un mejor conocimiento de las dosificaciones recomendadas, de los efectos negativos (toxicidad específica) o de los efectos secundarios, nefastos a largo plazo, de algunas plantas?
- ¿No son complementarios los conocimientos del herborista o del curandero de los conocimientos teóricos y científicos adquiridos en la escuela?
- ¿Cómo favorecer la circulación del saber entre las generaciones?
- El valor que se atribuye a determinadas plantas en la práctica global del culto ¿no ha llevado a la población a proteger algunas zonas de poblamiento de esas mismas plantas?
- ¿Se trata de **sitios naturales sagrados**? ¿No cabría tomar ejemplo de esos sitios para la conservación del medio ambiente?

## C. El jardín que brinda protección y seguridad

Además de alimentos, medicamentos y elementos utilizados en rituales, las plantas suministran materiales que sirven para construir viviendas.

- ▶ Un tercer grupo de alumnos se interesará en esos vegetales que constituyen todas las formas de hábitat que han ideado los seres humanos en las montañas para protegerse de la crudeza o las intemperies del clima.
- ▶ Incluirán además las especies que producen fibras y cortezas útiles para fabricar mobiliario o confeccionar prendas de vestir, otra forma de protección física en el medio.

### 1. Efectuar una primera investigación

- ▶ El profesor invita a los alumnos a que se informen sobre los diferentes tipos de hábitats **vernáculos** de la región.
- ▶ La clase pregunta a miembros de la comunidad bien informados, hombres y mujeres, que poseen una experiencia reconocida en materia de pastoralismo, de actividad forestal, artesanal y semiindustrial, etc.

¿Pueden distinguirse varios tipos de hábitat entre los que los habitantes se desplazan en cada estación del año, de una altitud a otra en función de sus actividades? ¿Hay, por ejemplo, alternancia entre un hábitat temporal y un hábitat sedentario en función de las necesidades del pastoralismo?





77. Saucos escamondados,  
Fyang, Ladaj, India  
© UNESCO / Olivier Brestin



78. Almacenamiento de ramas de sauce,  
Fyang, Ladaj, India  
© UNESCO / Olivier Brestin



79. Techo tradicional de álamo y sauce,  
Fyang, Ladaj, India  
© UNESCO / Olivier Brestin

## 2. Clasificar las plantas útiles en la construcción y la ordenación de los hábitats

► Los alumnos se formulan las siguientes preguntas en función de los hábitats seleccionados:

### Entre los hábitats nómadas:

- ¿De qué está hecha la yurta o *ger*, frecuente en Asia central y tan utilizada por los nómadas en Mongolia? ¿Su armazón es de sauce o de alerce bajo la envoltura aislante compuesta por capas de fieltro? ¿El entramado vegetal que constituye el armazón está sujeto por cuerdas de crin de caballo o de origen vegetal? ¿De qué materia son las astas que forman la corona central? ¿Es desmontable, como la yurta kirguisa, que no lleva una lona sobre los revestimientos de fieltro y se puede secar fácilmente?
- ¿Las chozas de cazadores que se utilizan en las montañas del norte de Rusia siguen estando protegidas con un revestimiento de corteza de abedul?
- Los *gozs*, refugios móviles de los pastores del Annapurna (Nepal), ¿qué otras plantas asocian al bambú o al rododendro que se utilizan en la construcción?

### Entre los hábitats sedentarios:

- En las viviendas de las poblaciones nórdicas, como la *isba* rusa y siberiana o la *kota* finlandesa, ¿qué especies concretas de piceas, alerces y abetos de troncos rectilíneos se utilizan para edificar los muros con troncos superpuestos horizontalmente (la técnica del apilado horizontal, véase la foto 86, pág. 106)? ¿Qué especies se prefieren para las techumbres cubiertas de placas de corteza?
- La clase se concentra en otros tipos de hábitats sedentarios:
  - En las montañas de Europa occidental (Prealpes, Pirineos) y mediterráneas, donde se ha destruido dos terceras partes del bosque primitivo, se ha usado con frecuencia la piedra para edificar a grandes alturas. La mayoría de los edificios de montaña combina la asociación de piedras en los niveles inferiores con un armazón de madera. ¿Qué especies de árboles se han utilizado para las estructuras de madera, es decir, vigas horizontales incorporadas en los muros de piedra para reforzarlos? ¿Qué especies se han empleado para sustentar las pesadas cargas de los tejados de lajas (grandes losas esquistosas)? A veces, troncos enteros de piceas o de alerces.
  - En algunas regiones montañosas de Europa en que los bosques aún están diversificados, se siguen construyendo tejados tradicionales de tejas de madera que para resistir a la humedad necesitan maderas de gran calidad.

#### Ejemplos:

Se emplea madera de castaño para fabricar esas tejas en los Alpes (donde se llaman *essendoles*) y los centros de las mejores piceas en el Jura (*ancelles*); en el Tirol, se usa el pino *cembro*.

- ▶ Después de haber estudiado detenidamente algunos hábitats seleccionados, los alumnos clasifican en el panel las especies vegetales que los forman.
- ▶ Dividen la parte superior del panel en subpartes, cada una de las cuales representa un hábitat determinado y agrupa las plantas que le corresponden.
- ▶ Lo mismo que en los paneles anteriores, los alumnos dibujan cada vez un espécimen de la planta utilizada.

### 3. Representar un hábitat típico en el panel

- ▶ El grupo de alumnos se organiza y dibuja a gran tamaño un ejemplo de hábitat típico en la parte inferior del panel. Deciden hacer un croquis del mismo visto desde el exterior, visto desde dentro, o ambas cosas.
- ▶ Con ayuda de flechas y de anotaciones, indican claramente los vegetales con que se ha construido la casa.
- ▶ Ponen de relieve los detalles de construcción y de acondicionamiento, dibujan «primeros planos» de las capas del techado, la fabricación de los muros, el mobiliario, los puntos de anclaje y los vegetales empleados para unir los elementos entre ellos.

#### Ejemplo:

En la montaña tropical, en el Tami Nadu (India del Sur), el hábitat tradicional se caracteriza por un armazón de techumbre de madera de acacia o de eucalipto (madera dura) o de diferentes bambúes sujetos con mimbre (*Calamus pseudotenuis*) y recubierta de hierbas en gavillas cortadas y reunidas cuidadosamente (*Andropogon polypticus*).

### 4. Relacionar la vivienda adaptada al medio ambiente con los recursos naturales

- ▶ El profesor explica el gran partido que la población de las montañas ha sacado de las cualidades de las plantas ideando a lo largo del tiempo usos específicos, muy especializados, de los vegetales en la construcción y el acondicionamiento de los hábitats.

- En las montañas en torno al Mediterráneo, en el Canadá o en el Japón, se sabe aprovechar las cualidades de la madera de cedro.

De ese árbol se extrae una madera quebradiza, lo cual limita su uso para fabricar los armazones.

Ahora bien, como es imputrescible, se ha diversificado su utilización, ya sea en la construcción naval, para recubrir los muros externos de las viviendas o para los techados.

El aroma que desprende hace que sea muy apreciado en la fabricación de mobiliario suntuoso y funerario.

- En las montañas japonesas, las casas tradicionales o actuales reflejan la abundancia de especies que tienen gran cantidad de resina y esencia vegetal.

Esas viviendas poseen cierto grado de elaboración y de gestión sostenible de los recursos forestales al combinar especies y seleccionarlas para usos concretos en los detalles de la casa.

#### Ejemplo:

Las pantallas de maderas trenzadas que se usan en verano para separar las habitaciones son de cipreses ancestrales y sus entramados de varillas de madera dejan circular libremente el aire, al tiempo que lo perfuman.

- ▶ La clase puede, sin embargo, hacerse estas preguntas:

Si las poblaciones de las montañas saben sacar partido de las cualidades de la vegetación local, ¿quiere decirse que producen viviendas adaptadas al medio ambiente y a las condiciones del clima?

Por ejemplo, las viviendas japonesas, si bien hacen un consumo moderado de las especies forestales porque están formadas por estructuras livianas colocadas casi directamente sobre el suelo, ¿están bien adaptadas a las sacudidas sísmicas recurrentes que causa la actividad volcánica?

Además de la adecuada utilización de los recursos forestales, en un proyecto de construcción sostenible en la montaña entran en juego otros criterios...

- ▶ El profesor guía a los alumnos en su reflexión.

Esos criterios consisten en tomar en cuenta las curvas de nivel, la exposición y el relieve.



80

80. Labor de bajorrelieve en madera de magnolia, *Darjeeling*, India  
© UNESCO / Olivier Brestin

81. Bajorrelieve en madera de magnolia, *Darjeeling*, India  
© UNESCO / Olivier Brestin

82. Taller de un artesano maderero (abeto y sauce), *Château d'Oex*, Suiza  
© UNESCO / Olivier Brestin



81



82

83. Herramientas y calibradores en el taller  
*Château d'Oex*, Suiza  
© UNESCO / Olivier Brestin

84. Techumbre de establo de tejas de madera, *Monte Chevreuil*, *Château d'Oex*, Suiza  
© UNESCO / Olivier Brestin

85. Tejas de madera (detalle), *Château d'Oex*, Suiza  
© UNESCO / Olivier Brestin



83



84



85

Así pues, una vivienda bien implantada estará por lo general en un solana soleada, en un pitón rocoso en lugar de bajo él y será todo uno con la pendiente, es decir, que estará bien acomodada en ella, conectándose a altura del nivel con la pendiente por la parte trasera. Si forma parte de un pueblo, la trama de las viviendas será más abierta, más espaciada en el sentido perpendicular al viento y más apretada si las viviendas dan al viento.

## 5. Recapitular el empleo de los recursos forestales en la construcción de viviendas

► El profesor incita a toda la clase a reflexionar sobre la manera en que se recolectan y consumen localmente los recursos naturales vegetales, especialmente los forestales.

- ¿Es sostenible ese modo de recolección y consumo?
- ¿Concierne a las especies leñosas recolectadas para construir y acondicionar los hábitats?
- ¿Se extrae uniformemente madera para el armazón y la construcción, para actividades artesanales y para fabricar muebles y calentarse?
- ¿Bastan las reservas naturales de madera para atender esa demanda?

► El profesor explica lo siguiente:

Cuando la presión sobre los recursos crece regularmente a causa del aumento constante de la población sin que los recursos puedan renovarse, la deforestación es una grave amenaza para la región.

► El profesor invita a los alumnos a calibrar bien la situación local y compararla a otras situaciones en el mundo citando como ejemplos las viviendas seleccionadas y el modo de consumo de madera que entrañan.

¿En qué regiones del mundo la tala excesiva amenaza el frágil equilibrio que existe entre la población y la naturaleza?

**86.** Apilado horizontal y ensamblaje en cola de milano, isba rusa, *Reserva natural de Ilmen*, Rusia  
© Michel Le Berre

86



**87.** Chalets espaciados en la pendiente, *Château d'Oex*, Suiza  
© UNESCO / Olivier Brestin

**88.** Chalet construido en la curva de nivel, *Château d'Oex*, Suiza  
© UNESCO / Olivier Brestin



87



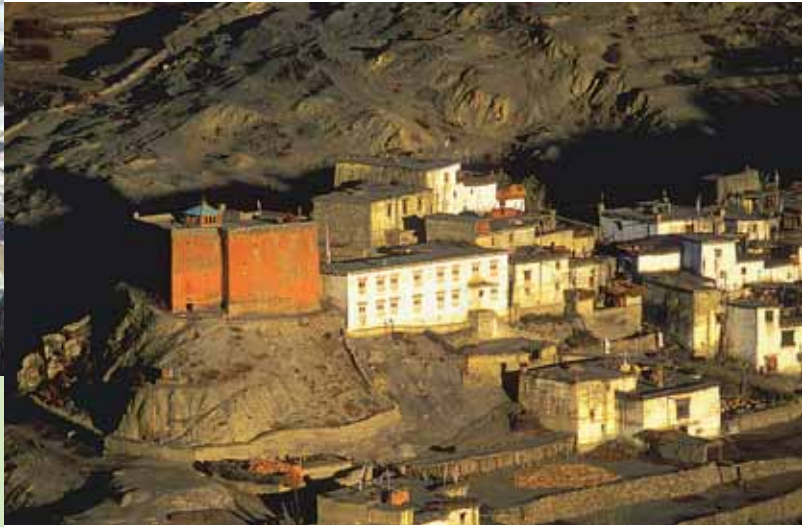
88



89

89. Les Arcs 1800,  
Saboya, Francia  
© Yann Arthus-Bertrand  
La Terre vue du Ciel, UNESCO

90. Aldea de Yomson,  
región de Mustang, Nepal  
© Yann Arthus-Bertrand  
La Terre vue du Ciel, UNESCO



90

### Ejemplo:

En Asia meridional y central, en el Hindu Kush, en la cordillera del Pamir, el Himalaya y en la India del Norte, a causa de la constante presión demográfica, se talan bosques dispersos a un ritmo sostenido para extraer **leña**, madera de construcción y, principalmente, para explotar nuevas tierras agrícolas.

En esas zonas, la cubierta forestal se vuelve muy insuficiente: ya no retiene el agua al nivel de los suelos, ya se trate del agua de lluvias estacionales pero intensísimas en zonas de monzón como la India, o del agua de deshielo que, en la montaña, transforma pequeños cursos de agua en torrentes de aguas llenas de fango y espumeantes.

En los dos casos, el resultado es catastrófico: la **deforestación** provoca inundaciones o corrientes de lodo, los suelos lixiviados se erosionan y se desecan, lo cual disminuye más la productividad.

► El profesor lleva a la clase a analizar y a argumentar:

- ¿Qué hay que hacer en las zonas frágiles para paliar la necesidad de utilizar los árboles como una fuente de ingresos inmediatos talándolos a un ritmo que impide su renovación?
- ¿No hay que diversificar los medios de existencia combinando la agricultura, el pastoralismo, la **agrosilvicultura**, la acuicultura de montaña, los productos de la caza y de la pesca, y tal vez la recolección de plantas silvestres cuando permita hacerlo la gestión de los poblamientos?
- ¿No hay que crear infraestructuras de transportes y de industrias para explotar y transformar localmente los muy diversos recursos de la silvicultura?
- ¿No se debe evitar construir viviendas utilizando los recursos vegetales y forestales para edificar muros y techumbres, y optar por una construcción de piedra y de cubiertas y argamasas minerales, de manera que se reduzca al mínimo el empleo de la madera?

► Ahora, los alumnos reflexionan de nuevo sobre los ejemplos de hábitat estudiados anteriormente:

- En las montañas boreales, la técnica de apilado horizontal que se utiliza en la construcción y que consume mucha madera, ¿no es característica de la arquitectura de regiones montañosas muy arboladas?
- Aunque, de las montañas canadienses a las de Siberia, el bosque boreal es inmenso, ¿no son cada vez más grandes las superficies que de él se explotan, pues ese bosque suministra más de la mitad de la madera para usos industriales que se tala en el mundo?
- El consumo de la madera necesaria para el apilado, más el derribo de los árboles con fines comerciales, las talas debidas a la explotación del subsuelo o el paso de **conductos**, ¿son compatibles con una explotación duradera del bosque?

► El profesor puntualiza lo siguiente:

- ¿No se basa la explotación intensiva del bosque en la explotación del crecimiento rápido de una o dos especies de coníferas seleccionadas, siendo así que sería posible aprovechar otras?
- ¿No se erradican variedades de especies (en particular, las caducifolias) para plantar una sola especie de crecimiento rápido como la picea?

► La clase concluye este cuestionamiento de las prácticas vigentes evaluando un último ejemplo de hábitat ya citado.

- ¿No es una carga demasiado pesada para las montañas europeas suministrar madera de cubierta para la fabricación de tejas de madera, por ejemplo?
- Los materiales de cubierta más recientes utilizados en la montaña, como las placas metálicas de aluminio, ¿no son menos onerosos? ¿No consumen menos recursos naturales? ¿No se puede edificar con ellos armazones más livianos? ¿No se consume así menos madera de construcción?

► Para concluir, el profesor invita a los alumnos a reflexionar sobre una gestión sostenible de los recursos forestales.

¿Qué medios hay de preservar el equilibrio natural de los bosques sin dejar de explotarlos?

– Primero, seguir manteniéndolos:

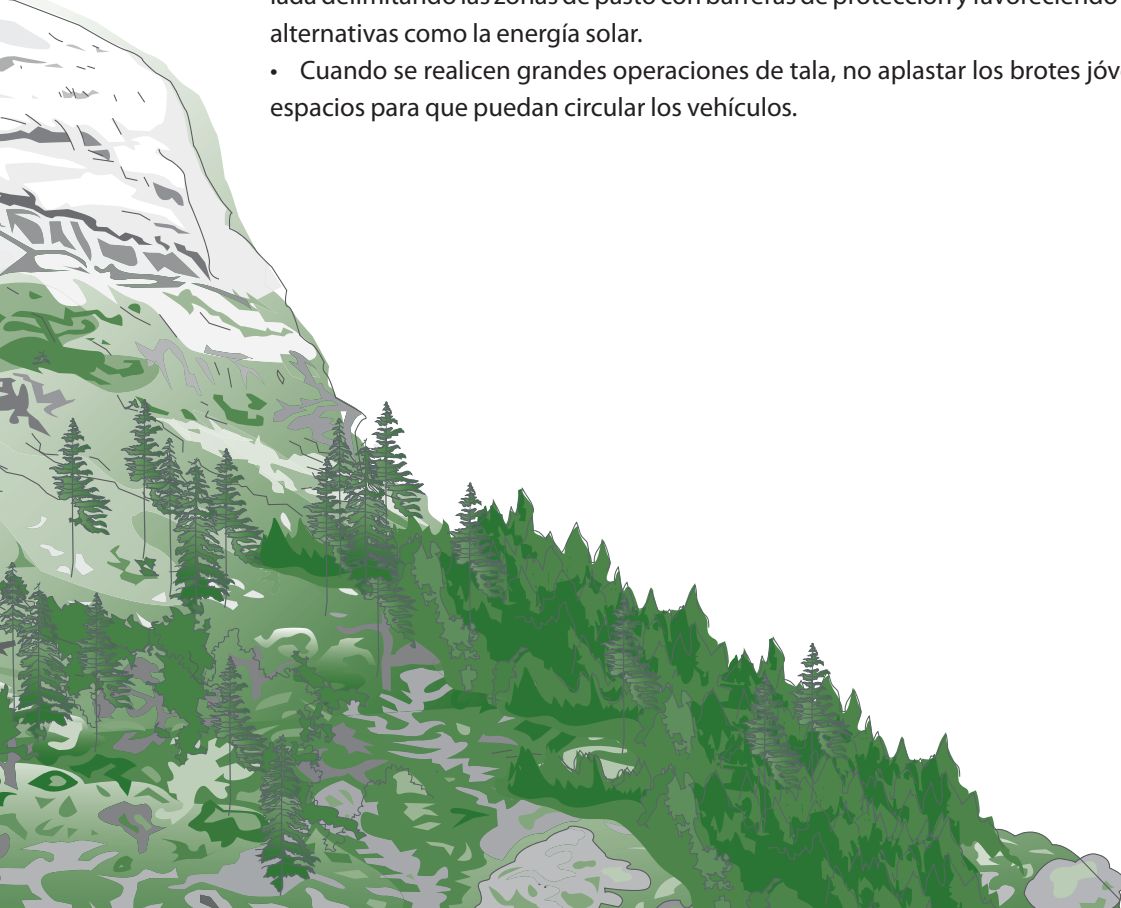
- Facilitar los brotes de las plantas jóvenes desbrozando regularmente, es decir, quitando los arbustos y matorrales invasores.
- Talar los árboles demasiado viejos, que se estén pudriendo o que estén dañados por los insectos.
- Replantar cuidando de favorecer que haya variedad de especies de árboles:

Muchas veces, la diversidad de las especies y la posibilidad de reemplazar una especie por otra hacen que los recursos locales puedan satisfacer numerosos necesidades concretas de la población.

– Luego, controlar las técnicas de tala:

- Para atender necesidades concretas, recurrir a la tala selectiva de los árboles elegidos y localizados de antemano o bien utilizar técnicas tradicionales de tala como el desrame controlado o la **poda** selectiva.
- Para las necesidades industriales y comerciales, practicar la tala por franjas cortando los árboles en unas porciones del bosque y preservándolos en otras en alternancia.
- Evitar talar los árboles verdes y los brotes jóvenes y protegerlos del ramoneo o de la recolección no controlada delimitando las zonas de pasto con barreras de protección y favoreciendo el empleo de fuentes de energía alternativas como la energía solar.
- Cuando se realicen grandes operaciones de tala, no aplastar los brotes jóvenes acondicionando accesos y espacios para que puedan circular los vehículos.

91



91. Niveles de vegetación en los Alpes: de montanaro (en la base) a subalpino, alpino y, por último, nival

Página de la derecha:  
92. Río Jacques Cartier, bosques y montañas, Canadá

© Yann Arthus-Bertrand  
La Terre vue du Ciel, UNESCO

93. Tala en el bosque, Mézenc, Francia

© Michel Le Berre








# 05 El jardín experimental

Nivel   
avanzado

Lugar   
en el exterior

Duración   
Durante varias estaciones del año, al ritmo del crecimiento de los vegetales, paciencia, paciencia...

## Objetivos

### 1. Descubrir el medio ambiente

Elaborar en el curso de varios años un jardín experimental que sea para toda la escuela un lugar de experimentación de buenas prácticas de jardinería, culturales y de gestión forestal que resulten útiles para la protección del medio ambiente, especialmente de los suelos, y en la lucha contra la erosión natural en las montañas.

### 2. Aptitudes

Adquirir una forma de competencia práctica y técnica del mantenimiento de los cultivos y de la agrosilvicultura y saber validar la experiencia personal en contacto con profesionales del medio ambiente.

#### Observaciones y sugerencias:

Para esta actividad se recomienda especialmente la formación de un equipo de varios profesores, provenientes tal vez de escuelas diferentes. Después de una iniciación a las bases generales de la protección del medio ambiente y de la conservación, los profesores elaboran un proyecto concreto de enseñanza a partir del jardín.

Cuidan de que en el núcleo del proyecto se inscriba el concepto de **desarrollo sostenible**, por referencia al **Decenio de la Educación para el Desarrollo Sostenible**, formando a los alumnos para que actúen a largo plazo, no solo en su propio beneficio, sino también en el de los alumnos y las generaciones del futuro.

El jardín experimental se concibe como complementario de proyectos experimentales o de iniciativas individuales de protección del medio ambiente puestos en marcha en diferentes lugares escogidos por los agentes locales. De ese modo, los alumnos de la escuela «navegarán» entre el lugar de experimentación que es el jardín experimental y espacios cultivados por los profesionales, a escala real, donde, si fuese posible hacerlo, pondrán a prueba la validez de sus conocimientos y sus experimentos.

94. Casa y jardín de guarda forestal, Reserva natural de Ilmen, Rusia  
© Michel Le Berre

95. Jardín en una plantación de albaricoqueros, Dah Hane, Ladaj, India  
© UNESCO / Olivier Brestin

96. Fresas silvestres del Himalaya (*Fragaria nubicola*), Sikkim, India  
© UNESCO / Olivier Brestin

97. Árboles frutales en flor, Comtat Venaissin, Vaucluse, Francia  
© Hélène Gille

98. Frutos de *Prinsepia utilis*, Lagohung, Sikkim, India  
© UNESCO / Olivier Brestin



96

97



98

## Etapas

### 1. Comprender e integrar las iniciativas locales de protección ambiental

- ▶ Los profesores se reúnen con los profesionales del medio ambiente, o sea, actores o personas con capacidad de adoptar decisiones localmente, agricultores, ganaderos, guardas forestales, personas con autoridad por su saber o personalidades influyentes, ingenieros, investigadores, estudiantes y educadores.
- ▶ El equipo docente se informa sobre las iniciativas puestas en marcha localmente de protección del medio ambiente, debidas a individuos o que hayan iniciadas como proyectos experimentales. Se refieren mayoritariamente a la protección, el mantenimiento y el enriquecimiento de la calidad de los suelos.
- ▶ Los profesores están bien informados acerca de los ecosistemas montañosos, caracterizados por suelos pobres, con frecuencia poco arcillosos en su parte superior, y de menor calidad:
  - Esos ecosistemas son moldeados por la naturaleza del terreno, las heladas y el frío, el grado de exposición a las radiaciones solares y la frecuencia de las precipitaciones; sobre algunos caen lluvias violentas y otros reciben poquísima lluvia, pero en cambio están cubiertos de nieve durante mucho tiempo y reciben el impacto de aguas de deshielo torrenciales como en las regiones áridas frías.
  - Por consiguiente, en ellos la formación de los suelos se desarrolla más lentamente a causa de las temperaturas negativas y de la lentitud del ciclo de vegetación de las plantas cuyos períodos de actividad y crecimiento se escalonan a lo largo del tiempo.
  - La capa de tierra superior de los suelos, que normalmente es nutritiva, está, pues, poco impregnada de humus, por lo general fino y que tarda en formarse, mientras que las pendientes facilitan la erosión.
- ▶ Los profesores asimilan que es esencial saber proteger y enriquecer la capa arable del suelo, esto es, esa capa superior que constituye su mejor parte.
- ▶ En ese ámbito, hay muy diversas iniciativas y los profesores toman cada una de ellas en consideración. Puede tratarse de:
  1. Formular algunos diagnósticos florísticos a partir de plantas indicadoras que permiten apreciar las cualidades de un suelo que está a gran altura.
  2. Saber fabricar y utilizar **compost** para revitalizar un suelo pobre o mantener su fertilidad.
  3. Sembrar abono verde en una tierra en barbecho; limitar de ese modo la erosión y el **encostramiento superficial** del suelo mejorando su estructura y asegurando el aporte de materias orgánicas y elementos nutritivos al cultivo siguiente.
  4. Favorecer la rotación de los cultivos alternando un cultivo típico de las zonas altas –raíces, tubérculos, cereales– con un cultivo de **leguminosas** que poseen la particularidad de fijar el nitrógeno del aire en el suelo y de hacer que esté a disposición de las demás plantas.
  5. Utilizar esa misma asociación de cultivos y de leguminosas de manera simultánea en las pendientes mediante sistemas de **cultivos intercalares** (*intercropping*) o de cultivos entre líneas (*alley cropping*).
  6. Regenerar un césped alpino degradado por el **sobrepastoreo** mediante técnicas adaptadas a la fragilidad del terreno: desbroce a mano, esparcimiento de abono (en algunos casos), esparcimiento de purín verde, utilización de *mulch* descomponible en los suelos muy degradados.
  7. Introducir la **agrosilvicultura** implantando especies leñosas para restaurar la fertilidad del suelo, por ejemplo, en los halos de cultivos sobre chamicera (en las zonas de las montañas tropicales o de Asia central fragilizadas por la deforestación).
  8. En general, mantener regularmente en buen estado los bosques y aprender a conocer mejor las especies de árboles disponibles y su distribución.
  9. Mantener los recursos forestales cuidando de la variedad de especies de árboles y, de ser preciso, replantando especies seleccionadas elaboradas en viveros.
  10. Saber elaborar un **vivero** y producir plantas jóvenes.
  11. Fomentar la valorización de los productos existentes de la silvicultura de montaña, como los productos de extracción, los productos de recolección y el cultivo de plantas compañeras.
  12. Efectuar plantaciones bajo cubierta arbolada.



99



101



100

99. Cultivos diversos en terrazas,  
*Chemdry, Ladaj, India*  
© UNESCO / Olivier Brestin

100. Arrozales,  
*Tashiding, Sikkim, India*  
© UNESCO / Olivier Brestin

101. Arrozales,  
*Dikchu, Sikkim, India*  
© UNESCO / Olivier Brestin

**13.** Mantener la presencia de árboles en los mosaicos de vegetación y los paisajes agrícolas tradicionales (ecosistemas de montañas mediterráneas o áridos) donde desempeñan una función ecológica de gran importancia fijando los suelos, suavizando el clima local y dando sombra a los cultivos.

► Los docentes reciben una formación de los profesionales del medio ambiente. Aprenden a identificar la flora silvestre local, fabricar compost y fertilizante líquido (purín verde), seleccionar semillas, realizar siembras, cultivar plantas y trasplantarlas, crear un vivero escolar, mantener en buen estado una parcela de bosque o comprender la gestión de una zona de arboricultura de frutales.

Ejemplo:

En el marco de las actividades realizadas por el sitio tunecino del proyecto **SUMAMAD** en el sureste del país (la Yeffara tunecina), un proyecto de investigación orientada a la acción emprendido por iniciativa del Programa **MAB** de la **UNESCO**, que facilita una estrecha colaboración entre las autoridades locales, los agricultores o ganaderos y los investigadores del **IRA** (Instituto de Regiones Áridas), cabe hacer que los actores de la comunidad que intervienen en él transmitan algunos conocimientos prácticos al equipo de profesores.

A menudo, unos facilitadores hacen de enlace localmente entre los investigadores y los agricultores, que muchas veces son padres de alumnos, que hacen labores de reforestación o de mejora de los pastos. Pues bien, esas personas pueden federar al grupo de los distintos asociados, explicar las razones que hacen que esté justificado crear el jardín experimental, e iniciar a los profesores en diferentes técnicas de elaboración de un mapa local de la vegetación, de un mapa de los suelos y en la plantación de especies forrajeras, ya sean plantas arbustivas locales o especies leñosas introducidas.

► Una vez formado, el equipo docente se reúne y elabora los ejes de acción del proyecto pedagógico vinculado con el jardín.

► Seguidamente, se reúne a los alumnos y se les informa del contexto local y de las iniciativas de la población en materia de protección de los suelos y mantenimiento de los ecosistemas.



102

102. Hombre plantando plantas jóvenes, Fyang, Ladaj, India  
© UNESCO / Olivier Brestin

103. Campos sembrados, Fyang, Ladaj, India  
© UNESCO / Olivier Brestin



103

► Con esa perspectiva, se informa a los alumnos de los diferentes temas de las acciones pedagógicas previstas basándose en el jardín, cómo se les va a iniciar a su vez a determinadas técnicas y luego emplazarán sus experimentaciones en situaciones reales y podrán escuchar los consejos y estudiar las técnicas de los profesionales.

## 2. Determinar la ubicación del jardín y efectuar un primer reconocimiento

► Todos los alumnos y los profesores, así como los profesionales del medio ambiente asociados al proyecto, determinan colectivamente el lugar en que estará el jardín experimental.

► El lugar no estará lejos de la escuela, pero prioritariamente arriba y reflejará, según cada región del mundo, las condiciones climáticas y ecológicas del macizo en que se halle.

### Ejemplo:

En las regiones templadas, se recomienda el ecotono entre el bosque y el césped por ser típico del medio montañoso de clima estacional (siempre que esté a una distancia razonable de la escuela).

En esa zona hay micromosaicos de vegetación que reflejan bien el clima variado, las temperaturas rigurosas de la gran altura, la amplitud térmica, la intensidad luminosa, la fuerte pluviosidad y la presencia del relieve que a esa altura desvía los vientos y perturba la distribución de las lluvias, creando impresionantes contrastes de un lugar a otro.

► El grupo de asociados del proyecto profundiza en las condiciones de implantación:

- El emplazamiento será una zona descuidada, que estuvo acondicionada antaño por los seres humanos, pero abandonada desde hace varios meses o varios años, en la que la naturaleza recupera sus derechos, donde crecen malas hierbas, **adventicias** y **plantas ruderales** que pueden bordear un camino, si lo hay, colonizan los taludes, los montículos de tierra, los aluviones de las pendientes, los escombros, etc.

- La zona será por otra parte suficientemente extensa y habrá en ella un contraste de medios; por lo menos dos medios diferentes, un medio abierto (por ejemplo, una antigua terraza expuesta al sur, un césped subalpino denudado y pedregoso, una pradera en la que abunden las especies y las hierbas altas, árboles quebrados por el viento o claro abierto en el canopeo (montaña tropical), zona de estepa a gran altura) y un medio cerrado

(sotobosque denso, zona forestal ocupada en parte por las malezas, pero en la que cohabitan diversas especies leñosas locales, depresión o valle monoclinal de nieve).

- Es interesante que la zona disponga de un punto de aguada (torrente, nacimiento de un manantial, lago de estepa, río de montaña, turbera, etc.) que esté relativamente próximo.
- Por último, la zona puede comprender un fragmento de terreno especialmente degradado, como una zona de césped sofocada por el sobrepastoreo, en la que la alfombra vegetal se rasga y hay un abarrancamiento pronunciado; o bien una zona de estepa de artemisas en la que sucede como si las gramíneas **vivaces** hubiesen sido saqueadas y sustituidas por cardos y gramas.

► Una vez tomadas en cuenta todas estas condiciones y después de una visita detallada de los lugares que podrían prestarse a acoger el jardín experimental, todos los participantes en el proyecto se ponen de acuerdo sobre la ubicación del jardín y determinan su perímetro exacto.

► Los alumnos, guiados por el profesor, efectúan un primer reconocimiento y un censo de las especies de plantas silvestres presentes en el lugar.

### 3. Efectuar algunos diagnósticos florísticos que permitan estimar las cualidades del suelo

► Tras ese primer reconocimiento, los alumnos solicitan los sagaces consejos de los poseedores de los conocimientos locales en materia de plantas silvestres indicadoras de la calidad del terreno.

► Informados por los profesores –los cuales han sido formados recientemente al respecto– de la relación que existe entre los poblamientos vegetales y las condiciones del medio, los alumnos buscan saber más sobre la cuestión.

► Visitan a agricultores de las zonas altas, que muchísimas veces saben designar, clasificar y caracterizar las plantas indicadoras.

Si bien es cierto que la indicación que dan las plantas solo es válida si existe por lo menos cierta cantidad de sujetos, está claro que un poblamiento refleja muchas veces los componentes minerales de un suelo (si es más bien calcáreo o silíceo), así como su tenor de nutrientes (exceso o carencia de materia orgánica, presencia de elementos nutrientes como el nitrógeno o el fósforo).

► Según la región en que vivan, los alumnos aprenden, por ejemplo, a localizar las plantas que indican un exceso de materia orgánica.

#### Ejemplos:

Cuando un pasto ha recibido demasiado abono a causa de la presencia regular del ganado, se advierte que hay un excedente de nitrógeno por los poblamientos de acónito común o de abrojos muy espinosos.

En otro lugar, en el suelo de una pradera situada a menos altura, un poblamiento muy denso, invasor, de dientes de león indicará asimismo un nivel de saturación de la materia orgánica, como al pie de una pendiente o cerca de escombros una saturación del suelo por el elemento hierro dará lugar a un poblamiento denso de ortigas.

► Los alumnos se familiarizan también con la función que cumplen las plantas silvestres que viven en las inmediaciones de los cultivos, y con frecuencia en ellos, salvo las zonas de agricultura intensiva donde son destruidas sistemáticamente y están amenazadas de extinción a causa del empleo masivo de herbicidas y plaguicidas.

#### Ejemplo:

Los agricultores de los Andes venezolanos que cultivan trigo conforme a un ritmo bienal se sirven constantemente de esas plantas para saber si, entre dos cultivos, la tierra se ha «empobrecido» o si sigue estando cargada de nutrientes, es decir, si sigue estando «alimentada». Así pues, la presencia masiva de una poácea como la barba de caballo (*Vulpia myurus*) alrededor de los cultivos o en ellos incitará al cultivador a dejar la parcela en barbecho y la tierra en reposo y, en cambio, la presencia de una fabácea, las más de las veces el altramuz o chocho (*Altramuzus paniculatus*), indicará una buena difusión y circulación del nitrógeno en el suelo y por consiguiente una fertilidad adecuada de la tierra.

► Guiados por el profesor e instruidos por los conocimientos de los cultivadores, los alumnos toman conciencia del interés de la flora local silvestre, de las **adventicias**, calificadas a menudo de «malas hierbas».

Impiden, por ejemplo, la erosión de los suelos y ayudan a estructurarlos:

Sucede, en efecto, que algunas plantas silvestres se implantan en suelos arcillosos, a veces muy delgados, de partículas muy juntas que dejan poco espacio al aire; contribuyen a airearlos con su poderoso sistema radicular, que utilizan también para subir agua y oligoelementos, y favorecen la implantación de nuevos vegetales.

Ejemplos:

Las matas de gordolobo, o cardo blanco (*Verbascum phlomoides*), de apio de monte (*Levisticum officinale*) o de acedera (*Rumex acetosa*), con su larga raíz pivotante que vuelve a salir en cuanto se la quiebra, también cumplen una función ecológica sosteniendo un talud y contribuyendo a impedir la erosión de la pendiente.

- ▶ Los alumnos comprenden la importancia de las **plantas mesícolas** que están asociadas a los cultivos.
- Esas plantas silvestres se han adaptado a los cultivos a lo largo del tiempo. Han sido explotadas desde que se descubrió la agricultura y se han desarrollado y diversificado con la evolución de las prácticas.
- Han viajado en los sacos de semillas, se han difundido y luego adaptado en numerosas regiones del mundo y al cabo de poco han influido en la composición de las flores locales.
- Se calcula que aproximadamente «un tercio de las plantas de flores de Europa central guardan relación con los diferentes tipos de agricultura tradicional»<sup>2</sup>.
- Hoy día, esas plantas adventicias tienden a desaparecer, como la amapola en las regiones templadas, porque la agricultura intensiva las erradica de los campos cultivados (su medio de origen).
- Pues bien, esas plantas son reservorios de biodiversidad; constituyen primero un capital único de genes y tan solo unas pocas especies (unas cuarenta en las regiones templadas) abrigan varios centenares de especies de insectos: dípteros, entre ellos los sirfos, predadores naturales de los pulgones, lo mismo que las mariquitas, o vaquitas de San Antonio, o las crisopas, etc.

104



104. Ejemplos de fabáceas de los Alpes: loto corniculado o zapaticos de la Virgen y regaliz alpino  
© UNESCO / Olivier Brestin

106. Amapola (*Papaver rhoeas*), planta de las cosechas o mesícola  
© Hélène Gille

105. Bellorita, planta de las cosechas o mesícola  
© Hélène Gille



105

2. Según el análisis de Georg Grabherr en su libro "Guide des écosystèmes de la terre". Les Éditions Eugen Olmar, 1999.



104



106



107

107. Labores agrícolas,  
región de Bagmati, Nepal  
© Yann Arthus-Bertrand  
*La Terre vue du Ciel*, UNESCO

108. Labores agrícolas,  
región de Gandaki, Nepal  
© Yann Arthus-Bertrand  
*La Terre vue du Ciel*, UNESCO



108

► El profesor invita a los alumnos a hacerse estas preguntas:

- Al abrigar a los predadores naturales de los animales destructores de cultivos, ¿no son esas plantas un medio natural de proteger los cultivos y de limitar la utilización en la agricultura de **insumos** artificiales cuyas consecuencias sobre la salud humana hasta ahora solo se han evaluado muy parcialmente?
- ¿No puede hacerse el mantenimiento de esas plantas sin perjudicar el rendimiento de los cultivos y efectuando varios tipos de expurgo en el momento de las cosechas?

► Guiada por el profesor, la clase reflexiona sobre los medios apropiados para mantener las plantas mesícolas: junto a los campos, en partes de parcelas, en franjas herbosas lindantes con los cultivos o, con prudencia, en los cultivos mismos. Así sucede en los sistemas agrícolas tradicionales de las montañas de numerosos países en desarrollo, donde no siempre se las elimina.

► Los profesores recuerdan que el jardín también tendrá una dimensión estética además de sus dimensiones científica y experimental.

La floración de las plantas mesícolas es un verdadero placer para la vista: las flores pueden estar muy juntas, la floración puede ser masiva y multicolor, y hará pensar en un parterre florido, o, por el contrario, estar más diseminada, en manchas de color en formaciones herbosas que ondulan al viento.

► Darán ocasión a realizar fotografías (según los medios de que se disponga), dibujos de colores, pinturas, investigaciones sobre el simbolismo histórico de las adventicias y flores silvestres en numerosos cultivos.

Ejemplos:

En las regiones templadas, el aciano de Francia, el cardo emblema de Escocia, el edelweiss símbolo nacional suizo.



109. Hombre abriendo surcos con un arado, Fyang, Ladaj, India  
© UNESCO / Olivier Brestin



110. Mujeres rastrillando la tierra, Phyang, Ladaj, India  
© UNESCO / Olivier Brestin



► Tras esta etapa de sensibilización a la flora silvestre, la clase lleva a cabo diagnósticos florísticos en el terreno del jardín.

¿Qué zonas están muy degradadas? ¿Qué plantas lo indican?

Ejemplo:

En un césped subalpino de vegetación rala, un poblamiento concentrado de cervuno (*Nardus stricta*) acompañado de algunas plantas de árnica (*Arnica montana*) hace que el suelo se haya vuelto ácido, a veces muy ácido. La erosión ha podido arrastrar las sales minerales y el suelo se ha descalcificado en la superficie

► ¿Se puede remediar esa situación y cómo? ¿Mediante la fertilización del suelo? (véase más abajo).

► Los alumnos seleccionan los especímenes vegetales que, colocados en puntos estratégicos del jardín, cumplen funciones ecológicas. Deciden conservarlos.

► En otros puntos, en cambio, en las zonas reservadas a los futuros cultivos, emprenden meticulosos deshierbados a mano y la preparación de la tierra.

► En cuanto a la flora existente, determinan el emplazamiento de las franjas herbosas que acogerán las siembras complementarias de plantas mesícolas o **melíferas**.

► Por último, desbrozan colectivamente la zona arbolada.

#### 4. Realizar labores de mejora de los suelos con miras a su cultivo

► En función de los diagnósticos acerca de la calidad de los suelos y de los consejos de los especialistas, la clase puede decidir sembrar un **abono verde** en las tierras reservadas a los cultivos.

¿En qué consiste un abono verde?

- Se trata del cultivo temporal de una planta de crecimiento rápido, que se ha elegido en función del estado del suelo, para mejorar su capacidad de cultivo.

- Por ejemplo, en un suelo erosionado, apretujado pero profundo, sembraremos una planta de raíces profundas que penetrará en la tierra, la aireará y la estructurará.

- Luego, en función de la riqueza del suelo en nutrientes, elegiremos una planta que retenga los nutrientes excesivos, como el centeno, que absorbe los excedentes de **nitrógeno**, o una planta que, por el contrario, enriquezca el suelo en elementos nutritivos, como una leguminosa tipo alfalfa o trébol de los prados, que fija el nitrógeno del aire en el suelo mediante su poderoso sistema radicular que lo distribuye por la tierra, lo sube a la superficie y hace que esté a disposición de las demás plantas. De hecho, lo que sucede es que unas bacterias (*Rhizobium*) invaden las raíces profundas de esas plantas, incluidos los frijoles y los guisantes, y forman en ellas unos nódulos que fijan el nitrógeno, el cual es incorporado a las proteínas de la planta, que lo difunde por sus raíces.

► Los alumnos se familiarizan con las técnicas de siembra viendo cómo trabajan los agricultores y, según las regiones, siembran su abono verde voleándolo.

Ejemplos:

Se puede utilizar mijo en el África oriental, en la India y en Nepal en suelos arenosos y pobres; centeno en las tierras pobres y frías y los suelos ácidos de Asia central.





111. Pareja labrando y sembrando,  
Korzok, Ladaj, India  
© UNESCO / Olivier Brestin



112. Siembra de cebada al voleo,  
Korzok, Ladaj, India  
© UNESCO / Olivier Brestin

- Una vez crecida la planta, los alumnos la entierran, tarea para la que pedirán ayuda mecánica a los cultivadores. El abono verde tiene que ser enterrado, y así se añade una capa de materia orgánica en la superficie y se produce humus favorable a su estructura.

Ejemplo:

Si el abono verde elegido es la mostaza (*Sinapis alba*) que se cultiva en las montañas del Cercano Oriente, habrá que enterrarla antes de que aparezcan las semillas que, si no, se diseminarán y la planta proliferará como una adventicia.

- Colectivamente, la clase enumera e integra todos los factores que incitan a utilizar un abono verde:
  - Permite, entre dos cultivos, cubrir el suelo que, en caso contrario, estaría expuesto a la erosión causada por los elementos y a la lixiviación que causan las lluvias: lixiviación de los nutrientes y pérdida de fertilidad, lixiviación de los nitratos hacia las aguas y contaminación importante.
  - Un abono verde permite también mantener abierto el suelo, impedir que se compacte por efecto de las repetidas heladas, los rayos del sol o el pisoteo del ganado.
  - Permite, por último, ocupar el suelo y evitar la proliferación de las adventicias, que en las montañas invaden con gran rapidez un terreno a causa de la humedad.
  - Ahora bien, la principal virtud de un abono verde es que equilibra el tenor de un suelo en nutrientes y que muchas veces asegura un aporte de elementos nutritivos al cultivo siguiente.

- Teniendo esto en cuenta, la clase también puede preferir emplear un **compost** para fertilizar la superficie que piensa plantar o sembrar.

Para ello, los alumnos habrán aprendido la técnica de la fabricación de compost varias semanas antes:

- Hacen un gran hoyo no lejos de la escuela y de donde esté el jardín.
- Van echando en él restos provenientes de las labores de jardinería y de cocina: cúmulo de hojas secas, mondaduras de frutos y de verduras, «malas hierbas» salvo las plantas muy resistentes, por ejemplo, la grama, las hierbas cuyas semillas han crecido y especies decididamente venenosas, o peligrosas pero frecuentes en la montaña, como el anapelo, el astrágalo, la cicuta o perejil lobuno, los eléboros, la digital, etc.
- Añaden excrementos de cabras y de ovejas y boñigas de ganado mayor. Pueden completar la mezcla añadiendo paja proveniente de cosechas, tapan todo con una capa de tierra y lo dejan reposar durante varias semanas.
- Los profesores enseñan a los alumnos a remover y regar el montón regularmente para que todo se descomponga.
  - Al cabo de algún tiempo se obtiene un excelente compost.
- Justo antes de sembrar cultivos, los alumnos esparcen el compost sobre la superficie que van a sembrar. Primero, remueven la capa de tierra superior, para airearla, y la mezclan a partes iguales con el compost que han preparado.

113



113. Aldea de montaña, provincia de Cauca, Colombia  
© UNESCO / Pierre A. Pittet

114. Terrazas de piedra, Pisac, Perú  
© UNESCO / Georges Malempré



114

115. Cultivo de ágaves, región de Valles, Jalisco, México  
© UNESCO / Carlos Tomas



115

116. Mujer trillando cebada, región del Altiplano, Bolivia  
© UNESCO / Pierre A. Pittet



116

► La clase será bastante prudente al utilizar abono en una tierra que se puede regenerar o enriquecer por otros medios, por lo menos en un primer momento.

Esparcir estiércol de granja perturba considerablemente la composición de la tierra y más vale saber de antemano si el suelo ya está o no cargado de materias nitrogenadas, para no crear una sobrecarga.

Si los alumnos tienen que mantener o enriquecer una zona de pradera que a su juicio está relativamente degradada o que han segado previamente, pueden llevar a pastar a ella a bovinos, después de haber efectuado diagnósticos precisos del estado de su suelo y sin hacerlo con demasiada frecuencia.

► En un césped decididamente degradado, otra manera de mejorarlo puede consistir en esparcir un purín verde cuando «arranca la vegetación», en general en primavera en el hemisferio norte.

► Para preparar purín vegetal en las regiones templadas, los alumnos pueden utilizar una planta como la consuelda (*Symphytum officinale*), que es rica en potasa, y efectuar previamente cultivos de la planta.

Con sus raíces, la consuelda desciende a gran profundidad por el suelo, de donde extrae valiosos elementos minerales (potasa y también calcio y oligoelementos) inaccesibles a las demás plantas y que luego almacena en la masa de sus hojas gruesas y velludas.

► Los alumnos prevén 1 kg de materia fresca por cada 10 litros de agua; dejan macerar la mezcla en función de la temperatura exterior (unos pocos días sólo si hace mucho calor), la remueven para ayudar a la maceración y detienen el proceso antes de la putrefacción (que indicarán unas señales claras). Luego filtran la mezcla para retirar el grueso de la materia, recuperan un líquido muy espeso y esparcen el purín.

► Según la región en que vivan, utilizarán plantas locales apropiadas.

Ejemplo:

En el nivel subandino o en el de los pastos de montaña siempre verdes del páramo, los alumnos recolectan una planta de materia abundante, el jugo de cuyas hojas posee principios activos similares.

## 5. Establecer los cultivos e implantar la asociación con leguminosas

► Una vez mullido y enriquecido el terreno reservado a los cultivos, los alumnos siembran o plantan los cultivos. No dejan nada al azar:

► Escuchando e integrando los consejos de los profesionales, los alumnos tienen en cuenta el clima local y aprenden a conocer «las buenas exposiciones» para implantar sus cultivos.

El frío de las grandes alturas puede, por ejemplo, frenar el ritmo del ciclo de vegetación e imponer un cultivo cada dos años, como sucede con el cultivo del trigo hasta unos 3.000 m, o a veces 3.500 m, en los Andes centrales.

► La clase elige el mejor período para sembrar la tierra. En función del rigor de las heladas invernales y del nivel de altitud, teniendo en cuenta la distribución de las lluvias, alumnos y profesores realizan siembras voleándolas desde septiembre a marzo, según las regiones del mundo.

► La clase aprovecha la experiencia irremplazable de los cultivadores, como los campesinos andinos que conocen a fondo los **gradientes** ecológicos y los microclimas vinculados al escalonamiento de las pendientes y que diversifican muy bien los cultivos en sus terrazas escalonadas.

Ejemplos:

A una altitud elevada de las montañas peruanas y bolivianas, la quinoa se puede cultivar dos veces al año. Planta de ciclo corto, resistente a la aridez del invierno y a una helada moderada, se puede sembrar en otoño y, si las lluvias son frecuentes, una segunda vez el mismo año.

El amaranto (*Amaranthus palmerii* o *Amaranthus caudatus*), planta hortense cuyas hojas se consumen como espinacas, se suele sembrar en los Andes después de las lluvias, en marzo. Bien adaptada al microclima de montaña, sembrada en surcos poco profundos, es una planta fácil de cultivar a mano e ideal para los jóvenes jardineros del jardín experimental. Da resultados espectaculares, grandes hojas y largas espigas y se presta a diversos usos: semillas tostadas, verduras o en la tortilla.

117



117. Arrozales en terrazas, Ambohimanga, Madagascar  
© Michel Le Berre

118. Diversos cultivos en invernadero, Baños, Ecuador  
© UNESCO / Alison Clayton



118

119



119. Pastos de montaña de región seca, Irán  
© Thomas Schaaf

120



120. Rebaño de borregos, Achinazang, Ladaj, India  
© UNESCO / Olivier Brestin



121

121. Laderas desnudas y arboladas, Kirguistán  
© Thomas Schaaf

122. Beduinos junto a su carpa, Reserva de Biosfera de Dana, Jordania  
© Thomas Schaaf



122

- ▶ Los alumnos se divierten cultivando cierta diversidad de las plantas de montaña, especialmente manteniendo especies rústicas como el teocintle, el amaranto, el altramuz, la quinoa o, en otros lugares, el ricino, la espelta o el cardamomo.
- ▶ También pueden salir del perímetro del jardín y convertirlo en «itinerante» circulando entre los niveles de la pendiente para iniciarse a diversos cultivos.
- ▶ Además de sembrar, aprenden a plantar... un cultivo de matas de tomates, por ejemplo, espaciando las matas y los tutores según el tamaño de las especies.
- ▶ Luego integran algunas plantaciones en el jardín y deciden las siembras y plantaciones en función de la altitud del jardín.
- ▶ Si, a pesar de haber preparado los suelos, los cultivos tienen dificultades para implantarse, el profesor invita a los alumnos a utilizar determinadas técnicas para reforzarlos.
- ▶ De ese modo se aprende a asociar los cultivos de cereales (trigo, cebada, maíz) con cultivos de leguminosas (alfalfa, trébol de los prados, altramuz en América Latina) para que los cereales se beneficien permanentemente del aporte nitrogenado de las leguminosas.
- ▶ Esos cultivos adoptan la forma de franjas que se intercalan en las parcelas. No son cultivos intercalares a lo largo del tiempo (como pasaba con el abono verde), sino **cultivos intercalares** en el espacio.

Cuando vayan a sembrar, los alumnos tendrán buen cuidado en separar y diferenciar las franjas al tiempo que las alternen. Las raíces más profundas de las leguminosas hacen subir la humedad y las sales minerales del subsuelo y difunden el nitrógeno que de ese modo está a disposición de las raíces menos profundas, superficiales, de los cereales.

► Otra manera de efectuar esa asociación es que la clase realice cultivos en pasillos. Se efectúan los mismos pasillos de cultivos anuales de cereales, pero esta vez entremezclados con setos de leguminosas arbustivas como las especies del género *Calliandra* (*Calliandra calothyrsus*), la lengua de ciervo, o roaga (*Parkia biglobosa*) o el frijol de palo, o gandul (*Cajanus cajan*).

► Los arbustos compartimentan los cultivos en pasillos y los alumnos los podarán regularmente para fertilizar esos cultivos por encima, alfombrando la superficie del suelo.

Los cereales tienen así una doble fuente de alimentos: los nutrientes del suelo que integran sus raíces y los minerales que se liberan cuando se descomponen las hojas de leguminosas en la superficie.

► Para la clase es interesante utilizar leguminosas arbustivas en lugar de herbáceas porque son plantas vivaces que se mantienen a lo largo del tiempo.

Año tras año, los alumnos alternarán los cultivos asociados al pie de las leguminosas: un año serán cereales; al año siguiente, raíces (remolacha azucarera), el año después, tubérculos (papa).

► Con esa misma idea de proteger los cultivos bajo una cubierta vegetal muerta que se descompone, los alumnos pueden utilizar la técnica del *mulch*.

► En particular en las zonas de montañas áridas y muy marcadas por la erosión, los jóvenes aprenden el gesto de disponer *mulchs* descomponibles sobre o entre las filas del cultivo.

Constituida en gran parte por paja, residuos de cosechas, bálagos de gramíneas como la *Aristida sp.* en la estepa, y otros elementos vegetales muertos como agujas de pino, hojas secas, virutas de madera o de corteza, esta cubierta descomponible enriquece la capa de humus y, principalmente, mantiene húmedo el suelo mucho tiempo, suministrando a las plántulas jóvenes la humedad que necesitan y disminuyendo las necesidades inmediatas de agua de riego.

## 6. Cuidar y sacar provecho de la zona arbolada

► En la última parte de estas actividades, los alumnos se concentran en la zona arbolada del jardín experimental. La observan atentamente.

¿Está descuidada la zona? ¿Degradada? ¿Refleja esta situación un estado de sobreexplotación local del bosque?

¿Una falta de gestión del potencial de los recursos forestales?

123. Investigador ante una hilera de *Atriplex Halimus* entre un cultivo de cebada, Valle de Janasser, Siria  
© Thomas Schaaf



124. Cultivos intercalares, Valle de Janasser, Siria  
© Héléne Gille





125



126

125. Locales de recepción de visitantes, *Reserva de Biosfera de Dana, Jordania*  
© Thomas Schaaf

126. Vegetación mediterránea *Reserva de Biosfera de la Cuenca Alta del Río Manzanares, España*  
© Thomas Schaaf

127. Romero y tomillo en flor, macizo de *Luberon, Provenza, Francia*  
© Hélène Gille



127

► El profesor inicia un debate argumentado con profesionales de esas cuestiones.

Ejemplo:

La presión que ejercen las poblaciones sobre los bosques de frutales de Asia central (Kirguistán y Kazajstán) es muchas veces demasiado fuerte para que esos bosques puedan regenerarse naturalmente.

Primero fueron sobreexplotados para obtener leña y materiales de construcción, siendo así que su superficie es demasiado reducida para cubrir las necesidades de los países. Cuando el aprovisionamiento de madera de construcción se ha realizado en otros lugares, se ha seguido quemando, desbrozando y transformado en tierras agrícolas los bosques para satisfacer las necesidades inmediatas de una población creciente. Hoy día, esos bosques son objeto de sobrepastoreo. Se lleva a pastar a los rebaños de ovejas y el ganado mayor a los sotobosques y se siega el heno de gran parte de los pastizales forestales. Además, al no existir una verdadera política de gestión concertada, se extraen los recursos frutales (especialmente las nueces) de manera exhaustiva, sin dejar regenerarse a los árboles.

► En todas las regiones montañosas en las que se queman bosques para transformarlos en pastos o en tierras cultivables, se invita a los alumnos a reflexionar sobre la viabilidad de esta práctica...

En la montaña tropical, en los bosques de gran altura africanos, se considera sostenible el cultivo itinerante sobre chamicera por la rapidez con la que se regenera la vegetación, pero cabe preguntarse si es cierto.

Cuando se talan los árboles y los suelos quedan expuestos a las lluvias, ¿no se pone de manifiesto la fragilidad de la tierra, que se vuelve estéril al cabo de poco tiempo? ¿No crean los espacios de intrusión de los seres humanos en el bosque, cuando convergen, halos de implantación y más tarde cintas de deforestación que acarrear la fragmentación de los macizos?

- ▶ Guiada por los especialistas de los servicios forestales, la clase efectúa un reconocimiento local de las principales especies de árboles de bosque.

Se da la preferencia a las especies que representan una fuente de ingresos para la población; las que permiten explotar los productos de la silvicultura.

Ejemplos:

Cabe citar las numerosas especies frutales de las montañas de Asia central, de los nogales dominantes a los manzanos silvestres; el alcornoque o el roble de Kermes de las garrigas mediterráneas, el arce azucarero de las montañas canadienses, el arganero del Atlas, el abedul de la taiga, el palo de vaca (*Brosimum galactodendron*) de los Andes venezolanos.

- ▶ Los alumnos estudian atentamente los hábitats de esas especies.

¿Qué ladera ocupan? ¿Con qué exposición? ¿Cuáles son sus plantas compañeras? ¿Las especies arbustivas que constituyen el subnivel? ¿Las especies herbáceas del suelo? ¿Qué fauna abrigan esas especies?

- ▶ De vuelta al espacio del jardín, los alumnos se encuentran de nuevo con algunas especies y llevan a cabo medidas de protección y mantenimiento de la zona arbolada.

Después de realizar colectivamente el desbroce, la clase percibe mejor el espacio de que disponen las especies para crecer.

¿Cómo se desarrollan los especímenes de la especie principal? ¿Han aprovechado bien las cualidades del medio? ¿Han logrado crecer en abundancia, majestuosamente?

- ▶ Despejando el terreno, los alumnos sacan provecho de las especies compañeras, los arbustos que crecen en el subnivel y acompañan a las especies principales en su crecimiento.

Ejemplos:

En los bosques de abedules de las regiones montañosas de la taiga, se trata por lo general de alisos y sauces.

Bajo los majestuosos nogales de las montañas de Asia central (*Juglans regia*), encontramos variedades de arces (*Acer turkestanicum*, *Acer semenovii*), ciruelos, almendros y pistacheros.

- ▶ Después de estudiar a fondo las especies existentes y su **amplitud ecológica**, la clase, guiada por los especialistas, decide enriquecer la parcela velando por la calidad y la diversidad de las especies de árboles.

Para ello, los alumnos seleccionan y trasplantan plantas que han obtenido en un **vivero** escolar.

- ▶ En cuanto al tiempo necesario, el profesor sabe que las siembras de semillas en vivero se realizan meses antes de la fecha del **trasplante** en plena tierra.

128. Agricultor con un plantón de *Atriplex Halimus*, Valle de Janasser, Siria  
© Thomas Schaaf



129. Producción de plantones en saquitos en el vivero, Valle de Janasser, Siria  
© Hélène Gille



► Primero, se ha recolectado las semillas: para los árboles de carozos, tipo cerezo y ciruelo de la familia de las rosáceas, se ha conservado los huesos o carozos de los frutos; para los nogales, se ha retirado las cáscaras de las semillas para que tengan las máximas posibilidades de germinar y se siembran todavía frescas, no se deja que se sequen.

Para otras especies fertilizantes –si los alumnos desean introducir las para mejorar el terreno–, se recolectan, por ejemplo, semillas maduras de acacia extrayéndolas de vainas de acacia machacadas.

► Luego, los alumnos llevan a cabo la siembra directamente en tiestos o en bolsitas de polietileno.

Los tiestos son macetas de terracota de una decena de centímetros de diámetro; las bolsitas tendrán unos 40 cm de largo, pero, aunque son menos caros, pueden ser contaminantes.

► Los alumnos habrán preparado antes la mezcla fértil que contendrán las macetas, integrada por arena y mantillo, lo más desintegrada que sea posible. El mantillo está formado por partículas de rocas erosionadas: arcilla, **limo** y arena, mezclados con el humus (materia orgánica descompuesta).

Pueden enriquecer ellos mismos el tenor del terreno en humus añadiendo compost (véase más arriba).

► Dejan los tiestos en un terreno llano, protegidos de un soleamiento demasiado fuerte y del viento.

► Cuando aparecen los primeros brotes, los aflojan: solo se conserva el más vigoroso en cada tiesto y se eliminan las «malas hierbas».

Para que alcancen de 30 a 40 cm de altura y desarrollen un sistema radicular abundante, los alumnos riegan por turnos y regularmente las plantas.

► Cuando se decida poner un nuevo árbol o un arbusto en un lugar concreto, los alumnos desbrozan el perímetro y excavan un hoyo bastante grande (de hasta 50 cm de profundidad para un arbusto y 80 cm para un árbol). Dejan el agujero al aire libre varios días para airear el suelo en profundidad.

► Ayudados por los profesores, enriquecen luego la tierra que se ha sacado del hoyo. La limpian de guijarros y demás clastos y fragmentos vegetales y la mezclan en partes iguales con el compost que han preparado. El día de la plantación, echan un poco de esa tierra al fondo del agujero para que forme una pequeña cúpula.



130

130. Cerezos en flor y sistema de riego, Vaucluse, Francia  
© Edmond Boyeldieu

131. Escamonda de cultivos de cerezos, Vaucluse, Francia  
© Edmond Boyeldieu



131





132. Bosque de abedules y estrato en el suelo de helecho águila, Raskuija, Ural, Rusia  
© Michel Le Berre

- ▶ Sacan la planta del tiesto dando golpecitos a este, humedecen el terrón, desenredan las raíces y colocan la planta en medio del hoyo, erguida, disponiendo las raíces sobre la tierra todo alrededor. Los profesores cuidan de que la parte superior de las raíces del árbol o del arbusto esté a unos diez centímetros de profundidad.
- ▶ Acto seguido, la clase se ocupa de terraplenar; apisonan el suelo con la mano o el pie sin compactarlo demasiado. Por último, se excava una pequeña cubeta al pie del árbol y se riega abundantemente (unos 10 litros).
- ▶ Ahora bien, habrá que esperar varios años hasta cosechar los frutos del vergel, hasta probar las almendras, los pistachos, las cerezas, las ciruelas y las nueces.
- ▶ De la misma manera, la clase esperará hasta obtener sujetos adultos para sacar la abundante savia del arce y extraer de ella azúcar o para efectuar sangrías de abedul y sacar una bebida azucarada y acidulada.
- ▶ Así, a lo largo del tiempo, antes de sacar provecho de los frutos del jardín, la clase desarrollará un verdadero método de gestión...
  - Mantenemos y fertilizamos regularmente la parcela para facilitar el brote y el crecimiento de plantas jóvenes;
  - Aislamos una parte que se podrá explotar rápidamente por sus especies leñosas forrajeras cuyo follaje cortamos.
  - No perturbamos la cubierta forestal del huerto y su medio sombreado indispensable para la reproducción sexual durante las primeras floraciones.
  - Cuando aparezcan los primeros frutos o hagamos las primeras extracciones de sustancias, nos limitaremos a efectuar tomas pequeñas en los sujetos jóvenes.
  - Observaremos períodos en los que no haremos extracciones y conservaremos íntegramente el vergel, dejando tiempo al brote natural para que repose.

Recolección de resina de conífero



► La clase tiene tiempo de aprender de los profesionales los gestos y técnicas indispensables para explotar el jardín.

¿Cómo efectuar una sangría en un árbol sin perjudicarlo?

¿Cómo extraer el azúcar de la savia?

¿Cómo **escorchar** cortezas, esencialmente del alcornoque (*Quercus suber*)?

¿Cómo extraer taninos vegetales?

¿Cómo extraer la resina de coníferas (para fabricar aceites esenciales)?

¿Cómo recolectar frutos sin estropear las partes de la planta que son vitales para su crecimiento futuro? ¿Cómo mantener el estrato en el suelo de un bosque de abedules manteniendo o enriqueciendo un poblamiento de arbustos frutales (tipo arándanos)?

¿Cómo mantener un poblamiento de plantas aromáticas con abundantes aceites esenciales al pie de robles de Kermes (*Quercus coccifera*) recientemente implantados?

¿Cómo transformar una alfombra densa de plantas compañeras herbáceas en verdaderos cultivos? ¿De acteas, o yezgos, o de trilio blanco bajo arces, de *Collinsonia* del Canadá o «curalotodo» (*Collinsonia canadensis*) bajo los robles de los Apalaches?

► Los alumnos aprenderán de ese modo a explotar los productos forestales no leñosos.

► Adquieren algunas técnicas de extracción o de producción de pequeñas cantidades de goma, resina, fibra, aceite, miel o corcho, según los casos. Cuando no pueden realizar por sí mismos el seguimiento de la fabricación, delegan la producción a socios externos.

► En todos los casos, una vez conseguidos determinados resultados, la clase invita a los asociados al proyecto, agricultores e investigadores, a degustar y probar los productos acabados obtenidos.

► Al cabo de años de intercambios, consejos y transmisión de pericia, la escuela demuestra por medio del jardín que es capaz de realizar una gestión operante y ecológica del territorio.

► Entonces se puede abordar las cuestiones relativas a la estrategia de desarrollo:

Cómo, por ejemplo, el hecho de diferenciar zonas reservadas, de distinguir una zona de pasto de una zona de desarrollo de los recursos forestales puede ser muy beneficioso para la comunidad y demostrar toda la calidad de una producción diversificada.

### 133. Bosque de pinos silvestres

Raskujja, Ural, Rusia

© Michel Le Berre





## Capítulo 3

# Preservar los recursos hídricos



## 01

# Fuerza, flujo y transparencia: el agua en la montaña

Nivel   
inicial

Lugar    
en el aula  
y en el exterior

Duración   
3 sesiones

## Objetivos

### 1. Descubrir el medio ambiente

Mediante el empleo y la manipulación de la acuarela, poner a prueba y realizar las cualidades físicas del agua, como su capacidad de escorrentía y de escurrimiento y su transparencia.

Utilizar esos ejercicios para interpretar la acción erosiva y el color del agua en el medio ambiente.

### 2. Conocer y comprender

Mediante el estudio del agua en el paisaje, los alumnos abordan los recursos naturales –las capas superficiales o subterráneas– en el contexto temporal y espacial del ciclo del agua.

## Etapas

### 1. Poner de relieve las cualidades físicas del agua utilizando la pintura

El agua es el elemento que estimula o «despierta» nuestros sentidos.

► En el aula, oralmente, los alumnos precisan su experiencia de las cualidades sensoriales del agua en las montañas.

Distinguen varios momentos de contacto con el agua en estado sólido o líquido: nieve, hielo, escarcha, torrente, arroyo, etc., y describen sus sensaciones.

Ejemplos:

- Escuchar el apisonamiento y el crujido de los pasos en la nieve;
- Rozar la fina pelusa de cristales de la primera capa de nieve;
- Observar de cerca los motivos decorativos de la escarcha en una superficie fría (vidrio, espejo);
- Constatar el sabor mineral y la blancura del agua del torrente turbulento cuando se forma en la base de un glaciar;
- Contemplar la belleza y la fertilidad de un torrente de gran altura, cuando, después de una cascada, se ensancha su lecho y forma un estanque, una fuente, una «marmita de gigante», o *kettle*, rodeado por piedras cubiertas de musgo, recorrido por insectos, bordeado por una abundante vegetación ribereña y poblado por minúsculos crustáceos o gasterópodos en el fondo.
- Observar las nubes que se alzan con las corrientes ascendentes;
- Sentir la humedad de una zona de turberas cuando cae la tarde;
- Escuchar el agua del arroyo que se escurre, desciende la pendiente, elude los obstáculos y rebota en cascadas;
- Escuchar el bramido demente de un torrente de agua de deshielo que arrastra clastos y bloques de roca enormes;
- Escuchar el estrépito de un muro de agua que se acerca a un embalse de retención (hidroeléctrico) o a saltos de agua concentrados.

► Los alumnos examinan la relación ambivalente que sostienen con el agua los habitantes de las montañas. Es un recurso extraordinario, puro, límpido, oxigenado. Los macizos montañosos son arcas de agua en donde nacen y se concentran enormes reservas y cantidades de agua que difunden a lo largo de las pendientes a los habitantes de los pueblos y aldeas.



1



3



2

1. *Río Verzasca* (remolino)  
*Valle Verzasca, Tesino, Suiza*  
© UNESCO / Olivier Brestin

2. *Torrente de gran altura*  
(cascada)  
*Puerto del Simplon, Suiza*  
© UNESCO / Olivier Brestin

3. *Río Verzasca*  
(zona de las fuentes)  
*Valle Verzasca, Tesino, Suiza*  
© UNESCO / Olivier Brestin

El agua es también una energía considerable que las poblaciones tienen que canalizar y en cierto modo «domar», porque puede ser devastadora y constituir una verdadera amenaza para ellas.

#### Ejemplo:

En el este y el sur de las cadenas del Himalaya, en las laderas húmedas del Annapurna, los pueblos edificados cerca de los conos de deyección están directamente amenazados por los torrentes dominantes que, a cada nueva precipitación, levantan su lecho a causa de los clastos acumulados por las corrientes.

- ▶ El profesor invita a los alumnos a servirse de la acuarela para revelar las cualidades físicas del agua, como su liquidez, su fuerza de escurrimiento y su transparencia.
- ▶ Pintan empleando instrumentos diferentes: pincel o un objeto similar, esponja, un palito, los dedos y la mano. Utilizan diversos soportes como papel acartonado, papel fino, reciclado y tela tensada en un bastidor.
- ▶ Trabajando determinados gestos, como el chorretón, el reguero, la aspersión, el escurrimiento, y gracias a la incidencia del gesto sobre su instrumento y sobre la pintura más o menos diluida, los alumnos recrean y visualizan los procesos dinámicos y las huellas que deja el agua en la naturaleza.

► Someten repetidamente a prueba la liquidez y la fluidez de su material y al hacerlo ponen de manifiesto los efectos de absorción, de recubrimiento, de escurrimiento y de disolución característicos del agua, de su acción química en el ecosistema cuando descompone los materiales del suelo en una especie de lava pastosa, mezcla de agua y de tierra que discurre a lo largo de las pendientes, o cuando el agua de lluvia «realiza» la lixiviación de los suelos, disolviendo y arrastrando los fosfatos y los nitratos no absorbidos hasta los ríos y los mares.

► En un primer momento, por grupos, los alumnos crean colores lisos, superficies recubiertas, monocromas, superponiendo varias capas de pintura. Repiten la operación incorporando cada vez más agua: el mismo color, cada vez más diluido.

► En una superficie recubierta densamente de materia y uniforme, pueden introducir sirviéndose de un pincel empapado de agua un reguero o la huella de un gesto fluido, que forma curvas y volutas.

► Observan los resultados: el agua que fluidifica, decolora, arrastra la materia, su aspecto «escurridizo» y dinámico, a veces la soltura, la belleza del gesto.

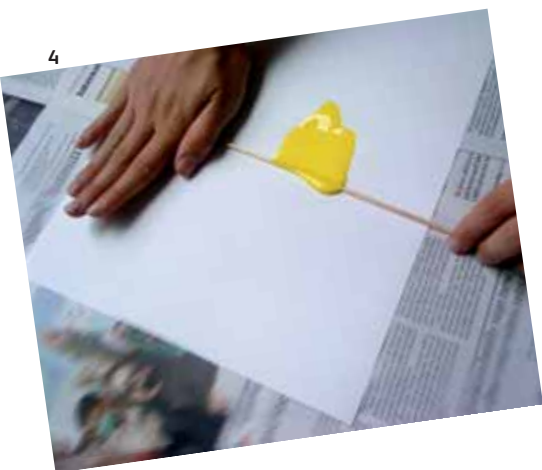
► Guiados siempre por el profesor, introducen varios colores, primero mediante colores lisos yuxtapuestos sin dejar que se sequen, luego mediante las huellas de gestos realizados con pincel, con varios colores y varios pinceles simultáneamente. Observan los chorretones, los efectos de desbordamiento y de mezcla obtenidos.

► Luego trabajan las aspersiones, las proyecciones y efectos de goteo más controlados. El agua y la pintura son absorbidas por el papel. Cuando está muy diluida, la pintura embebe el papel y lo transforma.

► Sin hacer una pausa, el profesor propone un ejercicio complementario:

Un alumno deja caer una gota de agua coloreada sobre una hoja de papel y la remueve en todas las direcciones, a fin de que describa un dibujo orientado únicamente por el movimiento del soporte hasta su absorción. Otros alumnos observan los efectos de absorción y de fusión de gotas de colores diferentes y realizan dibujos de manera similar.

4



4. y 5. Trabajos de expresión plástica en torno a la fluidez de la pintura al agua

© Nina Cooper

5





6

6. Mujer abasteciéndose de agua en el río, *Batopilas*, México  
© UNESCO / Olivier Brestin

7. Mujer abasteciéndose en el punto de acceso al agua aislado de los Andes, Ecuador  
© UNESCO / Jean Cassagne



7

Una vez secos, se puede retocar con pluma o pincel todos los dibujos obtenidos e introducir elementos figurativos o contrastes de materia.

► Por último, la clase estudia la relación entre el agua y un cuerpo graso poniendo de manifiesto, mediante un «baño revelador», los motivos que forma un depósito de óleo en la superficie del agua.

- Para ello hará falta un gran recipiente, un barreño o una tina que se llenará de agua.
- Un grupo de alumnos deja caer unas gotas de óleo de varios colores en la superficie del agua. Utilizaremos esa pintura en pequeñas cantidades para no contaminar luego el medio ambiente.
- Con una varita o un trozo de madera, otros alumnos remueven esa mezcla flotante, en la que aparecen unas formas.
- Cuando las formas parecen interesantes, los alumnos las captan, las «capturan» depositando una hoja de papel en la superficie del agua.
- Sacan con mucho cuidado la hoja en la que se han impregnado e impreso las formas y los colores.

Se puede variar el ejercicio aislando una parte de la hoja con un ocultador (con adhesivo, por ejemplo).

Esa parte tapada protege un motivo dibujado que mantendremos en reserva. Una vez «capturadas» las formas, éstas harán de fondo alrededor del motivo no tapado. Podrán, por ejemplo, ilustrar el océano, el río, las olas. También se puede utilizar peines para modificar las formas en la superficie del agua.

► Después de haber comprendido cómo funcionan todas estas técnicas de expresión sirviéndose de la pintura y de su dimensión líquida y acuosa, los alumnos juntan en la pared sus creaciones pictóricas, que reflejarán un enfoque a la vez sensorial y sensible del agua: su aspecto líquido, inaprensible, su capacidad para «inmiscuirse», infiltrarse, desbordar, cubrir, disolver, corroer.

## 2. Interpretar las huellas de la erosión hídrica en el paisaje

- ▶ El profesor lleva a los alumnos fuera del aula, al terreno, donde identifican y comprenden mejor –gracias a los ejercicios que han realizado– las huellas inscritas por el agua y su acción en el paisaje y el medio ambiente.
- ▶ Puede asimismo repetir las indicaciones dadas en los párrafos 4 y 5 de la actividad 3 del capítulo I, *Tierra, piedra y erosión*, y completarlas.
- ▶ La clase se centrará específicamente en las huellas de **escurrimiento**, señales del desplazamiento de las aguas por las laderas y los terrenos inclinados.
- ▶ Para hacerlo, subirán a una altura suficiente para hallar las primeras huellas de la acción química del agua que, sumándose a los efectos de las heladas, disuelve las rocas más blandas y las más solubles, como el yeso, y altera la agregación de minerales de las rocas más duras.
- ▶ Los alumnos detectan el nacimiento de las cárcavas en las huellas de escorrentía pastosa o erosión en capas, lo más aguas arriba que sea posible.
- ▶ El profesor propone luego considerar el conjunto de la inscripción física del torrente en el paisaje.

En la mayoría de las regiones del mundo, los alumnos aprenderán a dibujar esa huella que horada, corta y remodela la ladera de arriba a abajo.

- ▶ Aguas arriba, los alumnos dibujan el vasto embudo o **cuenca de recepción** que ha tallado en la roca por la concentración de las aguas de escorrentía;

Más abajo, captan la confluencia de los pasillos hacia el canal de desagüe donde se estrecha el embudo formando un «cuello de botella» abrupto, por el que se adentra el agua y se abre paso, arrastrando a veces grandes bloques. Más abajo aún, por último, cuando el relieve se hunde, los alumnos representan los taludes en abanico de los **conos de deyección** donde el torrente vierte toda su carga de clastos, mezclada con lodo y guijarros.

Los alumnos muestran la fuerza de la inscripción: las marcadísimas estrías que horadan la pendiente y la despojan de toda vegetación, los barrancos profundos de aristas cortantes y crestas agudas por donde circula la materia y que remodelan la pendiente.

- ▶ El profesor estimula la imaginación de los alumnos citándoles textos en los que se habla del poderío del agua, entre los demás elementos.

Ejemplo:

Nada en el mundo	El agua vence a la roca;
Es más untuoso y suave	Su suavidad termina por
Que el agua,	Ganar a la dureza.
Sin embargo, nada sólido	Eso, nadie en el mundo
Ni firme	Puede ignorarlo ni
Puede resistirse a ella.	Controlarlo.
Ya que es inmutable.	

Lao-Tseu, filósofo chino, 570 a.C.

- ▶ En las mesetas, la clase localiza también las huellas de **infiltración** a través de las fisuras de los suelos y de las rocas.

Cuando la roca es calcárea, por ejemplo, el agua divide el relieve en un **lapiaz** de fractura a partir de las fisuras naturales del suelo que ahonda y entre las cuales se infiltra en ocasiones hasta la **capa freática**.

## 3. Relacionar la acción erosiva del agua con las posibilidades de contaminación hídrica

- ▶ El profesor explica los riesgos de contaminación:

Cuando una gran cantidad de agua penetra en el suelo por infiltración de las aguas de lluvia o del agua de deshielo, un elemento de contaminación externa, por ejemplo un excedente de nitratos, puede migrar verticalmente con el agua de **percolación** y llegar hasta la red de drenaje subterráneo y el agua que consumen los seres humanos.

- ▶ El estudio de las huellas de la erosión y las acuarelas realizadas han permitido poner de relieve la fuerza del transporte del agua y su capacidad para disolver, absorber, infiltrarse.





8. Cuencas de recepción de varios torrentes, región de *Château d'Oex*, Suiza

© UNESCO / Olivier Brestin

10. Confluencia de los pasillos de desagüe, región de *Château d'Oex*, Suiza

© UNESCO / Olivier Brestin

9. Canal de desagüe de un torrente, *Puerto del Simplon*, Suiza

© UNESCO / Olivier Brestin

8



9



10



11. Cono de deyección de un torrente  
*Kalsey, Ladaj, India*

© UNESCO / Olivier Brestin

12. Torrente de montaña al pie de la pendiente, *Achinazang, Ladaj, India*

© UNESCO / Olivier Brestin



11

12

► El profesor precisa que es importante proteger las tierras de montaña de cualquier fuente de contaminación externa, ya sean plaguicidas, abonos agrícolas, residuos industriales, o la descomposición de cadáveres de animales abandonados que, absorbida, lixiviada por el escurrimiento y transportada durante la infiltración, puede contaminar los ríos o hacer que se contaminen las aguas subterráneas.

► Basándose en croquis, el profesor lo repite: entre los puntos de infiltración situados en cotas elevadas (de la meseta calcárea, por ejemplo) y los puntos de restitución (los arroyos y las fuentes que utilizan los aldeanos) situados más abajo, hay que mantener limpio el tránsito del agua bajo tierra, aparte de cualquier contaminación, para que las poblaciones de las vertientes bajas no corran peligro de envenenarse.

#### 4. Centrarse en el color de las aguas superficiales

► Otra característica del agua que la utilización de la pintura pone de relieve es su transparencia, así como su capacidad para teñirse y colorearse.

¿En las montañas solo hay agua transparente?

¿Todas las aguas tienen la limpidez de un manantial que aflora o que mana?

► Los alumnos visitan diversos aguaderos y, mediante apuntes y croquis, tratan de distinguir el color del agua que hay en cada lugar.

##### Ejemplos:

Según la región en que estén de la zona templada, pueden subir a los lagos terminales que se encuentran en el límite de valles glaciares, ya que no podrán acercarse a lagos de circo glaciar, de altitud más inaccesible.

Pueden compararlos con embalses o lagos artificiales situados más abajo.

En el Himalaya, pueden visitar las orillas de ríos de montaña como el Amu-Daria, que fluye hasta Tien-Chan.

Pueden observar el tumulto que produce un torrente de agua de deshielo. ¿Cambia de color en diferentes lugares de la pendiente? ¿En función de su caudal? ¿De su entorno inmediato? ¿Adquiere otro color y otro aspecto cuando serpentea en la llanura antes de desembocar en un río?

► El profesor explica que:

En función de los puntos y de las extensiones en que se encuentra, el agua aparece con diferentes colores.

Su color depende de numerosos factores:

- En estado puro y natural, el agua es translúcida e incolora. Bajo un cielo azul, refleja el color del cielo y aparece azul cuando es pura a bastante profundidad;
- Los colores dominantes del paisaje de alrededor influye visualmente en su color;

13. Embalse, región de Chimgan, Uzbekistán

© Michel Le Berre



14. Canales de almacenamiento de las aguas superficiales, Aldea del Tigre, Karakorum, India

© UNESCO / Olivier Brestin



15. Lago de Zachung semihelado, Ladaj, India

© UNESCO / Olivier Brestin



- La coloración de los depósitos del fondo modifica su color;
- La presencia de materias orgánicas y minerales en el agua altera su composición y su color; Esas materias pueden ser sustancias disueltas o en suspensión.

**Ejemplos:**

El color verde lo da la presencia de sustancias orgánicas como las algas; un verde intenso puede indicar la existencia de abundante fitoplancton, si bien, a altitud elevada, el carbonato de calcio de los manantiales calcáreos puede asimismo teñir el agua de un sutil verde esmeralda. Algunas sustancias minerales descompuestas como el hierro tiñen el agua de amarillo y la presencia abundante de sustancias húmicas (productos de la descomposición vegetal, como las agujas de coníferas) puede dar al agua toda una gama de tonos que vayan del negro al marrón pasando por el amarillo...

▶ Ante varias extensiones de agua estancada, un lago glaciar blanco y límpido, alimentado directamente por los neveros, una turbera situada a gran altura en los «bugris» de Asia central, los alumnos comprenden que el agua «transporta» consigo el color del medio, sumergido y emergido, que refleja y condiciona al estancarse.

▶ Ante varias fuentes de agua viva, una cascada lechosa proveniente del derretimiento directo del glaciar, un arroyo que baja rebotando entre las concreciones de caliza y las piedras musgosas, los alumnos comprenden también que el agua «transporta» con ella el color de los medios que ha atravesado.

Tiene, por lo tanto, una historia que es presente y pasado a la vez...

Su color puede depender, por lo tanto, de las rocas que haya atravesado y bañado en su tránsito bajo tierra entre un punto de infiltración situado arriba y un punto de restitución que está más abajo (agua de resurgencia de los manantiales de montaña cuya agua brota en el punto en que la capa **acuífera** toca la superficie en pendiente); su color puede venir determinado por los sedimentos que arrastra (torrente de deshielo), por la vegetación que ha arrastrado o descompuesto (río de la taiga, cargado de taninos y sustancias húmicas).

▶ El profesor hace algunas matizaciones y advierte a la clase:

Mediante varias tomas efectuadas en diversos aguaderos, muestra que un agua aparentemente coloreada o cargada de partículas puede ser más transparente de lo que parece.

▶ Explica que en un contexto natural y no contaminado, un agua sana no es necesariamente incolora a simple vista.

▶ Puntualiza que, sin embargo, una vez extraída, debe ser límpida o, en caso contrario, depurada, filtrada, saneada antes de que se consuma o se utilice en la fabricación de papel o de textiles o para producir alimentos.

16. Río Verzasca (lecho ensanchado)

Valle Verzasca, Tesino, Suiza

© UNESCO / Olivier Brestin



17. Abrevadero en el lago sagrado,

Ambohimanga, Madagascar

© Michel Le Berre



18. Embalse de Tignes,

Macizo de la Vanoise (en segundo plano), Francia

© Michel Le Berre





19. Manantial de agua caliente,  
Valle de Puja, Ladaj, India  
© UNESCO / Olivier Brestin

21. Yak doméstico,  
Lago de Tso Kar, Ladaj, India  
© UNESCO / Olivier Brestin



20. Lago de Zachung semihelado,  
Ladaj, India  
© UNESCO / Olivier Brestin



► Al contrario, un agua escasamente coloreada (o incluso transparente) puede estar muy contaminada, porque el agua puede disolver, diluir y absorber elementos químicos solubles peligrosos, lo mismo que algunas fuentes de contaminación de origen bacteriológico (por los agentes de la disentería o del cólera, por ejemplo) no se ven a simple vista.

► El profesor matiza añadiendo que la mayoría de los elementos residuales que provocan la contaminación del agua son insolubles y sobrenadan en la superficie, lo cual facilita su identificación; también alteran el color del agua en algunos sitios. Así sucede con numerosos residuos directos de la industria química, con los provenientes de descargas de productos no degradables o con los procedentes del empleo de fertilizantes y de plaguicidas en la agricultura.

► Al final, el profesor aconseja informarse siempre sobre el estado de un aguadero que no se conozca y hacer un escrutinio prudente antes de bañarse en él o de consumir su agua.

► Los alumnos realizan croquis de los aguaderos en diferentes condiciones atmosféricas y en distintos momentos del día.

En un mismo lugar, los cambios de intensidad de la luz hacen variar el color del agua.

► También realizan croquis desde diferentes ángulos: observándola desde arriba, de cerca y de lejos.

Así comprueban que el color del agua varía.

► De cerca, captan los detalles de la capa de agua, que no es de color uniforme, e intentan reproducir, con lápices de colores, el juego de los reflejos y de sus sombras coloreadas en la superficie.

## 5. Inscribir la comprensión del agua en la idea de ciclo

► Para concluir la actividad y hacer hincapié en la idea de historia y de tiempo en el recorrido del agua, la clase se desplaza cerca de los diferentes puntos de acceso al agua potable: la fuente de la plaza del pueblo, una bomba de agua sana que se emplea para regar los cultivos en la pendiente, un manantial natural que aparece por una abertura y brota de la tierra.

► Los alumnos realizan varias degustaciones del agua potable.

Aunque ésta es con frecuencia inodora, tiene en cambio un sabor que refleja también las características de los medios por los que ha pasado.



22. Drenaje natural y riego en céspedes alpinos calcáreos, Puerto del Pequeño San Bernardo, Italia  
© Michel Le Berre



23. Lago alpino rodeado de turberas, Puerto del Pequeño San Bernardo, Italia  
© Michel Le Berre

Formación de un lapiaz por escurrimiento de las aguas de lluvia sobre un suelo calcáreo

► Indica el recorrido del agua desde su escurrimiento en cotas elevadas y su infiltración a través de las fisuras naturales de las rocas hasta su lenta migración por los suelos.

► El zahorí, quien frecuentemente es un «catador» de agua y que conoce bien la geología de los lugares, puede ayudar a los alumnos a calificar el sabor de las aguas que recogen. Según que hayan pasado por determinados tipos de suelos o de rocas y cubiertas vegetales, tendrán sabor a azufre, hierro, yodo, caliza, o a veces un resabio vegetal.

Para reconocer variaciones más sutiles hay que estar entrenados, pero los catadores de agua se refieren al alcanfor, al pepino, a la cebolla, etc.

► Reanudando el análisis del recorrido del agua potable, el profesor establece la relación que hay entre el agua que bebemos y el agua subterránea extraída con la bomba: en el mejor de los casos, consumimos un agua filtrada naturalmente por su paso por el suelo y la roca, ya se extraiga de la capa freática por perforación o alimente un manantial que sale y aflora de la tierra.

► Establece una segunda relación entre el agua potable extraída bajo la tierra y el agua superficial que se infiltra y se vuelve subterránea. Es la misma agua: primero superficial y proveniente de las precipitaciones, pasa a ser subterránea por infiltración y después vuelve a subir parcialmente a la superficie de diferentes maneras:

- mediante afloramiento de la capa acuífera en la superficie del suelo, que es el principio del nacimiento de los manantiales en las montañas. A causa de la acción del clima sobre un relieve que está cambiando siempre, unas grietas ocasionan rezumamientos y la aparición de manantiales.
- mediante perforaciones realizadas directamente en las capas freáticas por las poblaciones, para satisfacer sus necesidades permanentes de agua para el consumo y el riego.

El profesor indica que las aguas también vuelven a la superficie por **evapotranspiración** (véase el capítulo. 2, actividad 3, pág. 86):

- El agua es absorbida por las raíces de los organismos vegetales y transpirada por sus hojas. Este último punto permite abordar el ciclo del agua, que será el tema del siguiente taller.

# 02 El ciclo del agua

Nivel   
intermedio

Lugar   
en el aula

Duración   
3 sesiones

## Objetivos

### 1. Descubrir el medio ambiente

Concentrándose en los estados sólido, líquido y gaseoso del elemento agua, la clase, guiada por el profesor, sitúa esos estados transitorios en el encadenamiento de las etapas del ciclo del agua.

### 2. Conocer y comprender

Por medio de una serie de «cuadros sonoros» que aprenden a animar con la mímica y los efectos sonoros, los alumnos asimilan el proceso del ciclo del agua y perciben su impacto en el medio ambiente.

## Etapas

### 1. Interesarse por los estados de la materia «agua» y el origen del agua en la montaña

- ▶ El profesor invita a la clase a distinguir los tres estados del agua: líquido, sólido, gaseoso. Puede realizar algunas experiencias sencillas sobre este tema.
- ▶ Los alumnos calientan agua y observan la **evaporación**; el vapor de agua materializa el paso del estado líquido al estado gaseoso (pero sigue conteniendo gotitas de agua que hacen que se vea a simple vista). Para observar la transformación del agua líquida en sólida, y a la inversa, hace falta un refrigerador, que no siempre se tiene en las regiones rurales de montaña. En caso de que se disponga de uno, la clase hace hielo y luego deja derretir un pedazo grande al sol.
- ▶ Se coloca un vidrio frío sobre un recipiente con agua hirviendo para observar el paso del estado gaseoso al líquido, por efecto de la condensación inmediata del vapor de agua.
- ▶ El profesor propone a los alumnos que hagan una lista de nombres, de sustantivos, que puedan asociarse a los adjetivos líquido, sólido y gaseoso.

#### Ejemplos:

Al estado líquido están asociados: lluvia, tormenta, agua de deshielo, torrente, cascada, catarata, arroyo, río, lago, albufera, estanque y turbera.

Al estado gaseoso: vapor, niebla y bruma (aunque no es totalmente correcto, ya que el vaho o la niebla son en realidad formas líquidas del agua, que se obtienen por condensación del vapor de agua, el cual es en rigor invisible a la vista).

Al estado sólido: granizo fino, escarcha, granizo, hielo, copo, nieve, glaciar y banco de hielo.

- ▶ Cada alumno resume individualmente en unas cuantas líneas en qué le hace pensar cada estado del agua, en sus diversas formas.
  - ¿En qué hace pensar la nieve a un niño que vive en una zona elevada?
  - ¿La tormenta? ¿La borrasca? ¿El frío? ¿El manto nivoso? ¿El aislamiento? ¿La espera? ¿Los juegos? ¿El alud? ¿Un régimen alimentario de invierno?
  - ¿En qué hace pensar el derretimiento de la nieve? ¿En una inmensa reserva de agua? ¿En la vuelta de la primavera? ¿En una estación de transición rápida? ¿En el estallido de la vegetación? ¿En otros juegos?
  - ¿En la participación en las primeras labores agrícolas de la temporada?



24. El macizo de la Vanoise,  
visto desde el Puerto del Pequeño San Bernardo,  
Francia  
© Michel Le Berre

#### Ejemplos:

En las montañas de Nepal, rascar con una azada las parcelas de tierra, sembrar el trigo sarraceno, o alforfón, plantar las papas, etc.

¿La participación en las labores de mantenimiento de las pendientes?

¿Edificar barreras en forma de **gaviones**? ¿Mantener en buen estado los muros de piedras sin aparejar? ¿Los puentes? ¿Participar en la restauración de las terrazas?

► A partir de la documentación disponible o reunida previamente, el profesor ilustra mediante imágenes los estados del agua que irá describiendo y comentando.

► Hará algunas precisiones previas para que los alumnos comprendan el ciclo del agua, es decir, cómo se suceden los estados transitorios del agua:

- El agua dulce es un bien escaso;
- El 70% de la superficie terrestre está cubierta de agua, salada en un 97,5%: los mares y los océanos;
- Sólo menos del 3% del agua es agua dulce, y es en su mayor parte inaccesible, por formar parte del volumen de los glaciares (más del 98% de las aguas dulces) o estar confinada en **capas freáticas** muy profundas. En total, aproximadamente el 1% del agua dulce es accesible y se obtiene de manantiales que afloran al aire libre, arroyos, ríos, lagos, albuferas y estanques, aljibes o depósitos artificiales y **embalses** y las capas subterráneas que explotamos perforando pozos e instalando bombas extractoras.

• Estos recursos son limitados aunque se renuevan con frecuencia porque el agua está en movimiento, circulando entre el océano, el aire y la tierra en un ciclo complejo que el sol mantiene en actividad.

► El profesor recuerda la importancia de los glaciares (véase su formación en el párrafo siguiente) que, al almacenar el 98% de las aguas dulces del planeta, son una reserva de agua considerable y valiosísima, y señala que existen varios tipos de glaciares de montaña:

- El casquete glaciar situado en cumbres poco accidentadas, casi niveladas, que «cubre» con una capa de hielo abombada.
- El glaciar de circo (o glaciar colgante), limitado a un circo a gran altura donde se forma la cuenca de alimentación que no deja nunca.
- El glaciar de valle, que, en cambio, se escurre, desciende hacia la parte inferior de una cuenca de alimentación, compuesto por varios brazos que se juntan al pie de picos dominantes y que prolonga un imponente río de hielo, a la vez ancho y largo.

► Explicando el principio de la fusión, el profesor indica que el agua de derretimiento del glaciar alimenta un torrente subglaciar que sale por el frente del glaciar.

Si el glaciar asegura semejante reserva de agua más abajo es porque mantiene un derrame constante por gravedad a través de la red fluvial y las capas subterráneas. Contrariamente al caudal de cursos de agua que tienen otros orígenes, los torrentes subglaciares aumentan de caudal en verano gracias al derretimiento de la nieve y el hielo.

#### Ejemplos:

La contribución del agua de las montañas suizas al caudal del Rin es considerable y tiene lugar mucho más allá de los Alpes e incluso hasta los Países Bajos, llegando a ascender al 50 % del caudal en verano, cuando más la necesitan los agricultores implantados no lejos de las orillas.

En las tierras altas habitadas, el agua para consumo proviene directamente del derretimiento de los glaciares. Ya sea que discurra por la superficie o que se infiltre en el suelo para alimentar las capas subterráneas, esa agua es recogida directamente en depósitos de agua artificiales o embalses donde se la trata para poderla consumir. Así se hace en las ciudades de La Paz y El Alto en Bolivia, que satisfacen casi totalmente sus necesidades de agua extrayéndola de los glaciares que las rodean.

► Llegados a este punto de la reflexión, el profesor indica que ese valiosísimo aprovisionamiento de agua glaciar se encuentra amenazado.

Mientras que las montañas suministran la mayor parte del agua que fluye más abajo, los glaciares retroceden y desaparecen desde 1850 y, a juicio de los expertos, este retroceso es achacable directamente al aumento de los **gases de efecto invernadero** y al **calentamiento climático** causado por las actividades humanas.

#### Ejemplo:

En este fenómeno de retroceso de los glaciares, los glaciares de montaña se derriten más deprisa que los glaciares polares; por ejemplo, el mar de hielo, en la cima del Mont Blanc (Francia), ha retrocedido 9 km desde 1850 y en el mismo período el número de glaciares de las Montañas Rocosas ha disminuido de 150 a menos de 50.

► Antes de abordar en detalle las fases del ciclo del agua, el profesor precisa que el calentamiento climático tiene un doble impacto en este ciclo en las montañas

- Por una parte, el calentamiento de los suelos crea más condensación, que entraña más precipitaciones y por ende más nieve.
- Por otra parte, la elevación general de las temperaturas activa la desaparición de los hielos...

Por consiguiente, el proceso de calentamiento acarrea una intensificación del ciclo del agua, que a su vez genera y «trata» más nieve y más nieve deshelada.

Pues bien, la intensificación del ciclo del agua en las montañas no deja de tener algunos inconvenientes (véase el párr. siguiente).

## 2. Descomponer las etapas del ciclo del agua para comprenderlas mejor

► Para esta parte del trabajo, el profesor realiza un esquema del ciclo del agua que dibuja libremente o copia en la pizarra. A continuación comenta las principales etapas del ciclo:

- Debido a la acción de la energía solar, el agua de los mares y los océanos se evapora en la atmósfera en forma de vapor de agua.

Ese mismo proceso tiene lugar en la superficie de los lagos, los glaciares, la tierra (evaporación) y las hojas de las plantas (transpiración). Se denomina **evapotranspiración** al conjunto del fenómeno.

- En el aire, ese vapor invisible se condensa en minúsculas gotas de agua que forman las nubes, a las que los vientos empujan desde el mar al interior de las tierras.





25



26



27

28



25. Glaciar del Gran Paraíso,  
*Valle de Aosta, Italia*  
© Michel Le Berre

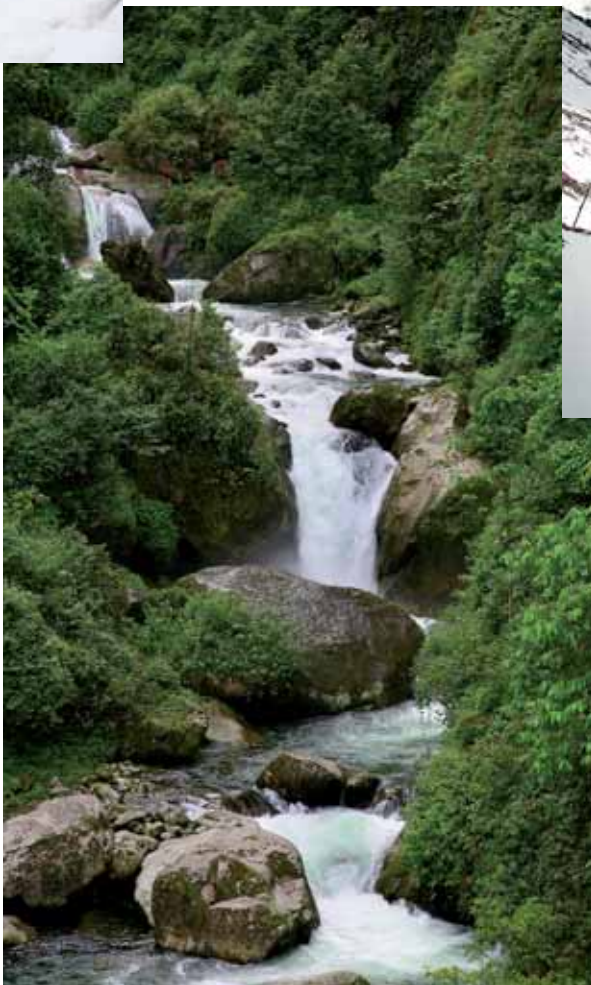
26. Glaciar de Aletsch,  
Suiza  
© András Szöllösi-Nagy

27. El derretimiento  
de las nieves,  
*Puerto de Jardongla,*  
*Ladaj, India*  
© UNESCO / Olivier Brestin

28. El Puerto de Jardongla  
nevado  
© UNESCO / Olivier Brestin

29. Torrente de montaña,  
*Burtuk, Sikkim, India*  
© UNESCO / Olivier Brestin

30. Reforzamiento  
de las orillas del torrente  
de *Valnontey* con hileras  
de gaviones,  
*Valle de Aosta, Italia*  
© Michel Le Berre



29

30



Al elevarse y enfriarse, las minúsculas gotas de agua chocan entre ellas y se fusionan, formando gotas más grandes, lo bastante pesadas como para caer en forma de lluvia.

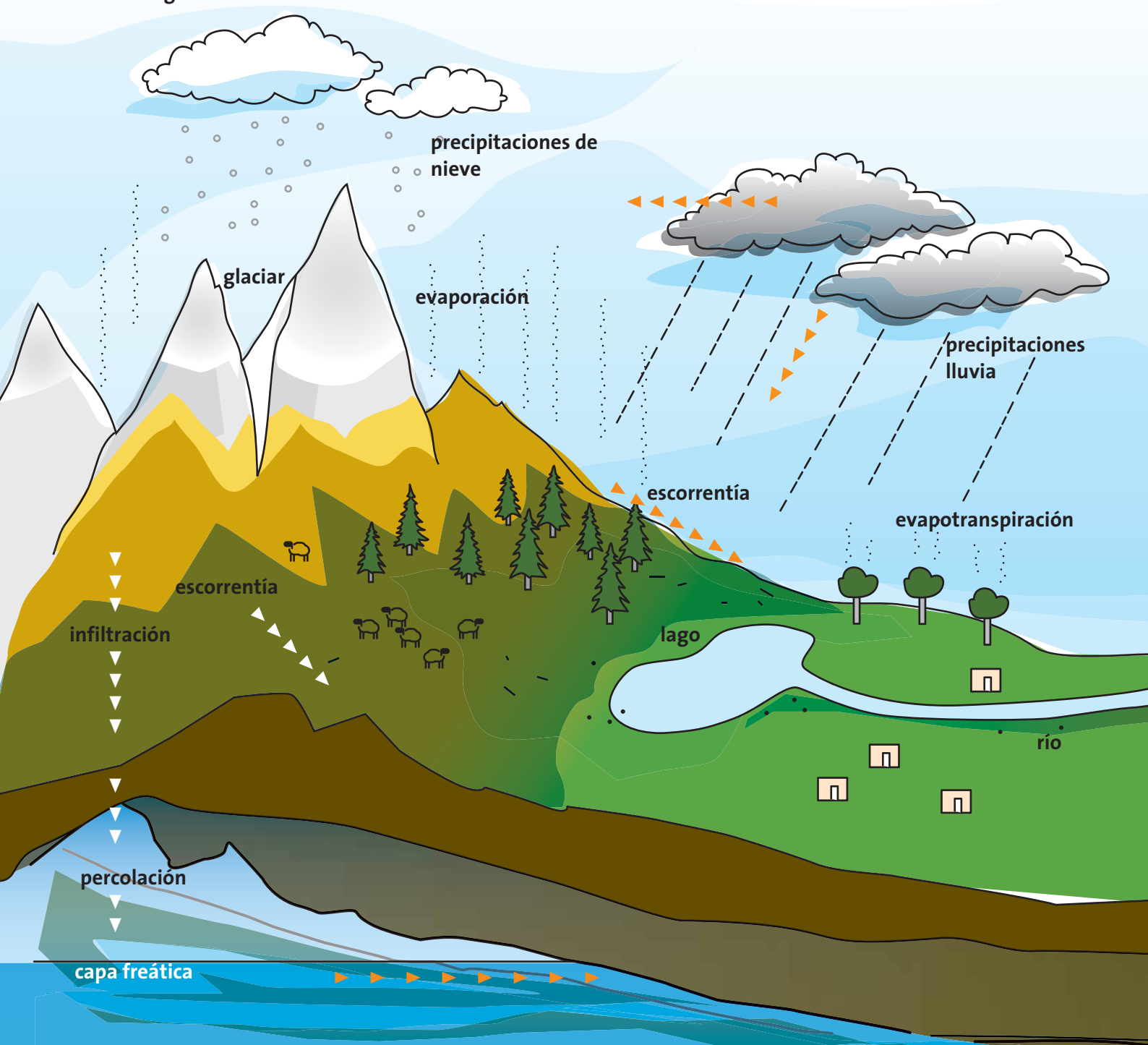
- Por su relieve, las altas montañas son otros tantos obstáculos para las masas de aire. Bloquean los frentes cálidos y les obligan a ascender hasta donde hay temperaturas glaciales que favorecen de continuo las condensaciones.

Además, cuando dentro de una nube, la temperatura es inferior al punto de congelación, las gotas de agua que se vaporizan se congelan inmediatamente y se transforman en cristales de hielo.

Cuando estos se amalgaman y se sueldan en copos, la lluvia se convierte en nieve. A una altitud elevadísima, la humedad solo cae en forma de nieve.

- Ya sea en forma de lluvia, en ocasiones violenta como las lluvias que engendra el monzón, las lluvias torrenciales reflejan un aumento de las precipitaciones (como en el Magreb), o ya sea en forma de tormentas de nieve, o nevazones, que abundan en las montañas, el vapor de agua de las nubes vuelve a la superficie del planeta en forma de **precipitaciones**.

### El ciclo del agua



Del agua de las lluvias que cae, 7/9 partes lo hacen sobre los océanos 2/9 y sobre las tierras. De cada 100 gotas de agua que se evaporan desde un océano, 97 caen de nuevo sobre un océano.

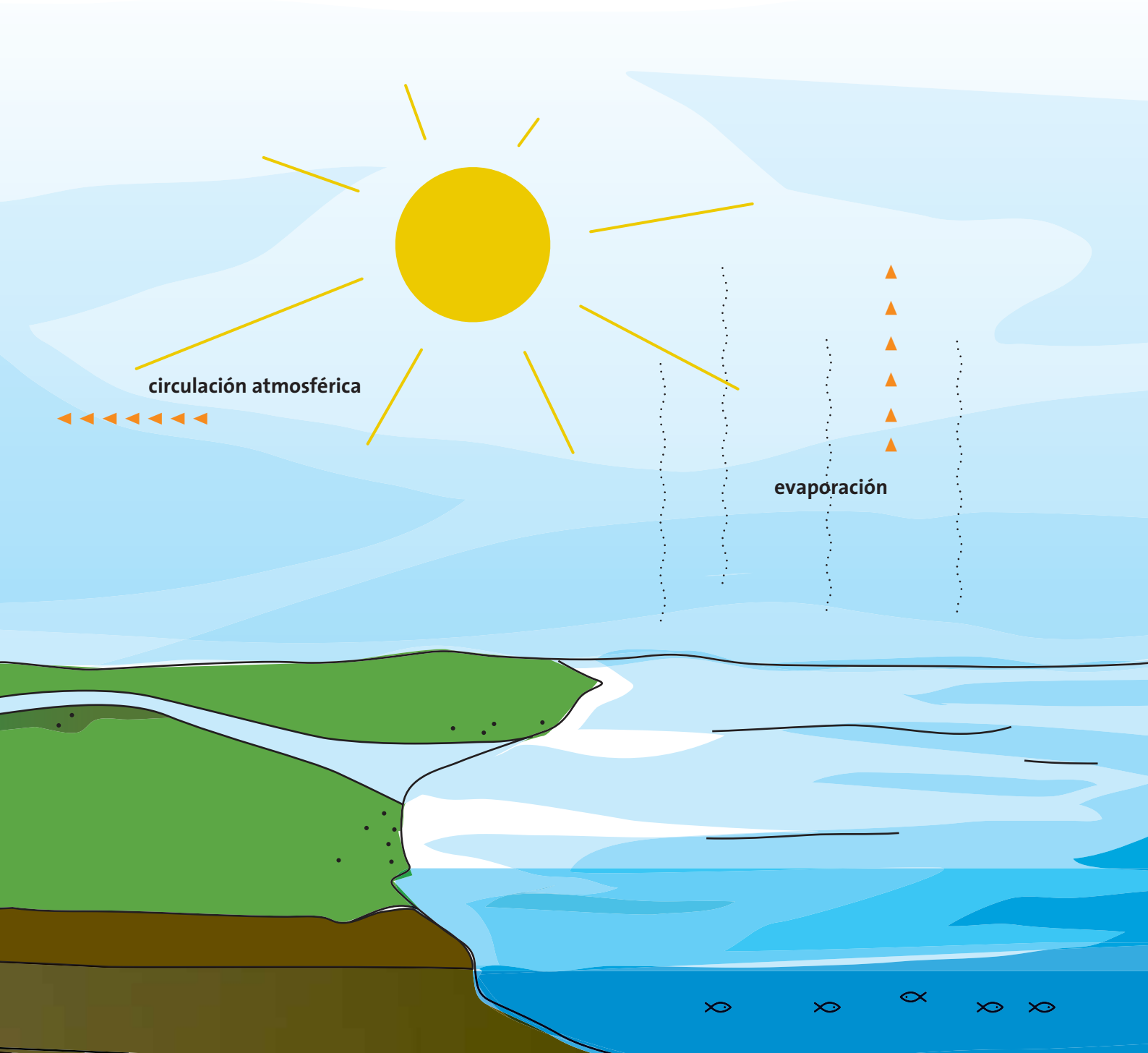
Esa agua que vuelve directamente al océano luego se evapora otra vez y así prosigue su ciclo sin fin.

- Entre el agua que cae sobre las tierras, una pequeña parte de las precipitaciones queda retenida en los glaciares de montaña, que se forman justamente cuando cae más nieve en invierno de la que se pierde por derretimiento o evaporación.

La masa de hielo nace del aplastamiento de capas de nieve amontonadas que, a causa de la presencia de agua de derretimiento en el manto, sucesivamente se derretirán y volverán a helarse por la noche hasta que la nieve expulse el aire que contiene (transición del **nevero** al glaciar).

El manto nivoso se suelda entonces en una masa de hielo compacta a la que su peso hace bajar a lo largo de la pendiente (escorrentía por gravedad, imperceptible a la vista).

- Esos ríos de hielo son valiosísimos porque permiten evacuar las precipitaciones desplegando el fenómeno a lo largo del tiempo. Se arrastran hasta una altitud bastante baja para fundirse gradualmente y ser absorbidos en el encadenamiento del ciclo del agua (que de ese modo contribuyen a hacer que dure). Paralelamente, suministran



a las poblaciones humanas que solo beben y utilizan agua dulce una reserva de agua no salada incomparable, una reserva regular y constante... si no desaparece a causa del cambio climático.

- El agua de deshielo que se vierte en las pendientes o el agua que cae sobre las tierras a causa de las precipitaciones, o bien se escurre por la superficie, o bien se infiltra y alimenta las capas subterráneas. En los dos casos, los seres humanos han aprendido a captar esas aguas de gran altura con sistemas de drenaje y de canalización de las aguas subterráneas (tipo **foggaras** en Argelia) o encauzando y conteniendo con aljibes y depósitos, presas y embalses la red fluvial que se escurre por gravedad.

En algunas regiones del mundo, el agua de gran altura es la única fuente de agua dulce.

Ejemplo:

En las regiones áridas y semiáridas, solo las montañas y las tierras altas reciben lluvia bastante para constituir los recursos que, cuando se consigue captarlos, representan el 90 % del aprovisionamiento de agua dulce de la **cuenca de alimentación**.

El agua captada de las montañas no sólo es llevada más abajo, donde también satisface las necesidades crecientes de agua de riego (para una población que no deja de aumentar), y almacenada en los embalses de montaña; además, es una fuente de energía hidroeléctrica.

Ejemplo:

El 75 % de la energía de las ya citadas ciudades de La Paz y El Alto procede de una central hidroeléctrica construida a gran altura en la ladera oriental de los Andes.

- Cabe mencionar igualmente que los seres vivos utilizan un porcentaje ínfimo del agua que entra en contacto con las tierras, escurriéndose, infiltrándose o cargando la atmósfera.

Se utiliza de varias maneras:

- El agua que se infiltra es absorbida por las raíces de las plantas;
- El agua recolectada o que se ha hecho que sea potable es bebida por los seres humanos o las especies animales;
- El agua atmosférica es absorbida directamente por contacto con las hojas, los tallos y las epidermis.

31. Garganta y río, región de Errachidia, Marruecos  
© Alexander Otte



32. Pastora lavando en el río, Desfiladero de Todgha, Atlas marroquí  
© Alexander Otte



33. Colinas sobre *Shallaleh Saghireh*, Valle de *Janasser*, Siria  
© Hélène Gille

35. Pozo vertical que comunica con el *qanat*, *Shallaleh Saghireh*, Siria,  
© Thomas Schaaf



33

34. Niño jugando en el manantial azul de *Meski*, región de *Errachidia*, Marruecos  
© Alexander Otte



34



35

Este fenómeno afecta a todos los seres vivos.

Transitando así por las especies vivas, comprendidos nosotros, el agua contribuye al funcionamiento de las células, los organismos y los ecosistemas.

Al respecto, el profesor recuerda que el agua constituye más del 80% del volumen corporal de los individuos vegetales y animales.

- En conclusión: durante el ciclo del agua, la mayor parte del agua que cae sobre las tierras vuelve al mar y además lo hace con relativa rapidez. Esa agua no se infiltra, no percola, no es ni absorbida, ni captada; es drenada rápidamente hacia el conjunto de la cuenca fluvial, de los torrentes a los arroyos, de los afluentes a los ríos, y vuelve de nuevo los mares.

► Tras haber ilustrado cada una de las etapas del ciclo del agua, el profesor hace notar varios puntos a los alumnos:

Se vuelve a referir a la intensificación de ese ciclo en las montañas, a causa del calentamiento climático (véase el final del párr. 1 más arriba) y explica que:

- Cuanto más lento es el proceso de circulación del agua, más interactúan físicamente y químicamente las aguas con el medio. Humedecen sosteniblemente los suelos que fertilizan, recargan las reservas con regularidad y permiten a las capas acuíferas renovarse completamente a lo largo del tiempo, lo cual garantiza su pureza.
- Al intensificarse la evaporación y las precipitaciones y con el importante retroceso de los glaciares que ya no retienen tanta agua, aumenta la cantidad y se acelera la frecuencia del escurrimiento en las pendientes.

Como las laderas son abruptas, las lluvias con frecuencia intensas y los suelos muy erosionables, los superabundantes escurrimientos provocan una fuerte erosión, deslizamientos de tierras y una contaminación del agua superficial a causa de la cantidad de sedimentos transportados.

Ejemplo:

En las laderas septentrionales del Monte Kenya, el aumento del escurrimiento de superficie, acentuado por la supresión reciente de la cubierta vegetal, ha acarreado destructoras crecidas relámpago y una gran contaminación de las aguas superficiales de la región.

En las montañas, la modificación general del ciclo hídrico asociada a la **deforestación** y a la sustitución de los bosques naturales por otros tipos de cubierta vegetal (plantaciones forestales, tierras cultivadas) aumenta el riesgo de contaminación de las aguas.

Al tiempo que aumentan las tasas de erosión, el enarenamiento amenaza la calidad de los recursos y el empleo aguas arriba de abonos, plaguicidas o herbicidas lixiviados por el escurrimiento contamina frecuentemente las aguas situadas más abajo.

### 3. Asimilar e interpretar el ciclo del agua mediante una sucesión de cuadros sonoros

► En esta parte de la presentación del ciclo del agua, el profesor introduce el juego de roles y la posible relación entre las fases del ciclo con ruidos que imiten los del agua en sus diferentes estados transitorios. Gracias a esa sucesión de cuadros sonoros, los alumnos identifican e integran claramente las etapas del proceso que cumple el agua.

► El profesor propone primero a la clase reunirse y reflexionar por escrito para formular una interpretación de los ruidos del agua en sus diferentes estados o en diversas condiciones climáticas y atmosféricas.

Ejemplos:

- El bramido ensordecedor de la tormenta;
- La presión atmosférica, el calor húmedo y el restallido del rayo;
- El «martilleo» de una lluvia intensa sobre el tejado de la casa;
- El granizo fino que azota los cristales de las ventanas;
- El cierzo glacial que acompaña a una borrasca de nieve;

36. Depósito de agua de la ciudad de Madrid, Reserva de Biosfera de la Cuenca Alta del Río Manzanares, España  
© Thomas Schaaf



37. Pequeño lago de la Reserva de Ilmen Oblast de Cheliabinsk, Ural, Rusia  
© Michel Le Berre





38. Gran lago de la Reserva de Ilmen  
Oblast de Cheliabinsk, Ural, Rusia  
© Michel Le Berre

- El crujido de los bloques de hielo cuando se produce el deshielo;
- El goteo regular de un carámbano que se derrite;
- Las trombas de agua potentes y continuas de un manantial de montaña y el chorro que le hace eco de las cascadas;
- El chapoteo de un arroyo que discurre y rebota entre los guijarros;
- El «gluglú» del agua en la tinaja que se vacía.

► Luego, mediante la expresión corporal y la mímica, los alumnos se esfuerzan físicamente en reproducir los ruidos, las expresiones y los comportamientos de los seres vivos sometidos a determinadas condiciones climáticas y meteorológicas vinculadas al agua.

#### Ejemplos:

El deshielo en la primavera, cuando los rayos del sol empiezan a ser más ardientes, los pájaros vuelven a gorjear, reaparecen los primeros insectos, se intensifica el deshielo, se escuchan al fondo los ruidos de escorrentía, los torrentes bajan deprisa por las pendientes, braman las aguas llenas de fango y espumeantes, se raja el hielo, o se quiebra, y produce otros ecos, estallan las floraciones, los aldeanos se saludan y se afanan...

O, por el contrario, la inmersión en el invierno y el inmovilismo que acarrea que todo lo cubra la nieve: el silencio en las casas y el silencio fuera, el frío que traspasa, el ruido apagado de los pasos que se hunden en la nieve, los zapatos que se entrechocan para quitarles la nieve que se les ha pegado, las precipitaciones que golpean los cristales, las puertas cerradas a toda prisa, los ruidos que llegan ahogados del exterior, el té caliente que se vierte, los animales domésticos que dormitan...

► Después de haber concebido y redactado varias pequeñas escenas, los alumnos se ponen a interpretar colectivamente las etapas del ciclo del agua.

► Emitirán ruidos, imitarán expresiones, con movimientos del cuerpo y también desplazándose en el espacio y utilizando «accesorios» y efectos sonoros de todo tipo.

► Para ello, utilizan diversos instrumentos musicales, objetos de madera o de plástico que crujan, objetos de hierro que se puedan golpear o hacer resonar, piedras, gravas que agitan en diversos contenedores o recipientes y, por supuesto, el agua, en pequeñas cantidades, que se puede manipular, rociar, verter lentamente o hacer caer gota a gota.

► El profesor propone dividir las fases del ciclo en varios cuadros sonoros y distribuye los diferentes cuadros entre varios grupos. Podemos mencionar, por su orden: la tempestad de nieve y las heladas de las extensiones de agua, el deshielo y el agua de deshielo; en otras latitudes la presión atmosférica antes de la tormenta, el aguacero mismo, el escurrimiento y la escorrentía, la **infiltración** y la absorción, la **percolación**, la vuelta al mar.







39

40



41



42



43

39. Tuareg sirviendo té, *Tassili N'Ajjer*, Argelia  
© Olivier Brestin

41. Hojas de té en el campo y secas, *Happy Valley Tea Estate*, *Darjeeling*, India  
© UNESCO / Olivier Brestin

40. Control de la calidad del té, *Happy Valley Tea Estate*, *Darjeeling*, India  
© UNESCO / Olivier Brestin

42. Aguamanil y jofaina para lavarse las manos, Marruecos  
© Alexander Otte

43. Preparación del té en campamento Tuareg *Tassili N'Ojjer*, Argelia  
© Olivier Brestin

► Cada grupo combinará los efectos sonoros con la interpretación en la puesta en escena de cada cuadro.

Ejemplos:

Para la escena del deshielo, se puede simular los insectos que acompañan a los primeros rayos primaverales a la vez mediante ruidos hechos con la garganta y desplazamientos furtivos en el espacio; el hielo que cruje por ruidos de rotura o de plástico rajado, el escurrimiento a lo largo de las pendientes por varias cantidades de gravilla que se vierten lentamente, de manera regular y simultánea en un flujo continuo. Se pueden utilizar varios embudos para limitar y variar los ritmos de escorrentía.

Se puede representar un largo y fuerte aguacero mediante un rápido goteo en varios cubos o baldes, un ritmo sostenido sobre la piel tensa de un instrumento, removiendo guijarros y arena en varios recipientes. Se puede imitar la percolación dejando caer el agua gota a gota muy lentamente y con un ruido de agua sumamente tenue en la superficie de un balde.

► Una vez que los grupos dominan bien la interpretación y el encadenamiento de los cuadros (que se pueden permutar), es posible, y se recomienda vivamente hacerlo, presentar el «espectáculo» a toda la comunidad. Se le puede dar un título. Por ejemplo: «A la escucha del ciclo del agua».

Página de la izquierda.  
44. Cascada *Gangetok*, *Sikkim*, India  
© UNESCO / Olivier Brestin

## 03

# Fresco en paneles de los sistemas hidráulicos de montaña

Nivel

avanzado



Lugar

en el aula  
y en el exterior



Duración

6 sesiones



## Objetivos

### 1. Descubrir el medio ambiente

Al analizar el impacto de la erosión hídrica y de la agricultura de regadío en el agotamiento de los suelos y de los recursos en las montañas, la clase descubre las técnicas tradicionales de extracción, captación y transporte del agua superficial a través de recorridos-descubrimientos y luego mediante el dibujo, con el que los alumnos captan la belleza y la ingeniosidad de esas técnicas y esos sistemas de aprovechamiento de los recursos naturales y ordenación del medio.

### 2. Conocer y comprender

La sucesión de varios dibujos de gran formato en el fresco pone de manifiesto la pertinencia ecológica de la hidráulica tradicional y sus sistemas de riego auxiliares provenientes del acondicionamiento de las laderas, o sus estructuras antierosivas que son otros tantos medios de prevención de las catástrofes naturales.

## Etapas

### 1. Localizar en el paisaje las construcciones de piedra que permiten captar el agua de escorrentía y el agua atmosférica

► Siguiendo los consejos del profesor, los alumnos recorren su entorno y salen en busca de diferentes ejemplos de construcciones de piedra desperdigados por el paisaje.

Pueden ser muretes de piedra, muros de sostenimiento, cúmulos de piedras dispuestos en montículos o **túmulos**, cisternas recubiertas por un montón de piedras calcáreas, diques de diversos tamaños colocados en los barrancos de las pendientes, cordones de piedra...

#### Ejemplos:

Los túmulos o las *specchie* (casas de piedras circulares) que hay en los pastos secos de las montañas de la cuenca mediterránea; los **gaviones**, que son pequeños diques de piedras dentro de un armazón metálico, una técnica exportada de Europa para combatir la erosión y difundida en las montañas de numerosos países tropicales; se utilizan para edificar terrazas o para acondicionar barreras en el lecho de los torrentes; las tinajas-cisterna, modalidad ancestral de aljibe fabricado a partir de una enorme tinaja enterrada en el suelo y recubierta por un montón de piedras calcáreas que captan la humedad atmosférica. Son muy corrientes alrededor del Mar Rojo.

► Los alumnos se pasean y recorren el espacio acondicionado por esas construcciones de piedra, a veces anti-*quísimas*, integradas en el paisaje y que crean aquí y allá rincones, espacios ocultos, microambientes propicios al descubrimiento. En suma, un recorrido accidentado que los lleva constantemente a cambiar de dirección.

► El profesor explica que:

- Esas construcciones de piedra cumplen una doble función en la gestión del agua.
- Permiten controlar y recolectar las aguas de escorrentía disminuyendo su caudal, reteniendo sus **aluviones** y favoreciendo su infiltración en el suelo.



45

45. Paisaje con muretes de piedra, región de Honaine, Argelia, 2002  
© Olivier Brestin



46

46. Embalse del Tomadero, Parque rural de Anaga, Tenerife, Islas Canarias  
© Michel Le Berre

- También permiten captar el agua de la atmósfera por concentración y condensación de la humedad.
  - ▶ Cerca de un alineamiento de piedras, el profesor prosigue su análisis:  
Les muretes son eficaces en las zonas de paso de las aguas por un terreno en pendiente.
  - ▶ Muestra cómo:
    - los muretes frenan la velocidad del agua procedente de la cumbre;
    - fraccionan la carga de sedimentos del curso de agua en la pendiente;
    - la corriente fluye más lentamente y el agua se infiltra en el suelo;
    - el agua se escurre más lentamente hasta abajo de la pendiente en lugar de perderse en la superficie.
- Si no se emplea ese medio mecánico, muchos uadis desaparecen prematuramente en el suelo a causa del arrastre de la corriente. Además, se secan a causa del intenso calor.
- ▶ La clase observa el microambiente que crea el murete.  
Algunas plantas locales crecen siguiendo la línea de las piedras porque en esta zona se concentra el humus. Cuando hace más calor, el murete conserva también la humedad atmosférica que vuelve al suelo y crea una bienvenida sombra al resguardo del viento y del calor.
  - ▶ Los alumnos descubren y luego dibujan esas plantas a veces raras, tesoros escondidos, que muchas veces solo crecen allí, gracias a la ingeniosidad de una técnica ancestral de captación del agua.

**Ejemplo:**

Al pie de los cordones de piedra situados en la base de los macizos de calizas dolomíticas del sur de Túnez, los alumnos pueden localizar y dibujar plantas herbáceas o arbustivas como *Hamada scoparia* (quenopodiáceas) asociadas a diversas especies de la familia de las poáceas, como *Stipa capensis* o *Stipagrostis pungens*, y a arbustos como el pistachero canario o del Atlas (*Pistacia atlantica*).

- ▶ Realizan croquis de detalle, croquis de ambiente y luego dibujos técnicos del murete observando la arquitectura de piedra: ¿Se han utilizado plaquetas de esquistos en la construcción, piedras calcáreas esféricas, piedras talladas, piedras de granito bastante toscas, elementos poligonales irregulares de aristas vivas?
- ▶ El profesor aumenta la pertinencia del estudio centrandlo en las piedras que componen un túmulo, un refugio (que puede ser *specchie* o un refugio de pastores de montaña), o bien una choza o cámara fría de piedras sin aparejar que se utilice para conservar la leche fresca y queso en las montañas.
- ▶ Explica que esas piedras porosas producen agua tanto de día como de noche.
  - Durante el día, en las zonas montañosas áridas, el viento transporta en menor cantidad vapor de agua que penetra por los intersticios de las piedras. La condensación se produce como consecuencia del choque térmico que ocurre en el interior de la construcción, ya que allí la temperatura es más baja que en el exterior. El vapor de agua se condensa en gotas de agua que, al caer, son absorbidas en el suelo o se acumulan en una cavidad.
  - Por la noche, la condensación se produce en la superficie exterior de las piedras, más frías que la temperatura ambiente; las gotas de rocío que se acumulan en ella se deslizan por los intersticios, hacia el interior de la construcción, donde son recogidas.



47

47. Murete de piedras sin aparejar, *Montes de Auvernia*, Francia  
© Hélène Gille

48. Vegetales que crecen en un murete, macizo de *Luberon*, Francia  
© Hélène Gille

49. Murete de piedras sedimentarias, macizo de *Luberon*, Francia  
© Hélène Gille

50. Cabaña de piedras sin aparejar del Comtat *Venaissin*, *Vaucluse*, Francia  
© Hélène Gille



48



49



50



51



52

51. Manantial de agua caliente  
(en primer plano),  
*Chumazang, Ladaj, India*  
© UNESCO / Olivier Brestin

52. Puente de piedra y madera,  
*Chumazang, Ladaj, India*  
© UNESCO / Olivier Brestin

## 2. Concentrarse en las estructuras antierosivas y dibujarlas en el primer panel

► A continuación, los alumnos examinan el conjunto de las obras realizadas por la población para corregir el impacto de la erosión hídrica y sus consecuencias en las laderas.

► Se centran primero en las construcciones de piedra o embalses de sedimentación situados en pleno campo en la pendiente o directamente en el lecho de los cursos de agua.

- Sobre el terreno, el profesor formula una serie de preguntas:
- ¿Son eficaces esos embalses para retener arrastres de lodo y de grava?
  - ¿Se mantienen y se restauran regularmente para que cumplan su función?
  - ¿Integran una técnica de albañilería sin aparejo?
  - ¿Se edifican utilizando gaviones?

En las regiones montañosas más ricas, esos embalses se edifican de hormigón armado.

- ¿Cómo influyen en la anchura del canal de escorrentía de un torrente cuando reducen artificialmente su inclinación?
- ¿Se ha concebido el sistema de corrección de las pendientes como un conjunto coherente, implantando umbrales de piedras intermedios que mantengan el curso de agua en su lecho?
- Más arriba, ¿se constata que se han adoptado medidas de corrección de los barrancos mediante umbrales de piedras insertos en esos barrancos?

► La clase se concentra a continuación en otras técnicas antierosivas utilizadas en los terrenos inestables y denudados, como el **encañado** de barras horizontales que integra esquejes de sauces entrelazados o gradas de rejilla de metal desplegado.

► El profesor hace varias precisiones:

- Esas estructuras, que están en los puntos más frágiles de las pendientes, no sólo retienen los arrastres de las aguas de escorrentía; además, retienen y fijan en su sitio los suelos que, si no, se llevaría por delante la intensidad del escurrimiento.

- En diferentes regiones montañosas en las que nieva en abundancia, como las Montañas Rocosas, el Himalaya o los Alpes, hallamos esas estructuras de enrejados, redes o «astilleros» (barras verticales clavadas en el suelo) que evitan tanto las corrientes de lodo y los corrimientos de terreno como los aludes de nieve. Un suelo erosionado sometido a una fuerte presión hídrica acarreará, según las influencias climáticas, diferentes tipos de catástrofes naturales relacionadas con el agua y la nieve.

- ▶ Según la región del mundo en que estén, los alumnos se dedicarán a componer el primer panel del fresco dibujando a gran formato los medios de defensa activa utilizados para luchar contra la erosión hídrica y las perturbaciones ambientales que causa.

- ▶ Guiada por el profesor, la clase no deja de analizar las estructuras de protección más específicas o adaptadas a los terrenos muy inclinados, como los **muros de contención** de piedras, esas pequeñas zonas de terreno reservado constituidas por grandes bloques de rocas y plantadas con árboles que protegen la parte superior de las granjas o las casas de los aludes y las corrientes de lodo.

- ▶ Los alumnos también estudiarán los taludes de piedras en las lindes de los cultivos, edificados con piedras extraídas de los campos cultivados. Forman unos obstáculos eficaces contra el viento y la lluvia y también limitan la evapotranspiración de los cultivos que intensifica el intenso calentamiento del suelo bajo las radiaciones solares en la montaña.

También en ese caso se ataja la pérdida de agua mediante la captación de la humedad atmosférica.

### 3. Estudiar la inscripción de las terrazas en el paisaje e identificarlas como un método de gestión de las aguas de escorrentía

- ▶ El profesor explica lo siguiente:

- La fertilidad de los suelos de montaña está vinculada implícitamente a una gestión del agua tendente a conservarla. Ahora bien, solo determinadas ordenaciones agrícolas garantizan el suministro regular de agua a las parcelas cultivadas.

- Nos referimos a las terrazas y sus derivados, que constituyen una ordenación agrícola adecuada de los terrenos en pendiente, al mismo tiempo que un método de captación del escurrimiento en las laderas, indispensable para la seguridad de la producción agrícola.

- ▶ Cuando la clase se encuentre en un entorno que se preste a ello, los alumnos se desplazarán para observar directamente el acondicionamiento de laderas en terrazas.

Partiendo de la base, ascenderán cada uno de los niveles hasta la cima, subiendo por esas verdaderas escaleras de gigantes, descubriendo los microambientes que haya en cada nivel y los cultivos que se practican en ellos, recorrerán las zonas de transición de un nivel a otro y explorarán sus rincones.

- ▶ Situándose de modo que gocen de una perspectiva dominante, buscarán representar mediante el dibujo y el color el aspecto gráfico, y a veces muy colorido, de las terrazas vistas desde arriba.

Dibujarán:

- Las curvas de nivel, resaltándolas;
- Las líneas serpenteantes de cada nivel, que a veces se prolongan de una terraza a otra y recorren largas distancias;
- El perímetro de cada parcela de forma variable, a lo largo de la curva de nivel;
- La imbricación de los cultivos en un mosaico de colores o de matices de colores.

- ▶ El profesor introduce la noción de **curva de nivel**, es decir, la línea que une todos los puntos de una misma altitud.

El conjunto de las curvas de nivel permite, en particular, representar el relieve en un mapa.

- ▶ Explica a los alumnos que la construcción de las terrazas se realiza en función de las curvas de nivel, donde se erige el murete de piedras que sirve de sostén a la superficie de tierra nivelada.

- ▶ Continúa explicando que las terrazas favorecen una buena gestión de las aguas superficiales porque permiten distribuir la humedad por el suelo y, sobre todo, luchar simultáneamente contra la erosión.

- ▶ En el terreno, la clase puede verificar que el borde de una terraza, es decir, el murete, está inclinado muy ligeramente en el sentido de la pendiente, lo que permite al agua escurrirse gradualmente sin provocar erosión. De ese modo, las terrazas reducen los efectos erosivos de las lluvias torrenciales.

53. Central hidráulica en el Río Spokane, Estado de Washington, EE.UU.

© Alexander Otte

54. Escombros antiguos en un bosque de alerces, Valle de Aosta, Italia

© Michel Le Berre

55. La corriente aguas arriba de la central de Spokane, Estado de Washington, EE.UU.

© Michel Le Berre



56. Cascada en Valnontey, Valle de Aosta, Italia

© Michel Le Berre

57. Embalse hidráulico, Singtam, Sikkim, India

© UNESCO / Olivier Brestin



- ▶ El profesor explica que hay sistemas hidráulicos que captan los recursos naturales en cuya creación intervienen terrazas más complejas porque están sobreelevadas.
- ▶ Están formadas por varios estratos: la capa superior de tierra fértil se extiende sobre una primera capa de grandes piedras, sobre la cual se extiende una capa de piedras más pequeñas que sirven para drenar las aguas de regadío.

De esa forma se facilita la infiltración y se evita la erosión superficial, dos condiciones indisolubles de una buena gestión de las aguas superficiales.

- ▶ A continuación indica otras técnicas de acondicionamiento de las pendientes que integran una adaptación específica de la técnica de las terrazas, como los **bancales**, o terrazas mediterráneas. Son terrazas constituidas por un talud subvertical reforzado con piedras o hierbas y que presentan una terraza invertida, en suave pendiente.

Ejemplo:

Se las encuentra en las montañas de la cuenca del Mediterráneo y asimismo en los Andes peruanos, en Bali, en Indonesia y en China, en zonas de pendientes fortísimas en las que no hay superficies llanas.

Esas terrazas, que también se denominan «radicales», permiten crear zonas llanas donde no existen y suprimen la erosión en capa (labor de zapa en la superficie).

- ▶ El profesor explica que:

Si bien ofrecen posibilidades de regadío y de drenaje a lo largo de las pendientes invertidas gracias al agua que se escurre por los taludes, los bancales aumentan los riesgos de deslizamiento de terreno (de «desenganche del relieve») porque favorecen la infiltración cerca de la roca.

- ▶ Concluye del modo siguiente:

Esta técnica es, pues, poco recomendable en los terrenos friables o porosos, como los esquistos.

- ▶ El profesor aborda por último las técnicas propias de algunas zonas climáticas, como las **tabias** en las regiones áridas montañosas.



58. Arrozales cerca de Yiri,  
región de *Yanakpur*, Nepal  
© Yann Arthus-Bertrand  
*La Terre vue du Ciel*, UNESCO

59. Labores agrícolas,  
región de *Bagmati*, Nepal  
© Yann Arthus-Bertrand  
*La Terre vue du Ciel*, UNESCO



59

Se trata por lo general de 2 a 5 parcelas cultivadas, situadas a una altura de dos tercios de la pendiente hacia abajo, que forman anchas gradas de suelo en forma de U; cuando hay varias, están dispuestas en forma de cascada como terrazas. Están cerradas abajo por un abultamiento de tierra que sobresale, reforzado por un muro de piedras y dotadas de exutorios pedregosos en los lados, por donde circula el agua hacia las parcelas inferiores. El campo central, o **yesur**, es por lo general grande, está bien abastecido de agua y las especies que hay en él se benefician de los sucesivos aportes de sedimentos.

#### Ejemplo:

Las tabias del sur de Túnez, en las que crecen asociados cultivos anuales de cebada o de lentejas y árboles frutales como la higuera, el granado o el almendro.

#### **4. Realizar el segundo panel del fresco e incluir en él los elementos de un sistema hidráulico vinculado a las aguas superficiales**

- ▶ De regreso al aula, los alumnos comienzan la representación del segundo panel del fresco.
- ▶ Dibujan, a gran formato, un paisaje de agricultura en terrazas con los muretes de piedra, los diferentes niveles de las terrazas y las vías de acceso, por lo general pequeñas escaleras transversales integradas en los muretes de piedras.
- ▶ En croquis paralelos, describen brevemente (en dos croquis comparativos) la elaboración de estos componentes:
  - La construcción del murete desde sus cimientos sobre grandes piedras hasta los guijarros que se deslizan por los intersticios;
  - La nivelación de la terraza y el ingenioso resultado que se obtiene: la parcela, plana, arable y cultivable, «recuperada» a la pendiente, que en principio no era fértil, y sin embargo creada con la tierra existente en la pendiente.
- ▶ En un ángulo del panel, la clase compone un texto que narra las etapas de esos paisajes únicos, que dan fe de la relación de complementariedad que existe entre los seres humanos y la naturaleza.

Los alumnos tratan de expresar:

- cómo los seres humanos diseñan de nuevo pacientemente las laderas respetando sus ondulaciones naturales;
- cómo localizan superficies cóncavas, rellenan con grava las fallas de las pendientes para evitar los desprendimientos, erigen muros de piedra y elevan capa a capa el nivel de la tierra, ganando de ese modo al terreno superficies explotables;
- cómo se convierten de ese modo en creadores de paisaje, en artistas del paisaje.

Ejemplo:

Pueden citar las magníficas labores que son las terrazas de Etiopía, y de Camerún septentrional; las de los Andes; de los relieves arábigos, especialmente en el Yemen, donde las curvas de nivel están bordeadas por presas de piedra que interceptan el agua de escorrentía y la redistribuyen en las parcelas.

- ▶ En el dibujo central del panel, los alumnos representan, con diferentes colores, la alternancia de los cultivos y de la vegetación, según los niveles, y las asociaciones de especies dentro del mismo nivel.

Ejemplo:

En los Andes, los científicos han definido hasta 15 niveles de ecosistemas, donde los agricultores cultivan diferentes especies vegetales en asociación, que varían según la altitud y las más corrientes de las cuales son el maíz, las judías, las patatas, la cebada y la quinoa.

- ▶ Para representar los cultivos, se puede añadir o pegar diversos materiales en el dibujo.
- ▶ Siempre en el dibujo central, los alumnos muestran los diferentes procesos de gestión del agua originados por las terrazas.
  - Indican con flechas cómo los diferentes niveles escalonados recogen el agua de las precipitaciones y la distribuyen naturalmente por la ladera.
  - De la misma manera, describen el movimiento lento de las aguas de escorrentía que siguen la inclinación de la terraza en el sentido del borde de la pendiente.
  - Si la terraza está sobreelevada, indican la infiltración de las aguas superficiales y su migración a través de los suelos.
  - En las terrazas «radicales» de pendiente invertida, indican el sentido inverso del drenaje del agua.

Algunas terrazas están provistas de una red hidráulica de recuperación y de transporte de agua de lluvia; ese tipo de red también existe sin que guarde relación con la agricultura en terrazas.

- ▶ La clase procurará, pues, representar el sistema hidráulico de la aldea para las aguas superficiales, cuando exista, esté o no asociado al acondicionamiento de la tierra en terrazas.
- ▶ Los alumnos localizan los depósitos de agua pluvial y la red de canales de transporte y de riego.
- ▶ Cuando la red está situada en terrazas, los alumnos responden a las siguientes preguntas:
  - ¿Se almacena el agua en lo alto de las pendientes o más abajo en ellas, en depósitos que están más arriba que los canales de riego?
  - ¿El agua proviene también del derretimiento de las nieves, de arroyos o de torrentes?
  - ¿Cómo llega el agua de escorrentía a los depósitos?
  - ¿El agua se distribuye por canales de piedra de una terraza a la siguiente?
  - ¿Se distribuye mediante conductos de diferentes diámetros para poder controlar la aportación de agua según el tamaño de las parcelas?
  - ¿Los conductos son de bambú, madera o piedra?
  - ¿Se distribuye el agua mediante canales de riego que comparten, por ejemplo, los habitantes de una aldea edificada en la ladera?
- ▶ Una vez aclarados estos puntos, los alumnos pueden representar de manera muy atractiva todo el sistema hidráulico en el fresco.
- ▶ Cuando la red no está situada en una terraza, los alumnos localizan los depósitos en que se recolecta el agua en el medio ambiente, por lo general al pie de las colinas o de las zonas de paso de las aguas.
  - ¿Son simples depósitos de tierra, hechos a mano, como los *johads* de la India?
  - ¿Forman una o varias presas que retienen las aguas de escorrentía de un uadi?



60



61

60. Viñedos en terrazas,  
Sierre, Suiza  
© UNESCO / Olivier Brestin

61. Viñedos en terrazas,  
Aigle, Suiza  
© UNESCO / Olivier Brestin



61

- ¿Son cisternas excavados directamente en el suelo al pie de la pendiente, que solo permiten captar el agua de escorrentía destinada a regar pequeños jardines y a abastecer de agua al ganado?
- ¿Existe, a partir de esos depósitos de agua, una red de cisternas móviles transportadas por los seres humanos o los animales que llevan el agua hasta los puntos de riego de los huertos o de los cultivos?
- ▶ Una vez aclarados estos aspectos, también esta vez los alumnos representan de manera vivaz y gráfica en el fresco el sistema hidráulico de la aldea para las aguas de superficie.

## 5. Comprender la sinergia que existe entre la lucha contra la erosión, la reforestación y una buena gestión del agua en el tercer panel

- ▶ Acompañados por el profesor, los alumnos van a zonas muy erosionadas por la aguas de las precipitaciones.
- ▶ Allí constatan la existencia de barrancos e identifican las técnicas empleadas localmente para frenar los efectos del **abarrancamiento**.

Por lo general, se trata de los diques filtrantes que ya se han mencionado, contruidos con piedras para reducir la fuerza de la corriente y provocar la infiltración.

Donde no bastan los diques antierosivos, los alumnos observan la función activa que cumple la vegetación renaciente o una superficie arbolada recién implantada más arriba de zonas muy erosionadas.

- ▶ De manera general, al recorrer varias de estas zonas, la clase comprueba la importancia de la reforestación en la organización del sistema hidráulico de la aldea.

► El profesor aclara el análisis:

- Cuando no existen terrazas, la reforestación es esencial para combatir la erosión y preservar los recursos hídricos.
- Sin vegetación en las colinas o en las zonas de paso de las aguas, la erosión llena de sedimentos los depósitos y el agua se infiltra difícilmente hasta las capas freáticas. Se infiltra fácilmente en la base de troncos o de tallos y aprovecha la penetración de las raíces en el suelo para infiltrarse más profundamente.

► El profesor insiste:

- La captación de las aguas, la reforestación y la lucha contra la erosión están estrechamente enlazadas en cualquier intento de mantener los ecosistemas montañosos que pretenda ser eficaz, y la revegetalización de los suelos es en concreto un aspecto esencial del mantenimiento en buen estado de la cuenca de alimentación.
- En los pastos monte arriba, se puede transformar las zonas ralas en superficies cubiertas de césped y plantar en ellas poáceas.
- Se puede recurrir a las plantas más rústicas o resistentes para poner en marcha una primera fase de cubierta vegetal en las pendientes más abarrancadas de las crestas de las alturas. En las regiones montañosas templadas, se plantan gatuñas en el nivel alpino.
- En otro lugar, se llena el terreno de maleza mediante esquejes de sauces o plantas de arganeros, que a veces se implantan en los encañados.
- La última fase de la revegetalización de una ladera consiste, desde luego, en la implantación del bosque, que es también la mejor manera de administrar sosteniblemente los recursos de aguas superficiales de esta ladera.

Ejemplo:

En los Estados Unidos, algunos bosques de la Sierra Nevada están especialmente bien gestionados. Se componen de plantaciones de coníferas y de poblamientos de caducifolios en alternancia.

Las primeras atrapan la nieve en sus ramas y, al retenerla más tiempo, permiten que el derretimiento dure más; en cambio, las zonas plantadas con caducifolios acumulan una cantidad de nieve máxima, sobre todo al pie de los árboles, que constituye la base de las reservas de agua de deshielo. La asociación juiciosa de especies caducifolias y resinosas en el bosque permite el riego regular y sostenible de los florecientes cultivos que hay más abajo, en las llanuras de California.

**62.** Canalización del manantial de agua caliente para bañarse y lavar la ropa, Panamik, Karakorum, India  
© UNESCO / Olivier Brestin



**63.** Riego en goteo en cultivos en terrazas, Isla de Praia, Cabo Verde  
© Michel Le Berre



**64.** Canales de almacenamiento de las aguas superficiales, Aldea del Tigre, Karakorum, India  
© UNESCO / Olivier Brestin





65



66

65. Riego a mano del jardín,  
Aldea del Tigre, Karakorum, India  
© UNESCO / Olivier Brestin

66. Mujer transportando agua,  
Cordillera de Vilcamota, Perú  
© UNESCO – MAB

- ▶ Para concluir, los alumnos se concentran en los métodos que se utilizan para plantar los vegetales que integran una técnica adaptada de riego.
- ▶ En el tercer panel del fresco, representan mediante una serie de dibujos sucesivos la elaboración de alcorques en forma de media luna, cavados en la base de los árboles plantados en las laderas. Es un método de recolección de las aguas de escorrentía a corta distancia.

#### Ejemplo:

En numerosos países de la cuenca del Mediterráneo, por ejemplo, en Siria o en Túnez, esos depósitos excavados en la tierra y poco profundos, por lo general reforzados por un contorno de piedras, recogen el agua necesaria para el crecimiento de los olivos, al tiempo que favorecen la retención de agua en el suelo.

Se puede captar el escurrimiento de 10 a 20 m<sup>2</sup> edificando unas semilunas de 2 a 6 m de diámetro. Además de árboles, se puede cultivar en ellas cereales.

- ▶ Conforme al mismo principio, los alumnos representan la técnica, muy similar, de las medialunas de piedra colocadas delante de un hoyo de plantación y al tresbolillo en pendientes muy pronunciadas.

#### Ejemplo:

En África, se pone estiércol en el hoyo antes de sembrar varias semillas de mijo. El agua que retienen las medialunas de piedra participa intensamente en el crecimiento de los vegetales y en el buen funcionamiento del proceso.

- ▶ Con esa misma óptica, los alumnos ilustran en el panel la técnica del **zai**, palabra que designa la mejora del hoyo de la plantación mediante una cavidad llena de agua, excavada en la tierra y enriquecida con un fertilizante. A partir de dibujos en que se comparan las técnicas, representan el diámetro aumentado de la técnica del zai, la profundidad del hoyo que se mantiene regado y enriquecido con estiércol en las montañas áridas durante la estación seca.

Gracias a la acción conjugada del agua y del fertilizante, los cultivos en la pendiente, mijo o sorgo, aguantan largos períodos de sequía.

## Glosario

*Los términos subrayados en las definiciones que figuran a continuación remiten a otra definición del glosario.*

### A

**Abarrancamiento:** El abarrancamiento es el proceso de formación de los barrancos, cauces profundos o incisiones lineales que crea el escurrimiento concentrado de aguas en una vertiente. En las regiones montañosas, el abarrancamiento puede verse favorecido por la desnudez de las vertientes, la falta de vegetación y la impermeabilidad de algunos suelos que reciben precipitaciones por lo general cortas, pero intensas.

**Abiótico:** No vivo, por referencia a un elemento de un ecosistema. Puede tratarse de un elemento como el agua, de su calidad, cantidad y distribución en el ecosistema; de un elemento como el suelo, de su estructura, de su contenido de humus. En ecología, los «factores abióticos» son aquellos que representan los factores fisicoquímicos de un ecosistema.

**Abono verde:** Cultivo temporal de crecimiento rápido que permite mantener la cubierta vegetal del suelo entre dos cultivos. Sirve además para no exponer el suelo desnudo a las condiciones atmosféricas y mantener el enriquecimiento natural de la tierra entre dos cultivos.

**Aceite esencial:** Líquido concentrado que se obtiene por destilación o extracción química de los compuestos aromáticos volátiles de una planta, los cuales están contenidos en las células de la planta.

**Acuífero:** Un acuífero es un estrato de terreno o de roca lo suficientemente poroso (es decir, que puede almacenar agua) y permeable (por el que el agua circula libremente) como para contener una capa de agua subterránea. Se entiende por capa acuífera o capa freática ese depósito natural de agua dulce, que se presta a ser explotado y que puede alimentar las estructuras de producción de agua potable, como los pozos artesianos y las perforaciones.

**Adventicia:** En agronomía, una especie vegetal indeseable en el lugar en que se instala. Puede tratarse de los brotes de un cultivo anterior, de plantas vivaces. Sinónimo de «mala hierba».

**Agrosilvicultura:** Modo de producción que combina el cultivo de árboles y de arbustos con el de especies herbáceas. Se emplea para aumentar la diversidad biológica de los ecosistemas agrícolas y mejorar la productividad al tiempo que se disminuye la degradación de las tierras.

**Alerzal:** El alerzal es un bosque de alerces, árboles que pierden sus agujas y favorecen la aparición de un sotobosque singular, de característico color naranja, a finales del otoño. El alerzal es un medio rico, frágil, que abre camino a las demás coníferas, y constituye el hábitat de las especies de sombra, como el abeto y el haya que, implantándose, acaban por «suplantarlo».

**Aluviones:** Depósitos de sedimentos arrastrados por los cursos de agua, el agua de lluvia, en general por los desplazamientos del agua. Se trata de arena, cieno, arcilla, grava, limo, cantos rodados, que pueden depositarse en el lecho de los cursos de agua o, en la montaña, en el punto de ruptura de pendiente.

**Amplitud ecológica:** La capacidad de una especie para reproducirse en condiciones ecológicas diferentes.

**Anemogamia:** La anemogamia, o anemofilia, consiste en el transporte del polen por el viento. Las plantas anemogamas son, pues, plantas cuya polinización lleva a cabo el viento.

**Angiosperma:** del griego «aggeion», vaso o cápsula, y «sperma», semilla.

Angiosperma significa «semilla en un receptáculo», por oposición a gimnosperma, «semilla no envuelta». Las angiospermas son las plantas de flores, es decir, los vegetales con frutos que contienen semillas. Constituyen el 80% de las especies vegetales, de las que en la actualidad se conocen más de 200.000. Las gimnospermas las preceden en la evolución.

**Alud:** Masa de nieve y de hielo que se desprende bruscamente y rueda por la ladera de una montaña arrastrando con ella tierra, rocas y fragmentos diversos. Este fenómeno se debe a las transformaciones del manto nivoso.

## B

**Bancales:** Entre las técnicas de gestión del agua en la montaña, los bancales horizontales o terrazas radicales consisten en reducir mecánicamente, por aterramiento, el declive de la pendiente con objeto de obtener terrazas horizontales en laderas más o menos empinadas.

**Biocenosis:** del griego «bios», vida, y «koinos», comunidad. Comunidad de los seres vivos (animales, vegetales y microorganismos) que coexisten en un espacio definido (el biotopo).

**Biodiversidad o diversidad biológica:** Variabilidad de los organismos vivos, sea cual fuere su origen: plantas, animales y microorganismos presentes en la tierra, su variabilidad dentro de una misma especie y la variabilidad de los complejos ecológicos de los que forman parte. Por lo tanto, la biodiversidad biológica comprende la diversidad de las especies, la diversidad genética y la diversidad de los ecosistemas.

**Biotopo:** del griego «bios», vida, y «topos», lugar. Espacio natural determinado, que se caracteriza por condiciones geológicas, edafológicas y climáticas particulares, de tamaño variable (a menudo de superficie reducida), dentro del cual se desarrollan especies animales y vegetales adaptadas a dichas condiciones. Ejemplos: charca, pradera húmeda, pinar.

**Bolas o pelotas de regurgitación o de deyección:** Bolas que expulsan después de la digestión las aves, entre ellas las rapaces, que contienen elementos duros y no digeridos que tragan cuando ingieren enteras sus presas.

## C

**Cadena alimentaria:** una cadena alimentaria constituye una secuencia de seres vivos en la cual cada uno come al

que le precede.

Como en un ecosistema, los lazos que unen a las especies son con frecuencia de orden alimentario, podemos representar esas relaciones mediante secuencias donde cada individuo come al que le precede y a su vez es comido por el que le sigue. Cada eslabón de la cadena constituye un nivel trófico.

**Calentamiento climático:** Fenómeno constatado de aumento de la temperatura media de los océanos y de la atmósfera a escala mundial en los últimos años. Las observaciones y mediciones recientes relativas a las temperaturas medias, la disminución de la banquisa ártica y el retroceso de los glaciares han disipado todas las dudas que pudiese haber sobre la realidad del calentamiento climático. Las proyecciones del GIEC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) prevén un aumento de 1,1° a 6,4° de la temperatura de la superficie terrestre en el siglo XXI.

**Cáliz:** Conjunto de sépalos de una flor que forma el envoltorio floral externo. El cáliz protege a la flor cuando aún es un capullo.

**Cama:** En edafología (la ciencia de los suelos), la cama son los residuos vegetales (polen, hojas, frutos, semillas, ramas, ramitas) que caen al suelo cuando los árboles o arbustos se desnudan (al comienzo de la estación seca en las regiones áridas). Cubren el suelo superficialmente en las zonas forestales o cubiertas de maleza. Bajo la acción de la microfauna (ácaros, yulos, hormigas), de los hongos y de las bacterias, la cama se transforma poco a poco en humus.

**Camuflaje:** En los animales, medio o dispositivo instintivo para hacerse menos visibles o dar una apariencia engañosa a otro ser vivo.

**Capa freática:** Capa de agua subterránea, ya sea procedente de la infiltración de las aguas de lluvia (renovable), ya sea «fósil» cuando es muy antigua y está confinada bajo tierra desde la formación geológica del sitio (no renovable). La profundidad a la que se encuentra depende de su origen.

**Capítulo:** Tipo de inflorescencia compuesta por un conjunto de pequeñas flores sésiles (sin rabillo, sin peciolo y sin pedúnculo), insertas en un receptáculo aplanado, como en el caso de las asteráceas.

**Césped alpino:** Con independencia del adjetivo «alpino», se trata de un bioma terrestre, el bioma de los «céspedes alpinos» o de las «praderas y malezas de montaña», presente en numerosas regiones montañosas del mundo, situado a elevada altitud, por encima del límite superior de los bosques, y formado por praderas y malezas.

El estrato herbáceo dominante está formado mayoritariamente por poáceas o ciperáceas (carrizos), diferentes según las regiones.

Ejemplos: la pradera del nivel alpino en las regiones templadas, la tundra en las regiones polares, el páramo en América Latina.

**Chimenea de hadas:** Columna natural de rocas formada por rocas no consolidadas o friables, por lo general sedimentarias, cuya cúspide está formada por una roca más resistente a los efectos de la erosión.

**Circo glaciar:** Situado a gran altura, un circo glaciar es una depresión de forma semicircular, que delimitan unas paredes rocosas. Esa depresión constituye o ha constituido la cuenca de alimentación de un glaciar.

**Clase:** En biología, la clase se sitúa en el tercer nivel de la clasificación clásica de las especies vivas.

El orden de los carnívoros (Carnivora), que tiene 8 familias de especies (incluidos los felinos), pertenece a la clase de los mamíferos (Mammalia).

**Clorofila:** La clorofila es el principal pigmento asimilador de los vegetales. Interviene en la fotosíntesis para interceptar la energía luminosa, primera etapa de la conversión de esa energía en la energía química indispensable para la fabricación de materia carbonada orgánica durante el proceso de fotosíntesis.

**Comensalismo:** del latín «cum», con, y «mensa», mesa, compañero de mesa.

El comensalismo es la relación entre dos seres vivos en virtud de la cual el huésped suministra una parte de su alimento al «comensal», sin obtener una contrapartida de éste. La relación redundante en un beneficio no recíproco, pero el huésped puede seguir viviendo y evolucionando en presencia del otro organismo. Algunos coleópteros cohabitan de esta forma con las hormigas.

**Compost:** Abono compuesto natural a base de desechos orgánicos de origen vegetal, utilizado para fertilizar los cultivos.

**Compuesta:** Hoja compuesta de varios limbos denominados foliolos. Ejemplo: el nogal.

**Condiciones:** Los factores abióticos de un ecosistema se dividen en dos categorías: los recursos y las condiciones.

En el ámbito abiótico, las condiciones se refieren a la temperatura, al clima, a las consecuencias del calentamiento climático, al concepto de «perturbación» que guarda relación con los incendios, las grandes tempestades, los aludes, las erupciones volcánicas, las corrientes de lodo, etc.

**Conducto:** Canalización utilizada para transportar materias gaseosas, líquidas o sólidas de un lugar a otro. La construcción de esas canalizaciones, con frecuencia soterradas, es costosa y perturba considerablemente los medios que atraviesa.

**Cono de deyección:** Acumulación de sedimentos, que transporta y deposita un torrente en la desembocadura de un valle o más abajo de una ladera. El cúmulo tiene forma triangular.

**Conservación:** Protección de los ecosistemas, la especie y los recursos naturales contra la degradación o la destrucción, en beneficio de las generaciones futuras. La conservación de los ecosistemas, las especies y los recursos naturales puede promover la gestión planificada de su uso por los seres humanos.

**Consumidor:** Dentro de la red trófica, los consumidores aparecen en varios niveles tróficos: los consumidores primarios o

animales herbívoros que se alimentan de los productores; los consumidores secundarios o carnívoros primarios y parásitos, que se alimentan de los animales herbívoros; y los consumidores terciarios que se alimentan de los carnívoros primarios (véase el esquema de la pág. 25).

**Convenio sobre la Diversidad Biológica:** El Convenio sobre la Diversidad Biológica es uno de los dos convenios firmados en la Cumbre para la Tierra, en Río de Janeiro (Brasil) en 1992; el segundo fue la Convención sobre el Cambio Climático. Al día de hoy, 192 países han ratificado este Convenio que constituye un compromiso histórico, pues es el primer tratado mundial que considera todos los aspectos de la diversidad biológica, es decir, no sólo la protección de las especies, los ecosistemas y el patrimonio genético, sino también el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. Por último, se trata asimismo del primer convenio en que se reconoce que la conservación de la diversidad biológica es «interés común de toda la humanidad» y que forma parte integrante de un desarrollo socioeconómico sostenible.

**Convergencia de evolución:** Cuando unas especies animales o vegetales muy alejadas geográficamente y sin ancestro común (pertenecientes, por lo tanto, a familias diferentes) evolucionan de manera similar debido a presiones ambientales similares, se habla de convergencia de evolución o de convergencia evolutiva.

**Corola:** Conjunto de pétalos de una flor que forma el envoltorio floral interno. Cuando la corola se despliega, se dice que la flor está abierta.

**Cosmetología:** El estudio de los productos y cuidados (bienestar, belleza) destinados al cuerpo y de sus efectos en el organismo.

**Crecimiento de la población:** Aumento del número de individuos pertenecientes a una misma especie en función del tiempo. Por lo general, su evaluación se realiza en un mismo biotopo.

**Cubierta vegetal:** Conjunto de la vegetación que recubre el suelo.

**Cuenca de alimentación:** Zona o porción de territorio delimitada por líneas de cresta (líneas divisorias de las aguas) cuyas aguas superficiales o subterráneas vierten en un colector común (río, arroyo, lago, etc.).

**Cuenca de recepción:** Zona de concentración de las aguas de escorrentía en una ladera que constituye la parte más alta de un torrente.

**Cultivos intercalares:** Se habla de cultivos intercalares para referirse a la alternancia de diferentes cultivos en un mismo espacio. Este sistema consiste en asociar simultáneamente cultivos anuales y cultivos perennes en un mismo terreno, cuidando de que sean mutuamente benéficos y no competidores entre sí. De esta forma, es posible obtener un mayor rendimiento global.

**Curva de nivel:** La curva de nivel representa la línea que une todos los puntos de una misma altitud, tantos como sea posible imaginar en un paisaje. El conjunto de curvas de nivel colocadas en un mapa permite representar el relieve. Cuanto más cerca estén las curvas de nivel, más inclinada será la pendiente. En la montaña, las terrazas se construyen siguiendo las curvas de nivel, a lo largo de las cuales se levantan los muretes de piedra que sirven de sostén a las parcelas.

**Cutícula:** La cutícula es una fina capa de cutina, generalmente cerosa, como un barniz impermeable, que recubre las hojas de los vegetales o los tallos de las plantas lo mismo en la montaña que en las zonas secas. La cutina es una sustancia de naturaleza lipídica que tiene por finalidad prevenir las pérdidas de agua y que por ello se encuentra en la cara externa de las células aéreas de la epidermis de los vegetales.

## D

**Decenio de la Educación para el Desarrollo Sostenible:** En diciembre de 2002, la Asamblea General de las Naciones Unidas aprobó una resolución mediante



la que se proclamaba un Decenio de la Educación para el Desarrollo Sostenible de 2005 a 2014. Se encargó a la UNESCO que dirigiera este Decenio y elaborase el contenido conceptual de la Educación con miras al desarrollo sostenible. Concretamente, se trata de replantear y modificar los programas educativos con la finalidad de integrar mejor el concepto de sostenibilidad asociando de manera solidaria objetivos económicos, sociales y ambientales, así como los del respeto de la diversidad cultural y de la lucha contra la pobreza.

**Deforestación:** Conjunto de los procesos mediante los cuales el ser humano transforma y hace desaparecer los ecosistemas forestales: sobreexplotación de la madera, incendios forestales, transformación de zonas arboladas en tierras de cultivo, etc.

**Derrumbadero:** En montaña, terreno cuya superficie recubre un vasto montón de piedras, causado las más de las veces por el retroceso de un glaciar, y en el cual crecen líquenes.

**Desarrollo sostenible:** En 1987, la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo definió el desarrollo sostenible como «un desarrollo que responde a las necesidades económicas del momento sin poner en peligro la capacidad del planeta para satisfacer las necesidades de las generaciones futuras». La definición se ha ido afinando con el tiempo y ahora se habla de una forma de desarrollo que respeta el medio ambiente y que, haciendo un uso prudente -basado en una explotación racional y moderada- de la naturaleza y sus recursos, garantiza un mantenimiento indefinido de la productividad biológica de la biosfera. En el Programa 21, plan de acción mundial aprobado por 173 países en la Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro en 1992, se definió un conjunto coherente de principios para ayudar a los gobiernos y autoridades a poner en práctica políticas orientadas al desarrollo sostenible. Hoy en día, el Programa 21 sigue siendo la referencia para aplicar el desarrollo sostenible en los distintos territorios.

**Descomponedor:** Término empleado para referirse al grupo de organismos vivos formado por los hongos y los microorganismos de los suelos y los biotopos acuáticos, que reducen la materia orgánica muerta al estado de compuestos minerales.

**Detritívoro:** Categoría de descomponedores, entre ellos numerosos insectos, que se alimentan de detritos, de cadáveres, de excrementos que descomponen y mineralizan parcialmente, fabricando así el humus.

**Dioica:** Del griego «dis», dos veces, y «oikos», casa. Se emplea este término para referirse a una especie vegetal cuyos sexos se encuentran en individuos separados: la planta tiene flores macho (de estambres) en un pie y flores hembra (de pistilo) en otro pie. La fructificación solo ocurre si los individuos están lo suficientemente próximos uno del otro. La sabina rastrera o la sabina turifera son, en la montaña, especies dioicas.

**Diseminación de las semillas:** Las plantas se dispersan en su entorno gracias a la diseminación de las semillas. Los agentes dispersadores pueden ser el viento, el agua y los animales (aves, insectos, etc.) Este fenómeno es muy útil en el plano ecológico por varias razones: así, las semillas llegan a los hábitats propicios para el desarrollo de los futuros brotes y, en sentido más amplio, hace que disminuya la competencia entre los individuos al diseminarlos en un territorio más extenso, intercambiar individuos de poblaciones diferentes y favorecer la mezcla genética y, por último, crear nuevas poblaciones.

## E

**Ecosistema:** Conjunto interactivo compuesto por una comunidad de organismos vivos y el medio físico, químico y geográfico en el cual evolucionan.

De esta forma, el aire, la tierra, el agua y los organismos vivos, incluidos los seres humanos, interactúan para formar un ecosistema.

**Ecotono:** Zona de transición ecológica entre dos ecosistemas. En la montaña, puede tratarse, por ejemplo, de la transición entre el bosque y el césped alpino.

**Embalse:** Lago artificial formado mediante acumulación del agua de escorrentía de un curso de agua, a raíz de que se haya construido una presa en él. Tiene generalmente por objeto regular el flujo

natural. El embalse es un depósito de agua que permite regular el caudal del curso de agua corriente abajo o implantar una central hidroeléctrica.

**Encañado:** Entramado de estacas y ramas construido de modo similar a los enrejados para mantener el suelo e impedir que se derrumbe.

**Encostramiento superficial:** En edafología se designa con esta palabra el carácter de un suelo que pierde porosidad y tiende a formar una costra superficial bajo la acción de la lluvia. Es una de las señales de la degradación del suelo.

**Endémica:** Se dice que una especie es «endémica» cuando se desarrolla en una región geográfica específica de la Tierra: pertenece a un territorio más o menos extenso, y su área de distribución geográfica se limita a un lugar determinado.

**Enfeudada:** Una especie está enfeudada a un medio en el sentido de que está sometida a las condiciones fisicoquímicas particulares de ese medio y a todo un conjunto de otras especies vivas con las que está relacionada. Puede estar muy estrechamente enfeudada a un medio determinado si este es muy limitado en el espacio y en el tiempo y presenta condiciones muy específicas.

**Epífita:** Planta que crece fijando sus raíces en la superficie de otras plantas y utilizándolas de soporte sin parasitarlas.

**Erosión:** Desgaste y transformación que las aguas (de la lluvia, de los ríos, del mar), el hielo y los agentes atmosféricos (viento, calor, precipitaciones) causan en la superficie terrestre.

Se habla por lo tanto de erosión hídrica (agua), de erosión eólica (viento) y de erosión térmica (calor). A menudo, el ser humano intensifica este fenómeno (deforestación, agricultura, construcción de carreteras), lo cual provoca una transformación del relieve y arrastra los suelos.

**Erosión bioquímica:** Forma complementaria de erosión; con este término designamos la acción erosiva que ejercen los organismos y microorganismos (por el exudado de sus raíces, por descomposición) en los continentes y los océanos.

**Esciáfila:** Especie vegetal que se adapta bien o se desarrolla mejor a la sombra, por lo general en medios muy sombreados.

**Escorchar:** Quitar a un alcornoque su primera corteza para que luego se pueda formar regularmente el corcho.

**Escurrimiento:** En hidrología, el escurrimiento es el fenómeno de escorrentía de las aguas sobre la superficie del suelo y se opone al fenómeno de infiltración. El agua de las precipitaciones se escurre siguiendo las curvas del relieve y constituye uno de los motores de la erosión, ya que el agua arrastra con ella partículas del suelo más o menos grandes en función de la cantidad de agua en movimiento y de la pendiente, lo que puede erosionar las tierras sometidas al escurrimiento.

**Especie:** Conjunto de poblaciones interfecundas (interfértils), aisladas desde el punto de vista de la reproducción de otros conjuntos equivalentes y que se puede definir con referencia a una combinación única de características.

**Especie autóctona:** Una especie que se encuentra naturalmente en un lugar geográfico determinado.

**Espiga:** Tipo de inflorescencia en la que las flores o espiguillas (gramíneas) están unidas sin pedúnculo a un eje central.

**Estambres:** Órganos sexuales masculinos de una flor cuyas partes terminales abultadas (anteras) contienen el polen (sacos polínicos).

**Evaporación:** La evaporación es el paso gradual del estado líquido al estado gaseoso. En el contexto del ciclo del agua, se trata del fenómeno por el cual el agua líquida se escapa a la atmósfera en forma de vapor de agua sin haber sido absorbida por seres vivos o por los suelos.

**Evapotranspiración:** La evapotranspiración es la acumulación y, más exactamente, la cantidad de agua total transferida del suelo a la atmósfera por la evaporación a nivel del suelo y por la transpiración de las plantas.

**Extinción:** Desaparición total de una especie en el mundo entero.

## F

**Fabáceas:** Plantas pertenecientes a la familia de las fabáceas, del latín «faba», haba.

Es una familia muy importante de 18.000 especies que abarca las plantas herbáceas, los arbustos, los árboles o las lianas, entre las cuales están el cacahuete o maní, la retama, el frijol (judía o alubia), el altramuz o chocho, el guisante (arveja o chícharo), la acacia y el algarrobo. Estas plantas tienen en común la facultad de absorber el nitrógeno del aire y de fijarlo en el suelo gracias a las bacterias fijadoras alojadas en los nódulos de sus raíces. En los ámbitos agrícola y económico, esta palabra designa más específicamente las especies cultivadas para alimento de los seres humanos y los animales. Se distinguen entonces las leguminosas forrajeras (trébol, alfalfa, esparceta o pipirigallo) de las leguminosas cultivadas por sus semillas (frijol, guisante).

**Familia:** En biología, la familia reúne los géneros (o grupos de especies similares) que presentan más similitudes entre sí. Constituye el quinto nivel de la clasificación clásica de las especies vivas según el siguiente orden: reino, tipo, clase, orden, familia, género y especie.

El género *Canis* que abarca 8 especies, entre ellas el chacal común, pertenece a la familia de los cánidos, que a su vez abarca 35 especies.

**Filotaxia:** Se denomina filotaxia al orden según el cual están insertas las hojas o las ramas en el tallo de una planta o, por extensión, la disposición de los elementos de un fruto, de una flor, de una yema o de un capítulo.

También se denomina filotaxia la ciencia que estudia esas disposiciones, las cuales dependen del número de hojas por nudo y de su ubicación a lo largo del tallo.

Se llama «alterna» cuando las hojas se disponen a uno y otro lado del tallo de manera alternada; «opuesta» cuando las

hojas restan una frente a otra en el tallo en cada uno de los niveles, y «verticilada» cuando hay tres hojas o más por nivel.

**Fitoterapia:** Tratamiento de las enfermedades mediante las plantas.

**Floema:** En la estructura de un árbol, el floema es el tejido conductor de la savia. En el floema, el movimiento de la savia es bidireccional, mientras que en las células del xilema, la solución nutritiva (agua y células muertas) sube desde el suelo de manera continua y ascendente.

**Foggara:** El término argelino «foggara» designa unas galerías subterráneas de gran longitud mediante las cuales se deriva agua a ciertos oasis, desde las mesetas o los macizos rocosos. Las galerías cortan una capa freática de la que drenan el agua en profundidad para transportarla hasta la superficie a los terrenos que deben regarse. Ello se logra gracias a una ligera inclinación, ya que todo el sistema se basa en la fuerza de la gravedad. Unos pozos verticales permiten ventilar y limpiar las foggaras. Son originarias del Irán, donde se denominan *quanat*, y también se utilizan en Marruecos donde llevan el nombre de *jettara*.

**Foliolo:** Elemento de una hoja compuesta.

**Fotosíntesis:** Proceso bioenergético que permite a las plantas sintetizar su materia orgánica, es decir, fabricar materia carbonada orgánica a partir del dióxido de carbono del aire, del agua y de las sales minerales del suelo, aprovechando la energía solar. Mediante la absorción de los azúcares fabricados durante la fotosíntesis, las plantas producen la materia vegetal que luego sirve de alimento a otros organismos vivos (herbívoros).

## G

**Gas de efecto invernadero:** Los gases de efecto invernadero son los gases presentes en la atmósfera que absorben los rayos infrarrojos que refleja la superficie

de la tierra cuando los rayos solares llegan a su suelo. Al absorber esas radiaciones, los gases de efecto invernadero aprisionan la energía térmica cerca de la superficie del globo terráqueo donde calienta la atmósfera terrestre. El aumento de la concentración de los gases de efecto invernadero en la atmósfera es un factor que está en el origen del calentamiento climático.

**Gavión:** Del italiano «gabbione», jaula de gran tamaño. Designa una especie de caja fabricada con una sólida malla de alambre, que contiene piedras y se utiliza, entre otros fines, para construir muros de contención.

Se emplean mucho los gaviones en África y en América Latina para contrarrestar los efectos de la erosión. Se colocan en batería o paralelamente a las márgenes de los ríos para luchar contra la erosión fluvial o torrencial. También sirven para estabilizar pendientes que se desmoronan y para reducir el impacto de las aguas de escorrentía.

**Gelivación:** Fragmentación de las piedras y las rocas causada por los efectos de la alternancia de las heladas y el deshielo, entre otros motivos por el aumento del volumen del agua intersticial debido a las heladas.

**Geófito:** Una planta geófito es un tipo de planta vivaz que posee órganos gracias a los cuales sobrevive a la estación desfavorable para su desarrollo (como el invierno en las regiones de elevada altitud), enterrada en el suelo. Ese órgano puede ser un bulbo (cebolla, lirio), un rizoma (tupimambo o pataca), o bien uno o varios tubérculos (patata o papa).

**Gimnosperma:** Del griego «gymnos», desnudo, y «sperma», semilla.

Las gimnospermas son las plantas cuyo óvulo está descubierto (no encerrado en un ovario, contrariamente a las angiospermas). La planta porta sus semillas en un fruto abierto, como las piñas. Todas las coníferas son gimnospermas. Existen unas 700 especies de gimnospermas.

**Gradiente:** Índice de variación de una magnitud, de un dato, entre dos puntos. Varios tipos de gradientes definen el medio montañoso por la variación de las condiciones ecológicas en función de la

altitud: disminución de las temperaturas, aumento de las precipitaciones, aumento de la radiación solar.

## H

**Hábitat:** Lugar en el que puede vivir una determinada especie vegetal o animal, a la que suministra lo necesario para satisfacer sus necesidades.

**Humus:** Mezcla compleja de materias orgánicas procedentes de la descomposición de los detritos vegetales (hojas secas) y animales por los microorganismos (invertebrados, bacterias, hongos) del suelo. El humus es una materia terrosa de color oscuro presente en la capa superficial del suelo y que participa en su fertilidad liberando nitrógeno y otros elementos nutritivos indispensables para el crecimiento de los vegetales.

## I

**Infiltración:** En hidrología, la infiltración es la penetración de las aguas superficiales en el subsuelo a través de las fisuras naturales de los suelos y las rocas. La presencia de vegetales y la escorrentía que se produce en su base facilita el fenómeno. A través de la infiltración y la percolación en el suelo, el agua superficial alimenta las capas freáticas.

**Inflorescencia:** La inflorescencia es la disposición de las flores en el tallo de una planta de flores (angiosperma). Se distinguen varios tipos de inflorescencias según la manera como estén dispuestas las flores: en capítulos, en racimos, en espigas...

**Insumo:** Desde el punto de vista económico, un insumo es un dato que entra en el marco de una producción. En un contexto agrícola, los insumos son los productos necesarios para el funcionamiento de

una explotación agrícola. Más a menudo se denomina «insumos» a los diferentes productos utilizados para mantener o mejorar las tierras y los cultivos, de los abonos a los productos fitosanitarios. La gestión de los insumos (relación entre su utilización y su eficacia, por ejemplo) se ha convertido en una tarea primordial de los agricultores.

**IRA:** El Instituto de Regiones Áridas es un centro de investigación y de formación especializado en el estudio de las zonas áridas y desérticas (ecosistemas, economía, sociedades rurales), especialmente del Sur de Túnez, con sede en Médenine. Es la sede tunecina del proyecto SUMAMAD.

## L

**Lapiaz:** La palabra «lapiaz», originaria del Jura, designa una formación geológica del suelo, en rocas calcáreas, que tiene un aspecto destrozado y surcado de cárcavas, fisuras y grietas a causa del escurrimiento de las aguas pluviales. La corrosión de la superficie acarrea a menudo perforaciones de la roca y la aparición de grutas o cavidades.

**Lava:** Roca en fusión, procedente de la corteza terrestre, más o menos fluida o pastosa, que emite el cráter de un volcán cuando tiene lugar una erupción.

**Leguminosa:** Sinónimo de fabácea. (Véase Fabáceas).

**Leña:** Madera utilizada por la población como principal fuente de energía doméstica, es decir, para cocinar los alimentos y para el alumbrado.

**Ligulada:** Se dice de los flósculos (pequeñas flores) en forma de lengüeta que forman, por ejemplo, el collar de las flores de las astéreas.

**Limbo:** Parte extendida y plana de una hoja con nervaduras que la recorren. También se habla del limbo de un pétalo o de un sépalo.

**Limo:** Conjunto de partículas minerales y orgánicas que los ríos y arroyos acarrear y depositan en el fondo de sus lechos o en sus orillas creando un depósito fino de partículas granuladas. Se habla de suelo limoso.

## M

**MAB:** El Programa sobre el Hombre y la Biosfera (MAB) de la UNESCO propone un proyecto interdisciplinario basado en la investigación y el fortalecimiento de capacidades tendiente a mejorar las relaciones entre las poblaciones y su medio ambiente general. La misión principal de este programa, iniciado a principios del decenio de 1970, consiste en disminuir la pérdida de diversidad biológica aplicando enfoques ecológicos, sociales y económicos. Con este fin, utiliza la Red Mundial de Reservas de Biosfera, integrada por 480 lugares en 2010 en todo el mundo, como un instrumento de intercambio de conocimientos, investigación y vigilancia, educación y formación, que favorece la gestión participativa.

**Magma:** Roca en fusión, que contiene gases disueltos, formada por fusión de la corteza terrestre bajo elevada presión. El magma es empujado naturalmente hacia arriba. Si llega a la superficie y brota cuando tiene lugar una erupción volcánica, se habla de lava.

**Mamífero:** Del latín «mamma», mama. Los mamíferos son animales de sangre caliente, inicialmente adaptados a la vida sobre tierra firme, aunque algunos se adaptaron secundariamente a la vida en el medio acuático (ballena, león marino, etc.). Pese a las grandes diferencias que existen entre ellos en cuanto al aspecto, el tamaño y el modo de vida, la mayoría de los animales de esta clase están cubiertos de pelos y todos amamantan a sus crías. Ningún otro grupo de animales presenta estas características.

Algunos ejemplos de mamíferos de las montañas: íbices, lobos, gorilas, macacos (Japón), guanacos (Andes), ardillas volantes de América del Norte, irbis, o panteras de las nieves, del Himalaya...

**Melífera:** Las plantas melíferas producen o suministran sustancias que pueden recolectar los insectos libadores para su transformación en miel. Esas sustancias son esencialmente el néctar y el rocío de miel o melazo; el polen es un ingrediente de la jalea real. Se considera que una planta es melífera cuando puede explotarla la abeja doméstica.

**Micorriziano:** relativo a la micorriza o asociación simbiótica entre los hongos y las raíces de las plantas. Un hongo micorriziano está, pues, asociado por simbiosis a la raíz de un vegetal. Mediante ese proceso de simbiosis, las hifas de los hongos ayudan a la planta a obtener minerales presentes en el suelo.

**Migración:** La migración consiste en un desplazamiento efectuado por numerosas especies con largos recorridos, con la finalidad de reproducirse o de huir del frío o de la sequía. El desplazamiento es de carácter periódico e implica el regreso regular a la región de donde partieron.

Las migraciones terrestres más espectaculares son las que efectúan inmensas manadas de mamíferos, como los ñus. Una migración característica en montaña es la del mirlo acuático (*Cinclus cinclus*), un ave que en la estación fría migra de las cotas elevadas a los llanos.

**Mimetismo:** La capacidad de determinados seres vivos para parecerse a elementos de su medio o a otros seres vivos, desde el punto de vista morfológico. Esta estrategia de imitación tiene por finalidad camuflarse y escapar a la vista de los predadores, atrapar presas o facilitar las relaciones con los congéneres.

**Monocultivo:** Modo de cultivo agrícola que consiste en plantar una sola especie en vastas superficies. El monocultivo es fuente de graves desequilibrios ecológicos porque puede provocar una erosión de los suelos y favorecer la proliferación de destructores de cultivos y de enfermedades.

**Morrena:** Acumulación de clastos minerales transportada por un glaciar o una capa de hielo, lo bastante gruesa como para crear un relieve. Podemos observar las morrenas atrapadas en el hielo o depositadas en la superficie de los suelos en los que se han acumulado.

**Multiplicación vegetativa:** La multiplicación vegetativa es un método de reproducción asexual. A diferencia de la siembra, con la que se obtienen nuevos especímenes (con un nuevo patrimonio genético), la multiplicación vegetativa genera clones (individuos genéticamente idénticos a la planta madre). Se obtiene de manera espontánea o provocada, sin intervención de la semilla, mediante un esqueje, un injerto o un estolón. Por consiguiente, la multiplicación vegetativa se opone a la multiplicación generativa o sexual con intervención de una semilla.

**Mutualismo:** Es una relación entre dos o varias especies vivas donde tanto el «simbionte» como el huésped sacan provecho de la situación. Las dos especies asociadas se adaptan a la relación y una modificación del comportamiento de una puede influir en la supervivencia de la otra. El ratel, un tejón africano, puede asociarse con el indicador, un pájaro. Con su canto, el pájaro guía al tejón hasta un nido de abejas. El tejón abre la colmena silvestre para comer la miel y deja al pájaro la cera y las larvas. Sinónimo de simbiosis.

## N

**Nevero:** Acumulación de nieve que, por su situación (orientación, relieve) no se derrite o tarda en derretirse y que por ello perdura por debajo del límite de las nieves eternas, incluso en verano. Puede ocasionar el nacimiento de un glaciar.

**Nicho ecológico:** Concepto empleado en ecología para expresar, por una parte, el lugar que ocupa una especie en un ecosistema y, por otra, el conjunto de condiciones y factores del medio que permiten a esa especie vivir, e incluso sobrevivir, alimentarse, reproducirse y asegurar el mantenimiento de la especie en el medio. Se trata, pues, de un concepto del espacio que ocupa una especie, que se refiere tanto al espacio físico como al papel funcional que desempeña la especie (comportamiento, función que cumple en el plano trófico) en el medio.

**Nitrógeno:** Elemento químico necesario para la constitución atómica de los seres vivos y que forma uno de los grandes ciclos biogeoquímicos del planeta.

**Nivel alpino:** Nivel comprendido entre 2.300 y 3000 m en los macizos montañosos de las regiones templadas. En él ya no hay ni árboles de hoja caduca, ni coníferas. Solo subsisten el césped alpino y algunos pocos arbustos.

**Nivel subalpino:** Nivel comprendido entre 1.700 y 2.500 m en los macizos montañosos de las regiones templadas. En él solo hay especies de árboles muy resistentes como el alerce o el abedul, más arriba de las coníferas comunes del nivel montañoso.

**Nutriente:** Sustancia nutritiva (elemento o compuesto químico) de naturaleza mineral u orgánica, indispensable para la fisiología de los organismos vivos. Los nutrientes que las plantas absorben para su crecimiento son los fosfatos, los nitratos, las sales minerales y el potasio.

## O

**Omnívoro:** Organismo vivo que se nutre de alimentos de origen animal o vegetal.

## P

**Paranieves o valla paranieves:** Muro o cúmulo prominente de piedras de buen tamaño que tiene por objeto proteger de los aludes en una pendiente.

**Parasitismo:** Es una relación entre dos seres vivos en la cual el parásito saca provecho del huésped viviendo en su interior o en su exterior. El parásito es un caso particular de predador que no pretende matar al huésped, sino alimentarse de él, pero que sin embargo

lo destruye. Por ejemplo, el gordio común (*Gordius aquaticus*), un gusano cilíndrico acuático, infecta el organismo de algunos ortópteros (insectos) que viven en la montaña y beben el agua de los torrentes.

**Pecíolo:** Soporte de una hoja mediante el cual queda unida al tallo.

**Percolación:** En hidrología, la percolación es el fenómeno mediante el cual el agua penetra y atraviesa los poros de un suelo o de una roca y migra lentamente a través de los suelos. Infiltración y percolación son dos procesos sucesivos indispensables para que las capas freáticas subterráneas se recarguen a partir de las aguas de superficie.

**Pistilo:** Conjunto de órganos femeninos de la flor, compuesto por el (o los) ovario(s), el (o los) estilo(s) y el (o los) estigma(s).

**Planta anual:** Una planta anual es una planta cuyo ciclo de vida (de la germinación a la muerte) se extiende durante un año, por lo que debe volver a plantarse regularmente.

**Planta aromática:** Las plantas aromáticas son las utilizadas en gastronomía por los aromas que desprenden y, en medicina natural, por los aceites esenciales que se pueden extraer de ellas.

Ejemplos: el genipi negro (*Artemisia genipi*), el apio de monte, o levístico (*Levisticum officinale*), la ajedrea (*Satureja montana*).

**Planta autóctona o indígena (o planta local):** Planta que crece naturalmente en una zona determinada de la distribución global de la especie y cuyo material genético se ha adaptado a ese lugar. Si la planta sólo se encuentra en un lugar o una región específicos del mundo, se habla de planta endémica.

**Planta leñosa:** Del latín «lignosus», «lignum», madera. Una planta leñosa es una planta constituida por madera. Cabe hablar de un tallo leñoso por oposición a un tallo herbáceo. El término se refiere a los árboles, arbustos y matorrales por oposición a las plantas herbáceas.

**Planta medicinal:** Planta utilizada por los seres humanos con fines terapéuticos.

**Planta mesícola:** Las plantas mesícolas son plantas anuales que crecen en las cosechas. Son plantas huéspedes de los medios agrarios modificados por el ser humano donde están implantadas naturalmente. Asociadas desde siempre a los cultivos, y aunque ofrecen un verdadero interés ecológico para éstos, se las considera malas hierbas y con frecuencia se las elimina.

**Planta ruderal:** Las plantas ruderales, del latín «rudus», escombros, son plantas que crecen en los taludes, los escombros, la acumulaciones de sedimentos, en los eriales y al borde de los caminos. Muchas veces indican la presencia de nitrógeno y acogen a una fauna variada. Porque facilitan determinados procesos de sucesión ecológica, también son colonizadoras y suplantán a otras especies vegetales.

**Poda:** En silvicultura, operación consistente en cortar las ramas laterales de un árbol, y a veces el tronco, para hacer crecer vástagos cuya madera se utilizará.

**Polinización:** Proceso de transporte de un grano de polen procedente de una planta de flores desde los estambres (órganos sexuales masculinos) hasta el pistilo (conjunto de órganos femeninos) de la misma especie, que hace posible la fecundación. Algunas flores son polinizadas por las abejas o los insectos, otras por las aves o ciertos mamíferos, otras por el viento. El proceso de polinización seguido por la fecundación es el modo de reproducción primordial de las plantas de flores (angiospermas).

**Porte:** En botánica, se entiende por porte el aspecto general de una planta. Se puede distinguir el porte estilizado y tupido de un ciprés, el porte ligero y estilizado de un alerce, el porte llorón, de ramas raídas, de un cedro llorón, etc.

**Precipitaciones:** Las precipitaciones pueden ser de distintos tipos: desde las gotitas de agua a los cristales de hielo, de líquido (llovizna, lluvia) a sólido (granizo fino, granizo grueso, nieve). Se forman en el interior de las nubes, conforme a mecanismos de condensación; las gotas que se agregan se hacen demasiado gruesas para permanecer en suspensión y caen al suelo.

**Predador:** Organismo vivo que captura presas vivas para nutrirse o para alimentar a sus crías, para lo cual utiliza numerosas estrategias. Los predadores tienen una influencia directa en las poblaciones de las presas y contribuyen a mantener el equilibrio biológico de los ecosistemas. Cabe distinguir los superpredadores, o predadores absolutos, es decir, los que no son a su vez presa de otros predadores.

**Productor:** En la representación de una red trófica que reúne las cadenas alimentarias de un ecosistema, la energía pasa de los productores de alimentos a los animales consumidores en una serie de etapas llamadas niveles tróficos y representadas clásicamente por las hiladas sucesivas de una pirámide más o menos alta. Los productores son las especies vegetales que producen proteínas y azúcares a partir de la energía luminosa del sol y la convierten en formas utilizables por otros organismos.

## R

**Racimo:** Tipo de inflorescencia constituida por un eje en el que se insertan, a diferentes niveles, flores pedunculadas.

**Recursos:** Los factores abióticos de un ecosistema se dividen en dos categorías: los recursos y las condiciones. Los recursos, en el ámbito abiótico, se refieren al agua, al dióxido de carbono, a la luz, a los nutrientes del suelo y al espacio.

**Recursos naturales:** Son los elementos minerales o biológicos para los cuales el ser humano ha encontrado un uso. Por lo tanto, el concepto de recurso natural implica la idea de aprovechamiento. Pueden dividirse en dos grupos:

Los recursos no renovables, constituidos por las materias primas minerales, como los metales;

Los recursos renovables, que pueden ser explotados sin que se agoten, siempre que la extracción sea proporcionalmente inferior a la productividad disponible, como es el caso de los bosques. Hoy en día, persiste y se confirma la tendencia al agotamiento de los recursos naturales.

**Red trófica:** Este término designa el conjunto de las cadenas alimentarias relacionada entre sí dentro de un sistema.

Estas cadenas alimentarias ponen en relación las diversas categorías ecológicas de seres vivos que constituyen la biocenosis, a saber:

- los productores, es decir, las plantas verdes, primer nivel trófico;
  - los consumidores primarios, es decir, los animales herbívoros, segundo nivel trófico;
  - los consumidores secundarios, por lo general carnívoros y parásitos, tercer nivel trófico; y
  - los consumidores terciarios o superpredadores, cuarto nivel trófico.
- Sin olvidar a los descomponedores que reducen y mineralizan la materia orgánica muerta (véase el esquema de la pág. 25).

**Reino:** Para la ciencia, el reino es el nivel más alto de la clasificación de los seres vivos. Con la excepción de los virus, los seres vivos se dividen en cinco reinos: los animales, los vegetales, los hongos, los protistas (organismos eucariotas unicelulares) y los procariotas (como las bacterias).

**Roca ígnea:** Las rocas ígneas o magmáticas proceden del magma, materia en fusión en el interior de la Tierra. Cuando el magma se enfría y se solidifica lentamente en profundidad, da rocas de grano basto como el granito, roca magmática plutónica; cuando erupciona en la superficie, el magma se enfría rápidamente en basalto o en otra roca magmática volcánica.

**Roca sedimentaria:** Las rocas sedimentarias proceden de la consolidación de capas de materiales transportados por el agua o el viento, provenientes de clastos y de origen mineral a raíz de la degradación de otras rocas, de detritos de origen orgánico a raíz de la degradación de organismos vegetales o de animales, o bien resultante de mecanismos de precipitación química.

**Roseta:** En botánica, una roseta procede de la disposición circular de las hojas de una planta, distribuidas a partir del cuello de la planta, es decir, de la zona de transición entre la raíz y el tallo. En condiciones climáticas rigurosas, las rosetas proceden de la adopción de tallos cortos, cercanos al suelo, y por lo general indican la presencia de brotes bajo capas de follaje.

## S

**Sedimento:** Materiales procedentes principalmente de la erosión de las rocas (suelo, arena, arcilla, gravas, bloques) transportados por diversos agentes como el agua, el viento, el hielo o la gravedad y que, cuando se depositan, se vuelven compactos y forman una roca. También pueden provenir de materia orgánica (acumulación de conchas o de fragmentos de corales).

**Siempreverde:** del latín «semper» y «virens», siempre verde. En botánica, este término se refiere a una planta que conserva sus hojas todo el año, por oposición a los árboles de hojas caducas. En las regiones montañosas, algunos caducifolios conservan sus hojas, como la encina (*Quercus ilex*) en las laderas meridionales de los Alpes internos del Sur, o las numerosas especies de laureles de las montañas chinas. Sin embargo, la mayoría de las especies siempreverdes son coníferas; entre las más representativas están las secuoyas gigantes de Sierra Nevada o el abeto rojo de California (*Abies magnifica*).

**Simbiosis:** La simbiosis es una relación entre dos o varias especies vivas en la que tanto el «simbionte» como el huésped sacan provecho de la situación. Las dos especies asociadas se adaptan a la relación y una modificación del comportamiento de una puede influir en la supervivencia de la otra. El ratel, un tejón africano, puede asociarse al indicador, un pájaro, el cual le guía con su canto hasta un nido de abejas. El tejón abre la colmena silvestre para comerse la miel y deja al pájaro la cera y las larvas. Sinónimo de mutualismo.

**Sinusia:** Es el conjunto de los organismos vivos (por lo general procedentes de un mismo estrato del medio) que están lo bastante cercanos por su espacio vital, su comportamiento ecológico y su periodicidad como para compartir en una estación o un período determinados del año el mismo medio.

**Simple (hoja):** Hoja cuyo limbo es de una sola pieza, no compuesta. Ejemplo: La hoja del haya púrpura o la del ginkgo.

**Sitio natural sagrado:** En todo el mundo, las sociedades tradicionales han otorgado un estatuto especial a los sitios naturales que consideran sagrados. Estos representan la diversidad de sistemas de creencias tradicionales que existen en múltiples formas. Ya sean bosques o montañas sagradas, manantiales, ríos, lagos o grutas sagradas y otros muchos ejemplos de sitios y de lugares venerados, tienen en común la dimensión de gran significación e importancia que reviste lo que se identifica como espiritual. Por definición, fueron los primeros sitios protegidos que hubo en la Tierra.

**Sobrepastoreo:** Práctica que consiste en hacer pastar a un número excesivo de reses durante un período demasiado largo en tierras que no llegan a regenerarse y a reconstituir su vegetación. Este término también puede referirse a la práctica consistente en hacer pastar a rumiantes en tierras no adaptadas al pastoreo debido a parámetros físicos como la pendiente. El sobrepastoreo lleva a la erosión del suelo y a la destrucción de una cubierta vegetal ya frágil o mala.

**Solana:** La ladera de una montaña más expuesta al sol. En el hemisferio Norte, corresponde a la ladera sur.

**Sucesión ecológica:** En ecología, una sucesión ecológica representa el proceso de desarrollo de un ecosistema a lo largo del tiempo. El proceso consiste en una serie de etapas que se suceden según un orden adecuado, como las fases sucesivas muy diferenciadas de una vegetación pionera herbácea, que rápidamente pasa a ser de tipo matorral y luego arbustiva. Las transformaciones de las comunidades vegetales y animales, del suelo y del microclima que caracterizan a una sucesión son especialmente fuertes en el caso de las sucesiones posteriores a una perturbación importante, por ejemplo, después de una tala forestal o de fuerte tempestad.

**Suculenta:** Las plantas suculentas son plantas carnosas, adaptadas a los medios secos, que acumulan y almacenan reservas de agua en sus órganos (hojas, tallos o troncos), a lo cual se debe su forma voluminosa.

**SUMAMAD** (Sustainable Management of Marginal Drylands): SUMAMAD es un proyecto del Programa sobre el Hombre y la Biosfera (MAB) de la UNESCO cuya misión consiste en reforzar la gestión sostenible de las tierras áridas marginales en África del Norte, en América Latina y en Asia. El proyecto propone métodos de gestión que favorecen la viabilidad económica, la conservación de los recursos, especialmente de los suelos y de las reservas de agua, y que fomentan la rehabilitación de las tierras degradadas con un enfoque que se basa en la participación de las comunidades locales. La formación, el fortalecimiento de capacidades y la interacción con los propietarios rurales, los agricultores y otros colaboradores y participantes es una dimensión clave del proyecto, que integra a la vez las prácticas de gestión tradicionales sostenibles y los conocimientos científicos especializados.

## T

**Tabia:** Barrera de tierra y piedras, a veces muy gruesa, edificada en la parte delantera de parcelas agrícolas acondicionadas en terrazas en pendientes más bien suaves en África del Norte. Las tabias sujetan la parte llana de las parcelas, el yesur, donde se llevan a cabo los cultivos.

**Tectónico:** Relativo al estudio de las estructuras geológicas como las cadenas montañosas o las cordilleras y de los mecanismos que las causan, esto es, los fenómenos de convergencia, de colisión y de divergencia de las placas que forman la corteza terrestre.

**Tomentosa:** Dícese de una planta de aspecto velludo, recubierta de pelos, los cuales suelen tener por función retener el rocío o frenar el agostamiento o desecación a gran altura.

**Transformadores:** Esta palabra designa una categoría de descomponedores de una red trófica: los que rematan la labor de los detritívoros descomponiendo la materia muerta ya modificada hasta

un estado inorgánico, de compuestos químicos.

Ejemplos: las bacterias y los hongos del suelo.

**Transpiración:** Cabe distinguir la transpiración animal de la transpiración vegetal. La transpiración animal es la evacuación del sudor en el ser humano y en los mamíferos por los poros de la piel. Regula la temperatura del cuerpo.

La transpiración vegetal es la eliminación del vapor de agua que hay en exceso en las plantas. Es un proceso continuo que engloba a la vez la evaporación de agua por las hojas y la absorción simultánea de agua por las raíces en el suelo. La transpiración tiene lugar a nivel de los estomas y actúa como motor en la circulación de la savia.

**Trasplante:** Acción consistente en sacar de tierra una planta herbácea o un árbol (por lo general, en su estado de plantón) y replantarla en otro lugar.

**Tubulada:** Tubulada o tubulosa. Dícese de los flósculos (pequeñas flores) en forma de tubo que forman el corazón de las flores en las asteráceas.

**Túmulo:** Promontorio artificial, circular o no, que recubre una sepultura. Actualmente existen muy pocos túmulos de tierra; en cambio, los de piedra (cairns) se han conservado bastante bien. Las civilizaciones de la América precolombina y del antiguo Egipto fueron grandes constructoras de túmulos.

## U

**Umbría:** Por oposición a la solana, la umbría es la ladera de una montaña menos expuesta al sol. En el hemisferio Norte, la umbría corresponde a la ladera septentrional.

**UNESCO:** Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

Los programas científicos de la UNESCO relacionados con la ecología ponen las

ciencias ecológicas y las ciencias de la Tierra al servicio del desarrollo sostenible. Esos programas contribuyen, entre otras cosas, a la lucha contra la desertificación y la erosión en las montañas. Las actividades relacionadas con la diversidad biológica se realizan principalmente a través del Programa sobre el Hombre y la Biosfera (MAB). El Programa Hidrológico Internacional (PHI), se ocupa del problema prioritario de los recursos hídricos y los ecosistemas en que se basan, procurando disminuir los riesgos que corren los sistemas hídricos. Las principales actividades de investigación en los campos de la geología y de la geofísica se organizan en el marco del Programa Internacional de Ciencias de la Tierra (PICG).

## V

**Valle monoclinal:** Valle a menudo estrecho excavado por la erosión, situado en la cúspide y en el eje de la bóveda de un pliegue (relieve).

**Vernacular:** relativo a una región determinada, a un país o a su población.

**Vivaz:** Una planta vivaz es la que vive como mínimo dos años (contrariamente a las plantas anuales o bianuales), pero que con frecuencia vive mucho más tiempo. Las plantas leñosas (árboles, arbustos, matorrales) o las gramíneas silvestres son por definición plantas vivaces. Si bien es posible que conserven su follaje mientras hace mal tiempo (especies de los bosques caducifolios siempreverdes), por lo general éste desaparece y la planta sobrevive gracias al tocón que permanece en el suelo, o a un órgano de supervivencia enterrado en el suelo (bulbo) o se reproduce por multiplicación vegetativa.

**Vivero:** En agricultura, silvicultura, arboricultura u horticultura, un vivero es un campo o una parcela de tierra que se reserva principalmente para la multiplicación de las plantas leñosas (árboles, arbustos) o de otras plantas vivaces y para su cultivo hasta que alcancen la etapa en que pueden ser trasplantadas.

## X

**Xilema:** En la estructura de un árbol, el xilema es el tejido que posee la capacidad de transportar grandes cantidades de agua desde el suelo nutritivo hasta las hojas que realizan la fotosíntesis. Transporta, pues, una solución que contiene agua y sales minerales a la cima y las hojas, que actúan a modo de bombas succionadoras.

## Y

**Yesur:** Zona de acumulación de materiales no consolidados, limos y arenas, en la parte trasera de las tabias o barreras situadas en la parte delantera de algunas terrazas en África del Norte. Esas parcelas enriquecidas, relativamente llanas, permiten implantar cultivos que necesitan bastante agua: granados, almendros, cultivos anuales.

## Z

**Zai:** En África, el zai es una técnica tradicional de preparación del suelo que consiste en cavar hoyos en el suelo para recuperar una parte del agua de escorrentía y luego sembrar semillas de mijo o de sorgo para que la sementera sea menos sensible en caso de lluvias irregulares. Se mejora la técnica preparando muy temprano los terrenos, con bastante antelación a las lluvias: se colocan detritos orgánicos en los hoyos y las termitas acuden a alimentarse de ellos y cavan galerías que permiten una mayor infiltración de las aguas; a continuación se puede plantar agregando asimismo estiércol.

**Zoocoria:** Se entiende por zoocoria el modo de dispersión de las semillas de los vegetales que realizan los animales. Las semillas pueden ser diseminadas por medio de los excrementos (endozoocoria) o por transporte externo gracias a unos

ganchos o arpones que poseen los frutos que se adhieren a los pelos de los animales (epizoocoria).



## Agradecimientos

---

Deseamos agradecer especialmente a las siguientes personas e instituciones por haber contribuido a mejorar el material educativo:

Jean-Pierre Ablard, Nina Cooper, la Escuela Perceval de Chatou, Donald Gabriels, Alexander Otte y los fotógrafos Yann Arthus-Bertrand, Olivier Brestin y Michel Le Berre.

## Una manera creativa de educar sobre el medio ambiente

Este manual del profesor forma parte del material educativo titulado *Una manera creativa de educar sobre el medio ambiente / Material educativo para los países situados en zonas montañosas* publicado por la UNESCO.

El material está disponible en tres idiomas (español, francés e inglés) y consta de dos documentos:

- El manual del profesor, elemento principal del material, organizado en tres capítulos;
- El cuaderno de la clase dirigido a los alumnos.

[www.unesco.org/publishing](http://www.unesco.org/publishing)



Organización  
de las Naciones Unidas  
para la Educación,  
la Ciencia y la Cultura

Sector de  
Ciencias exactas  
y naturales