

# Biogeografía

© Juan Carlos García Codron

## Tema 3. Los seres vivos en las regiones frías de altas latitudes



### **3.0 Introducción: los seres vivos en las regiones frías de latitudes altas**

#### **3.1 Los efectos limitantes del frío.**

#### **3.2. La adaptación de los seres vivos al frío y a la estacionalidad.**

#### **3.3 Los biomas de las regiones frías.**

#### **3.4 La huella humana en los paisajes de las regiones frías**

### 3.0 INTRODUCCIÓN: LOS SERES VIVOS EN LAS REGIONES FRÍAS DE ALTAS LATITUDES



Las regiones de altas latitudes de ambos Hemisferios se encuentran sometidas a climas fríos que impiden o limitan muy seriamente la actividad de los seres vivos y que dan por ello lugar a biomas originales condicionados por las bajas temperaturas.

Se trata de áreas prácticamente despobladas y desigualmente conocidas que hasta hace poco tiempo se consideraban marginales por lo que, generalmente, se han descrito de manera muy esquemática. Sin embargo, abarcan una superficie muy extensa tanto oceánica como continental e, inevitablemente, contienen un mosaico de ambientes distintos dependiendo, entre otros, de la latitud, altitud y cercanía al mar.

Desde un punto de vista biogeográfico, estos ambientes pueden agruparse en cinco grandes conjuntos:

- Áreas permanentemente cubiertas de hielo. Son los únicos estrictamente “polares” y constituyen los ambientes más extremos de la superficie terrestre hasta el punto de que carecen prácticamente de vida superior.
- Los desiertos polares, que ocupan superficies no glaciadas intercaladas entre las anteriores o situadas alrededor de ellas y con una bajísima productividad biológica por el efecto combinado de las bajas temperaturas y de la falta de agua líquida.
- La tundra, franja en la que las temperaturas estivales son insuficientes para permitir el desarrollo de los árboles pero en la que existe una cubierta herbácea o arbustiva bien desarrollada y una fauna diversificada.
- El bosque boreal (o “taiga”), que se extiende por amplios territorios subárticos o continentales del Hemisferio Norte. Está dominado por las coníferas y, en su

franja más meridional se enriquece con numerosas especies propias de las regiones templadas de latitudes medias.

- Los mares polares. Sus aguas son muy frías y pueden estar cubiertas por una capa de hielo durante todo el año o una buena parte del mismo. Sin embargo, son ricas en oxígeno y nutrientes y tienen una alta productividad biológica lo que permite una relativa abundancia de seres vivos

Cada una de estas áreas presenta características propias e inconfundibles y sus límites, salvo en el caso de la transición tundra-taiga, son muy netos. Sin embargo, es frecuente que “piezas” de uno u otro tipo (o de sus distintas subunidades) se intercalen entre sí originando un mosaico que contribuye a romper la monotonía biopaisajística de estas regiones.

### 3.1 LOS EFECTOS LIMITANTES DEL FRÍO

Todos los organismos necesitamos energía para desarrollar nuestras funciones vitales y para relacionarnos con nuestro entorno, con el que se producen continuos intercambios energéticos (ver el apartado “ecosistema”). La fuente primaria de energía para la práctica totalidad de los animales y plantas es la radiación solar que nos proporciona luz (imprescindible para la fotosíntesis) y calor (del que dependen todas las reacciones bioquímicas que tienen lugar en nuestros organismos). De ahí que el frío y la falta de luz durante el invierno sean dos factores muy limitantes para la vida en estas latitudes.

Los animales pueden adaptarse sin excesiva dificultad a la falta de luz. Además, al estar dotados de movimiento, pueden adoptar pautas de conducta que les permitan defenderse del frío siempre que dispongan de alimento o reservas suficientes para mantener su temperatura corporal por encima de unos umbrales críticos.

Sin embargo las plantas, que no pueden desplazarse, están más desprotegidas. Por un lado, sus funciones vitales dependen del mantenimiento de intercambios continuos con el exterior por lo que, al no disponer de sistemas eficaces para regular su temperatura interna, no pueden evitar el enfriamiento. Por otra parte, la falta de luz durante las larguísimas noches polares impide la fotosíntesis y obliga a los vegetales a paralizar su actividad durante periodos muy prolongados, algo que muchas especies no son capaces de soportar.

De forma adicional, la persistencia de temperaturas negativas implica que el agua permanezca durante gran parte del tiempo en estado sólido y, por tanto, no pueda ser absorbida por las plantas y ello, unido al efecto desecante del viento, produce situaciones de déficit hídrico que dificultan aún más la supervivencia de los vegetales.

Pero, además, la eficacia de la fotosíntesis (como la de la mayoría de los procesos metabólicos) depende de la temperatura ambiental y se va reduciendo a medida que lo hace el calor hasta quedar bloqueada por debajo de un determinado umbral. Esto supone que en las regiones frías la productividad de los ecosistemas sea siempre reducida y que las plantas no pueden compensar la brevedad de la estación útil con un crecimiento más rápido tal como ocurre en otras regiones del mundo.

Por supuesto, la resistencia al frío varía mucho de unas especies a otras ya que algunas han adoptado formas o ritmos vitales que les ayudan a soportar mejor la dureza de los inviernos o incluso son capaces de sintetizar compuestos que actúan como “anticongelantes” evitando la aparición de hielo en las células (ver apartado siguiente). De hecho, en los entornos más extremos, sólo son capaces de sobrevivir animales y plantas que disponen de todo un conjunto de adaptaciones al frío, a la aridez y a la falta de luz dando lugar a entornos muy originales y valiosos.

### 3.2 LA ADAPTACIÓN DE LOS SERES VIVOS AL FRÍO Y A LA ESTACIONALIDAD

#### Las plantas

El frío, el déficit hídrico y la falta de luz a lo largo de todo el invierno son circunstancias que condicionan las posibilidades de supervivencia de los vegetales en las regiones frías de altas latitudes y frente a las que las plantas han adoptado distintos tipos de estrategias:

La primera de ellas, y la más evidente, es de tipo morfológico y consiste en la reducción del tamaño. Por eso, la mayor parte de las plantas de las regiones frías son pequeñas y adoptan un porte rastrero o almohadillado.



La escasa productividad de estos ecosistemas y las ventajas que ello supone para soportar el frío favorecen a las plantas de pequeño tamaño y con porte rastrero o almohadillado.

Foto: "bosque" de abedules enanos en el área de Godafoss (Islandia).

Estas pequeñas dimensiones se deben, ante todo, a la escasez de nutrientes del suelo (especialmente de nitrógeno) y a la lentitud con la que crecen las plantas de las regiones frías. Sin embargo, se convierten en una ventaja ya que las formas resultantes son las más idóneas para hacer frente a los fuertes vientos y mantener un ambiente húmedo y con menos contrastes de temperatura en su interior a la vez que para aprovechar de forma óptima el calor que desprende el suelo. Por otra parte, permiten que durante el invierno las plantas queden totalmente recubiertas por una capa de nieve que, actuando como aislante térmico, mantiene las temperaturas cerca de 0°C evitando los fríos extremos.

De forma complementaria, muchas plantas se recubren de una borra o pilosidad que retiene eficazmente la humedad y el calor.

En los lugares en los que se producen situaciones de aridez climática o donde el suelo se hiela y la absorción a través de las raíces se vuelve particularmente difícil, numerosas especies presentan adaptaciones xeromórficas que les permiten reducir las pérdidas de agua por transpiración. Pueden aparecer entonces plantas suculentas y con cutícula cerosa, hojas pequeñas y coriáceas u otras adaptaciones similares a las que se producen, con idéntico motivo, en las demás regiones secas o desérticas de toda la tierra.

Pese a la importante ayuda que suponen los recursos descritos, los inviernos son excesivamente adversos para las plantas y éstas se ven obligadas a paralizar su actividad cada año durante la estación fría. Por eso, al llegar el otoño las plantas leñosas ralentizan al máximo su actividad fisiológica entrando en un estado de reposo vegetativo. Al mismo tiempo aumenta la concentración de los jugos celulares lográndose un efecto anticongelante y el “endurecimiento” de diversos órganos que mejoran con ello su resistencia a las bajas temperaturas.



La xeromorfia, que se asocia a los desiertos cálidos, también proporciona ventajas a las plantas de las zonas frías sometidas a temperaturas moderadas pero expuestas a riesgo de deshidratación.

Foto: Rhodiola rosea, planta suculenta muy extendida por las regiones frías del Norte de Europa

Dado que durante gran parte del año la actividad de las plantas queda forzosamente paralizada por razones climáticas, el tiempo del que éstas disponen para el desarrollo de sus ciclos vitales es muy limitado y puede quedar reducido a una breve estación de algunas semanas de duración. Por eso, muchas de las especies presentes en las regiones frías son tributarias de distintos mecanismos para contrarrestar los inconvenientes derivados de la brevedad del periodo vegetativo y sin los cuales su presencia no sería posible en estas regiones.

Entre ellas existe un grupo que ha adoptado la estrategia de extender sus ciclos vitales a lo largo de dos o más años. Durante la primera temporada dichas especies desarrollan sus yemas florales que, tras soportar el invierno bajo la nieve, estarán listas para florecer rápidamente en primavera dejando tiempo suficiente para la maduración del fruto y la producción de semillas a lo largo del segundo verano.

En Groenlandia la mitad de las plantas adoptan esta estrategia: producen hojas y yemas un año pero retasan la floración hasta el siguiente lo que obliga a las partes verdes a soportar temperaturas de  $-30^{\circ}\text{C}$  bajo la nieve pero, a cambio, permiten una floración casi inmediata al llegar la estación favorable.

Existen incluso especies aperiódicas cuyo desarrollo se prolonga durante varios años interrumpiéndose en cualquiera de sus fases cada vez que llega el invierno y acelerando sus ciclos vitales en verano. Gracias a ello, estas plantas logran librarse relativamente de las limitaciones que impone la brevedad del periodo vegetativo aprovechando al máximo la larga duración de las jornadas estivales.

La lentitud del crecimiento y las sucesivas y prolongadas interrupciones que se producen cada invierno implican un inevitable alargamiento de los ciclos vitales de las plantas y muchas de ellas necesitan años para superar etapas que en otras regiones del mundo no requieren más que algunos días. Eso explica que las plantas de las regiones frías sean normalmente muy

longevas: los típicos arbustos enanos de la tundra suelen alcanzar entre 40 y 200 años y la vida de algunas herbáceas supera un siglo.



Las plantas necesitan mucho tiempo para crecer por lo que reducen su desarrollo al mínimo imprescindible. Algunos sauces empiezan a reproducirse en cuanto son capaces de superar el espesor de la capa de musgo.

Foto: Sauces enanos en Grabrok, Islandia

La reproducción es una etapa especialmente crítica para las plantas de estas regiones y en su forma más habitual, sexuada, resulta imposible muchos años favoreciendo a las especies que, de forma complementaria, recurren a la multiplicación vegetativa (normalmente mediante la propagación de sus rizomas o bulbos).

En cuanto a la polinización, no puede depender exclusivamente de los insectos ya que éstos son escasos o pueden faltar totalmente ciertas temporadas. De ahí que la mayor parte de las plantas sean anemófilas (dependientes del viento para la dispersión del polen) y no necesiten disponer de flores muy sofisticadas.

Por otra parte, dada la escasa productividad de los medios fríos y el poco tiempo disponible para generarlas, las semillas son muy pequeñas no superando 1mg de peso en tres cuartas partes de las especies presentes en la tundra y favoreciendo su propagación que, del mismo modo que ocurría con el polen, es realizada casi siempre por el viento o por el agua. Sin embargo, su número puede ser muy grande lo que, unido a la eficacia dispersante del viento, confiere a estas plantas una elevada capacidad para colonizar espacios vacíos.

Sólo en las regiones más productivas, en la tundra arbolada o en el bosque boreal, la vegetación diversifica sus estrategias y adquieren importancia otras formas de dispersión apareciendo entonces las bayas, pequeños frutos o semillas de mayores dimensiones que aprovechan a los animales para su dispersión ("zoocoria").

Gracias a todos los recursos descritos, las plantas se acomodan bien al ritmo de las

estaciones utilizando incluso el frío en su beneficio para regular el desarrollo de sus embriones y poder germinar adecuadamente en primavera. Las mejor adaptadas suelen ser herbáceas perennes (hemicriptófitas y geófitas que disponen de gruesas raíces en las que acumulan reservas de un año para otro) o leñosas (caméfitas en la tundra y fanerófitas en el bosque boreal). Sin embargo, las terófitas, que no suelen tener tiempo para desarrollar sus ciclos anuales y otros grupos menores están poco representadas.



El viento es el agente dispersante del polen y semillas de la mayor parte de las plantas de las regiones frías. Para favorecer su propagación, las semillas reducen mucho su tamaño y adoptan formas adecuadas para ello.

Foto: algodón ártico (*Eriophorum* sp) en Leppäjärvi, Finlandia.

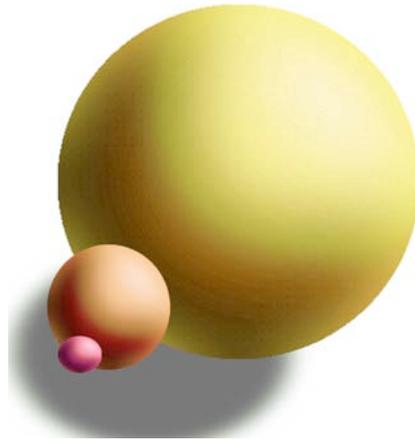
### **Adaptaciones de la vida animal**

El principal reto con el que se enfrentan los animales de las regiones frías es el de mantener su temperatura corporal dentro de unos límites compatibles con la vida. Para ello, existen dos grandes tipos de estrategias: mientras que los organismos homeotermos (“de sangre caliente”) hacen todo lo posible por conservar el calor, los ectotermos (o animales “de sangre fría”) intentan incrementar su resistencia al frío y hacer coincidir la totalidad de sus ciclos vitales con los periodos más cálidos del año (algo que sólo resulta posible en los animales de vida muy corta y que excluye a los reptiles y anfibios).

La capacidad de un organismo para producir y conservar el calor está muy relacionada con su volumen corporal y morfología: cuanto mayor es un animal menor es la superficie que expone en relación a su masa total lo que significa que un animal grande pierde menos calor que uno pequeño.

La morfología tiene el mismo efecto ya que también determina la superficie corporal: las formas esféricas y redondeadas reducen la superficie de contacto con la atmósfera y, por tanto, protegen del frío, mientras que las alargadas o angulosas lo hacen mucho peor.

Por estas razones, los mamíferos de las regiones frías suelen ser mayores y “más gordos” que sus inmediatos parientes de las regiones más cálidas y suelen tener sus patas o partes salientes (morro, orejas...) más cortos.



En las regiones frías la relación entre la superficie de contacto con la atmósfera y la masa corporal favorece a los animales más voluminosos:

En un supuesto organismo esférico de 1 litro de volumen (1 kg apr.) esa relación es igual a 3.

En un organismo de 3 litros es igual a 1.

En un organismo de 10 litros, la relación es de tan sólo 0,3.

Ello significa que a igual forma, un organismo de 1 litro debe producir 10 veces más calor para mantener su temperatura que uno de 10 litros.

Lo anterior explica la tendencia que se observa en la fauna de las regiones frías donde, comparativamente, las grandes especies son muy abundantes. Sin embargo, y aunque se encuentren en desventaja, eso no significa que falten los animales pertenecientes a grupos de dimensiones más moderadas (como los roedores o diversas aves).

Un caso muy representativo es el de los lemmings, pequeños roedores que ni disponen de reservas corporales para superar el invierno ni pueden migrar debido a sus exiguas dimensiones y que permanecen activos durante todo el invierno excavando galerías bajo la nieve para poder sobrevivir. Son capaces de alimentarse prácticamente con cualquier planta y, al cabo de un año, necesitan consumir una cantidad de materia vegetal 1000 veces superior a la de su propio peso para mantener su temperatura y constantes vitales. Son gregarios y forman grandes colonias por lo que sus frecuentes explosiones demográficas resultan muy perturbadoras para la vegetación.

Otra baza con la que cuentan algunas especies homeotermas es la de ser capaces de reducir la circulación de la sangre en algunas partes de su cuerpo lo que permite rebajar la temperatura de los órganos implicados y, por tanto, sus necesidades energéticas.

De este modo, mientras que la temperatura corporal de los renos (*Rangifer tarandus*) es de 38°C, la de su morro puede bajar a 20° y las patas, en contacto con la nieve, pueden alcanzar 9°C.

Los animales homeotermos se protegen del frío recubriéndose con gruesas capas de pelo, pluma o grasa subcutánea que ayudan a mantener la temperatura proporcionando un excelente aislamiento. Su eficacia es tal que ciertos animales, como el buey almizclero (*Ovibos moschatus*), no pueden hacer esfuerzos prolongados al no ser capaces de disipar el calor generado por ellos. En cuanto a la grasa, que es particularmente espesa en los mamíferos acuáticos, resulta doblemente útil ya que, además de aislar, constituye una reserva que los animales van utilizando en caso de escasez.

Muchas especies mudan estacionalmente su pelaje o plumaje adaptándolo a las necesidades de cada época. De este modo, en verano la capa de pelo o pluma es fina y oscura para facilitar la absorción del calor solar mientras que en invierno se vuelve muy espesa y blanca brindando protección contra el frío y mimetismo. Gracias a ello en invierno, tanto los predadores (lobo, zorro ártico...) como sus víctimas (liebres, lagópodos...) son perfectamente

blancos y se confunden en la superficie nevada pero todos ellos presentan tonos oscuros en la estación cálida.



Los animales de las regiones frías tienden a tener formas redondeadas y una gran corpulencia. Además, se protegen del frío con gruesas pieles aislantes que, en invierno, se vuelven blancas para lograr una buena mimetización en la nieve.

Foto: lobo ártico (*Canis lupus arctos*)

En las regiones marcadas por una fuerte estacionalidad algunas especies optan por la hibernación. El hecho no es muy frecuente en las zonas de clima más extremo ya que los animales se exponen a morir congelados en caso de permanecer inmóviles durante largos periodos. Sin embargo, es un mecanismo adaptativo que resulta eficaz en las regiones de clima algo más benigno y donde los animales son capaces de acumular buenas reservas en su cuerpo.

La hibernación es un estado de hipotermia regulada que permite un descenso gradual de la temperatura corporal hasta valores próximos al punto de congelación. Durante la misma, la respiración y el ritmo cardíaco disminuyen notablemente y las distintas funciones metabólicas se reducen hasta prácticamente quedar paralizadas con lo que el animal es capaz de sobrevivir durante todo el invierno con sus propios recursos y sin necesidad de exponerse a la intemperie.

Existen distintos grados de letargo o hibernación que producen desde un sueño profundo y muy prolongado a una simple modorra más o menos pasajera. En los casos más extremos resulta arriesgada ya que los animales van consumiendo sus recursos y pueden terminar excesivamente debilitados.

Pero las especies capaces de hibernar son muy pocas y la mayor parte de las aves y grandes mamíferos optan por abandonar la región durante la temporada invernal migrando hacia zonas más clementes.

La capacidad migratoria de algunas especies es sorprendente y alcanza su máxima expresión en las que viven en el mar o dependen de él. El ejemplo más llamativo lo ofrece el charrán ártico (*Sterna paradisaea*), ave marina de tamaño intermedio que cría en las orillas del Ártico pero vuela cada temporada hasta las del Antártico permitiéndole “disfrutar” de dos veranos al año a cambio de realizar desplazamientos superiores a 50.000 km. Dada su gran longevidad, un charrán puede recorrer cerca de 800.000 km a lo largo de su vida.



La mayoría de las aves y un buen número de mamíferos de las regiones frías emigran durante la estación fría realizando desplazamientos muy importantes. El charrán ártico (foto) se desplaza anualmente desde el Ártico, donde tiene lugar la reproducción, hasta el Antártico recorriendo varias decenas de miles de kilómetros cada temporada.

Aunque los desplazamientos de la mayor parte de las especies son mucho más reducidos, bastan para que, en la práctica, sean muy pocas las especies que pasan el invierno en las regiones polares y de tundra.

La diferente distribución de tierras y mares explica que las regiones polares del hemisferio boreal sean mucho más ricas en fauna que las del austral: mientras que en el primero los animales pueden migrar sin problemas a través de todo el Norte de América o Eurasia, el continente antártico está totalmente rodeado por mar bloqueando cualquier posible desplazamiento de los animales terrestres.

Para facilitar los movimientos sobre la nieve, las patas de algunos animales se recubren de un denso pelaje (o plumaje) que protege del frío a la vez que facilita los desplazamientos al ensanchar la superficie de contacto y actuar a modo de raquetas de nieve.

### 3.3 LOS BIOMAS DE LAS REGIONES FRÍAS

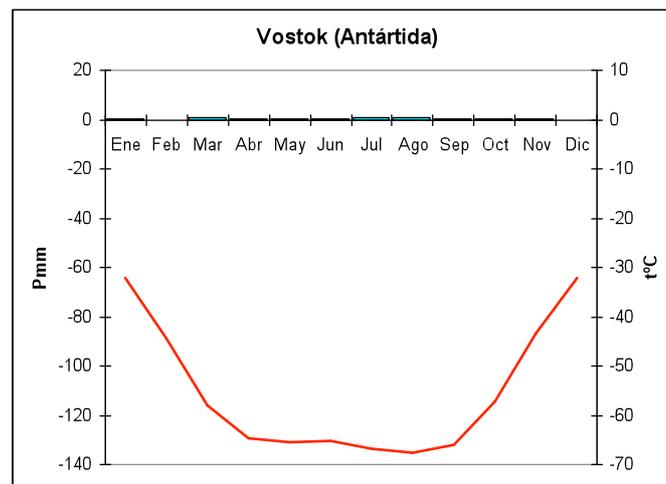
#### 3.3.1 LAS REGIONES PERMANENTEMENTE CUBIERTAS DE HIELO

Extensas superficies de ambos hemisferios están recubiertas por casquetes glaciares u ocupadas por océanos con la superficie helada. Esto ocurre en la mayor parte de la Antártida y Groenlandia, en las áreas ocupadas por algunos grandes glaciares subárticos o subantárticos (Vatnajökull islandés, campos de hielo de Patagonia...) y en amplios sectores de los océanos Ártico y Antártico.



Foto: Vatnajökull (Islandia)

Las temperaturas de estas regiones son extremadamente bajas y sólo en sus áreas más periféricas ascienden por encima de 0°C durante algunas semanas al año haciendo posible la existencia de agua líquida y la aparición de algunas, limitadísimas, formas de vida.



Vostok, estación situada en el centro de la Antártida, se localiza en la región más fría del mundo. Las precipitaciones son prácticamente inexistentes y las temperaturas se mantienen siempre varias decenas de grados por debajo del punto de congelación haciendo que la vida resulte imposible. Representa el caso más extremo dentro de las áreas polares.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de dominio público.

Desde el punto de vista biogeográfico las regiones polares ocupadas por glaciares son desiertos extremos prácticamente abióticos. En ellas no hay vegetación ni suelos que la sustenten y, salvo algunas excepciones, la fauna es anecdótica y se limita a recorrer el hielo sin residir ni reproducirse en él. Entre las especies más significativas se encuentran ciertos microorganismos extremófilos, como el alga de las nieves (*Chlamydomonas nivalis*), algunos ácaros (*Nanorchestes antarcticus*) y pequeños artrópodos altamente especializados que viven sobre el hielo de las áreas más benignas gracias a los nutrientes aportados por el viento. No existen vertebrados ni plantas superiores autóctonas de estas regiones.

No obstante, la banquisa (capa de hielo que se forma sobre los mares polares) y las áreas glaciares próximas al litoral son frecuentadas, sobre todo durante la estación favorable, por cierto número de animales, principalmente aves y algunos grandes mamíferos, que dependen de los recursos marinos pero utilizan el hielo para descansar o cazar (oso polar, pinnípedos).



Aunque el hielo de los glaciares es incompatible con las plantas, tanto en su superficie como en su interior proliferan microorganismos extremófilos. Además, en las márgenes de los casquetes glaciares, algunos artrópodos son capaces de vivir sobre el hielo alimentándose de esos organismos y de los detritos orgánicos depositados por el viento.

Foto: cueva subglaciar en Svartissen (Noruega)

El único gran animal que pasa el invierno sobre el hielo en el Hemisferio Sur es el pingüino emperador, *Aptenodytes forsteri*, que pone e incuba sus huevos en ésta época. En cambio, en el Hemisferio Norte la banquisa es algo más rica ya que comparte algunas especies con las regiones vecinas de Asia y América. El animal más vistoso y auténtico símbolo de las regiones frías es el oso polar, el mayor carnívoro terrestre, perfectamente adaptado a este medio gracias al excelente aislamiento que le proporciona su piel, a su capacidad para nadar grandes distancias y a que no necesita agua para beber bastándole el líquido contenido en los cuerpos de sus presas.

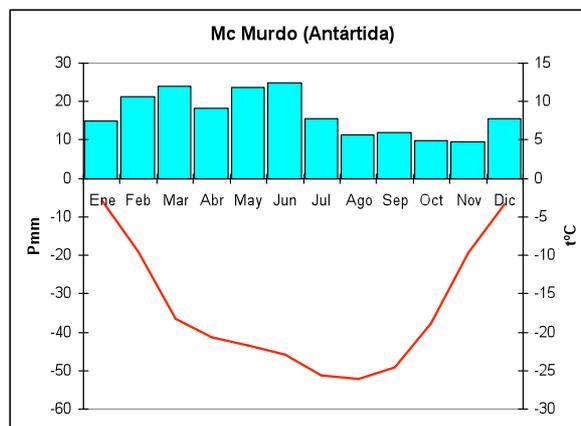
### 3.3.2 LOS DESIERTOS POLARES



La escasez de precipitaciones unida al efecto desecante del viento y a las bajas temperaturas que mantienen el agua helada durante la mayor parte del tiempo explican la existencia de zonas desérticas donde la vida debe enfrentarse no sólo a los inconvenientes del frío sino también de la aridez.

Foto: desierto en Jokuldalsheidi, Islandia

En las áreas no glaciadas de clima extremo (archipiélago norcanadiense, norte de Groenlandia, Antártida...) la persistencia del anticiclón polar, la escasa capacidad higrométrica del aire, la intensidad de los vientos y las bajas temperaturas que impiden la presencia de agua líquida durante la mayor parte del año generan entornos de tipo desértico.



Climodiagrama de la Estación de Mc Murdo en la Antártida situada en un entorno de desierto polar. Al ser las temperaturas negativas durante prácticamente todo el tiempo no existe agua líquida suficiente para permitir el normal desarrollo de las plantas y éstas son sumamente escasas.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de dominio público.

Los desiertos polares se distribuyen sobre superficies muy importantes por lo que pueden presentar caracteres más o menos extremos que van desde los desiertos absolutos hasta diversas formas de transición hacia la tundra o estepa. Las precipitaciones son muy reducidas (entre cerca de 0 y 200 mm) y se producen casi siempre en forma sólida aunque el efecto

desecante del viento también puede originar medios áridos en áreas con precipitaciones algo más altas. En cuanto a las temperaturas, pueden alcanzar valores extraordinariamente bajos y las medias anuales son negativas. Sin embargo, durante el verano pueden darse valores por encima de 0°C que permiten la existencia de agua líquida durante cortos periodos de tiempo.

Como consecuencia de lo anterior no existen verdaderos suelos y el paisaje, típicamente desértico, aparece dominado por superficies rocosas desnudas aunque localmente pueden aparecer también dunas de arena o de nieve seca y acumulaciones de sal comparables a las de los desiertos cálidos.

En los desiertos polares los seres vivos tienen que enfrentarse simultáneamente al frío, a la aridez y a la falta de recursos lo que les convierte en uno de los entornos más hostiles y vacíos de la tierra.

Los animales y plantas son muy escasos tanto en número como en diversidad y resultan muy discretos a causa de sus pequeñas dimensiones. Este hecho es reflejo de la escasa productividad del medio pero resulta vital ya que permite a los organismos evitar el viento y aprovechar al máximo el calor: el suelo (o la superficie rocosa), absorbe bien la radiación solar y se calienta mucho más que el aire pudiendo permanecer varias semanas seguidas por encima de los cero grados gracias a la insolación continua propia de las altas latitudes aunque la atmósfera se mantenga muy fría.

Las formas de vida son muy simples e incluyen algas terrestres, líquenes (*Xanthoria elegans*...), hongos y hepáticas. En los lugares menos extremos aparecen también algunas herbáceas que, a veces, presentan diversas xeromorfosis o un carácter halófilo. En ningún caso, sin embargo, constituyen un tapiz continuo ni logran romper la continuidad del paisaje desértico.



Los líquenes son organismos de una extraordinaria resistencia lo que les permite colonizar los ambientes más extremos del desierto polar. Su crecimiento es muy lento y aportan una biomasa insignificante pero contribuyen a la disgregación de las rocas por lo que, en caso de mejorar las condiciones ambientales, pueden preparar el terreno para la instalación de plantas.

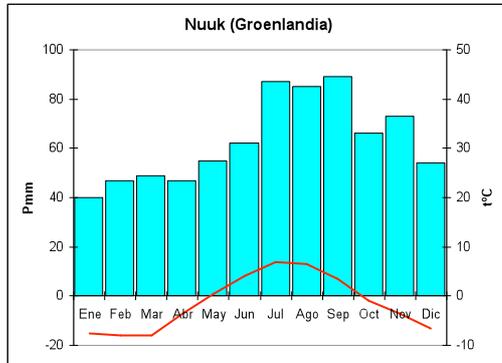
Foto: *Xanthoria* sp sobre rocas graníticas.

Dada la extremadamente baja productividad de estos medios, la fauna residente consiste principalmente en insectos y ácaros aunque, tal como ocurría en las zonas heladas, cierto número de animales procedentes de las áreas vecinas pueden frecuentar o sobrevolar las áreas de desierto.

### 3.3.3 LA TUNDRA

#### CLIMA Y DISTRIBUCIÓN

La tundra es una formación característica del Hemisferio Norte (aunque aparece en algunos puntos del Sur) que constituye una franja de transición entre los hielos o desiertos polares y las regiones forestales de latitudes más bajas.



La tundra ocupa una franja caracterizada por presentar temperaturas positivas, aunque inferiores a 10°C, durante un corto verano pero inviernos fríos y prolongados durante los que toda actividad vegetal es imposible.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de dominio público y reelaboración a partir de Porse (2008). The main biomes of the world, en <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7b/Vegetation-no-legend.PNG>.

La palabra deriva de una expresión utilizada en Laponia que alude a un entorno sin árboles y se corresponde muy bien con el ambiente designado, una zona donde la dureza del clima condiciona el desarrollo de las plantas y el paisaje queda dominado por las de pequeño porte: arbustos, herbáceas, musgos, líquenes...

Pero la tundra también puede delimitarse a partir de criterios climáticos ya que sus límites Norte y Sur coinciden bastante bien con las isotermas de 0° y de 10°C respectivamente para el mes más cálido. Estas temperaturas estivales implican que durante una parte del año hay fusión, y por tanto agua líquida, pero que no existe auténtico verano y, por tanto, no pueden desarrollarse bosques.



El rasgo más característico de la vegetación de la tundra es la ausencia de árboles motivada por la excesiva brevedad del periodo vegetativo y por las insuficientes temperaturas estivales.

Foto: Lonsdål (Noruega).

En la tundra ártica los veranos son breves y frescos. Los días son muy largos y la insolación es alta lo que beneficia a las plantas. Sin embargo, el sol se levanta muy poco sobre el horizonte y aporta escaso calor al suelo ya que la radiación es siempre rasante y gran parte de ella se refleja en la nieve o es consumida por su fusión.

Los inviernos, en cambio, son muy fríos y prolongados manteniéndose las temperaturas medias por debajo de 0°C hasta ocho meses al año. Durante todo este tiempo el suelo permanece cubierto de nieve que actúa de aislante térmico y protege a la vegetación del viento y de las temperaturas del aire, mucho más bajas. Además, durante la mayor parte del tiempo prácticamente no hay luz y reina una penumbra que basta a los animales pero es insuficiente para la fotosíntesis (que, de todas formas, queda paralizada por el frío).

Las precipitaciones varían bastante dependiendo del relieve y distancia al mar pero, en general, son escasas y se producen preferentemente en verano. No obstante, no existe aridez ya que las tasas de evaporación y evapotranspiración son muy bajas a causa de las bajas temperaturas y el ambiente resultante suele ser siempre húmedo en la mayor parte de los lugares.

Las circunstancias anteriores limitan la duración del periodo vegetativo: en el mejor de los casos, en el límite meridional, las plantas disponen de tres meses para desarrollar sus ciclos vitales pero a medida que aumenta la latitud este plazo se va reduciendo hasta imposibilitar el desarrollo de la mayoría de las plantas y dar paso al desierto.

Estas circunstancias se producen principalmente en el Hemisferio Norte a lo largo de una franja ininterrumpida que se extiende a lo largo de Laponia, norte de Siberia, Alaska y Canadá y costa meridional de Groenlandia.

En el Hemisferio Sur la tundra aparece en áreas del Sur patagónico, algunos puntos del litoral antártico y en varios archipiélagos (Kerguelen, Georgia del Sur...) presentando caracteres más oceánicos. En estos lugares las temperaturas son menos rigurosas pero el viento se convierte en un importante factor de estrés.

Por otra parte existen áreas de montaña repartidas por todo el mundo que comparten numerosas características con la tundra. Pese a que tienen caracteres propios y en sentido estricto no pertenecen a este tipo de bioma, numerosos autores relacionan ambos ambientes y junto a la tundra circumpolar hablan de "tundra alpina" o de montaña.

## LOS SUELOS

La temperatura desempeña un papel muy importante en la edafogénesis ya que determina la actividad biológica del suelo y la velocidad de las reacciones químicas que tienen lugar en él. Por eso, el frío es siempre adverso a la formación y desarrollo de los suelos.



La presencia habitual de hielo en el suelo ya sea en forma de permafrost, en niveles profundos, ya en forma de pipkrakes o lentejones en los más superficiales obstaculiza la formación de suelos y dificulta la presencia de las raíces o de la microfauna edáfica..

Foto: hielo en agujas (pipkrakes) levantando las partículas superiores del suelo.

Entre los factores que dificultan el desarrollo edáfico en la tundra se pueden mencionar los siguientes:

- El subsuelo permanece permanentemente helado en amplias superficies dando lugar al llamado “permafrost”. La “capa activa”, que se deshiela cada verano, es muy delgada y puede reducirse a algunos decímetros lo que dificulta el desarrollo de las raíces, impide la infiltración del agua y produce una saturación del suelo durante la estación estival.
- La vegetación es escasa y los aportes de materia orgánica que recibe el suelo son muy reducidos. Sin embargo, prácticamente no hay hongos ni microorganismos descomponedores por lo que en los lugares más húmedos dicha materia orgánica se va acumulando sin descomponer y forma una capa de turba.
- Las reacciones que producen la humificación y mineralización de la materia orgánica se paralizan por lo que la edafogénesis depende casi exclusivamente de los procesos mecánicos ligados a los ciclos hielo-deshielo.
- La aparición y desaparición de cristales de hielo produce continuos desplazamientos de las partículas y dificulta la aparición de horizontes diferenciados en el suelo.

Dado lo anterior, dominan los litosoles y criosoles, suelos poco desarrollados con un perfil A/C y presencia habitual de hielo.



En las regiones frías son comunes los suelos ordenados. Son consecuencia del desplazamiento selectivo de partículas por parte del hielo y demuestran la importancia que tiene éste en las características de los suelos.

Foto: Suelos poligonales en Sandvikurheidi (Islandia).

Amplias extensiones presentan un drenaje deficiente y durante el verano permanecen siempre encharcadas. En estos ambientes, el agua no permite la existencia de oxígeno impidiendo la descomposición de la materia orgánica que se acumula en forma de turba. Por fin, por debajo de ella, esa misma falta de oxígeno implica la reducción del hierro originando suelos hidromorfos de tipo gley, ácidos y poco propicios para la vida.

Por eso las turberas, que ocupan grandes superficies de la tundra, son otro de los factores limitantes para la vegetación de estas regiones.



Extensas superficies de la tundra y del bosque boreal presentan un drenaje deficiente y están ocupadas por turberas. En estos lugares sólo es posible una vegetación acidófila capaz de tolerar el encharcamiento permanente.

Foto: Enontekiö (Finlandia).

En las áreas mejor drenadas el agua de fusión desaparece rápidamente y pueden formarse suelos de tipo ranker que, siendo poco evolucionados, son más ricos en humus y presentan

una buena oxigenación. Su principal limitación para las plantas es su pobreza en nutrientes y, en particular, en nitrógeno.

Esta circunstancia favorece a las plantas pioneras capaces de fijar el nitrógeno atmosférico como *Dryas octopetala* que, una vez instaladas, enriquecen muy deprisa el suelo preparando el terreno a otras plantas más exigentes.



La falta de nitrógeno es uno de los principales obstáculos para el desarrollo de la vegetación de la tundra. Por eso, las plantas capaces de fijar el nitrógeno atmosférico suelen ser pioneras y formar poblamientos densos que, poco a poco, van enriqueciendo el suelo haciendo posible la posterior instalación de otras especies.

Foto: *Dryas octopetala*, planta fijadora de nitrógeno común en el ámbito boreoalpino.

La falta de nutrientes del suelo hace que la presencia de animales adquiera una importancia determinante para la vegetación y los suelos ya que en muchos lugares son la principal fuente de materia orgánica en forma de deyecciones, cadáveres u otros restos. Eso explica que alrededor de los nidos y madrigueras o, incluso, a lo largo de las vías migratorias de los renos la vegetación sea particularmente densa lo que, a su vez, contribuye a atraer más animales a estos mismos lugares realimentando el proceso.

## DIVERSIDAD BIOGEOGRÁFICA DE LA TUNDRA

La tundra es muy extensa y abarca regiones expuestas a climas más o menos extremos. Ello se refleja en la composición y estructura de la vegetación y permite diferenciar entre varios tipos de tundra que forman una secuencia desde el semidesierto hasta las primeras formaciones arboladas.

En todos los casos se trata de formaciones muy jóvenes resultado de la colonización de estas regiones tras la retirada de los hielos de la última glaciación. Dado que las plantas que se encuentran en ellas tienen un crecimiento extremadamente lento y un dinamismo escaso, ello implica que en muchas ocasiones podemos encontrarnos ante formaciones inmaduras con mayor potencialidad de la que hoy aparentan.



En la tundra típica la cubierta vegetal es continua y recubre bien el suelo. Su composición varía dependiendo de la localización: mientras que los fondos de valles y zonas planas suelen ser turbosos y poco favorables para las plantas, las laderas están mejor drenadas y soportan una vegetación más rica.

Foto: tundra en el área de Jokuldalsheidi (Islandia).

En el Hemisferio Norte la tundra “típica” cuenta con un periodo vegetativo de unos tres meses y presenta una cobertura vegetal relativamente rica aunque discontinua ya que la persistencia tardía de manchas de nieve (determinadas en gran medida por el viento y que se reproduce por ello de un año para otro en los mismos lugares) resta superficie a las plantas y contribuye a su discontinuidad.

Los emplazamientos más favorables para la vegetación son las colinas o pequeñas laderas en las que la radiación solar incide con un ángulo más favorable, la nieve se funde antes y la inclinación favorece la escorrentía y, con ella, la presencia de suelos secos. En estos lugares la cubierta vegetal forma un tapiz denso que combina pequeños arbustos, destacando varias especies de abedules y sauces enanos (*Betula* spp; *Salix* spp), herbáceas, sobre todo de los géneros *Eriophorum* y *Carex*, musgos y líquenes.

En el límite meridional de la tundra, donde el verano se va haciendo más largo, hacen su aparición plantas con bayas, sobre todo los arándanos (*Vaccinium* spp), que tienen una gran importancia por proporcionar un alimento muy energético a numerosos animales

Cuando la humedad atmosférica es importante los musgos pueden llegar a imponerse formando un tapiz continuo de hasta medio metro de espesor que a las demás especies les cuesta mucho atravesar. A la inversa, en los enclaves más secos la vegetación se empobrece muy deprisa y puede quedar limitada a una cubierta de líquenes (*Cladonia* spp).



En algunos lugares especialmente húmedos y con sustratos muy pobres el musgo puede recubrir toda la superficie impidiendo la presencia de otros tipos de plantas.

Foto: coladas recientes de lava recubiertas de musgo en Kalfafell (Islandia).

En conjunto la productividad es muy baja oscilando entre 0,2 y 0,7 kg de masa vegetal seca por m<sup>2</sup> y año, valores parecidos a los de las regiones subdesérticas.

A medida que nos alejamos de los polos la estación vegetativa se va alargando, los veranos van siendo más tibios y las condiciones más favorables para la vegetación dando paso a la llamada “**tundra arbolada**”.



La tundra arbolada marca la transición entre la tundra y los bosques boreales. En Europa los árboles que aparecen en ella son abedules y no llegan a formar un auténtico bosque.

Foto: tundra arbolada con *Betula humilis* en Myvatn (Islandia).

La tundra arbolada constituye una franja de ecotono entre las formaciones forestales y la tundra propiamente dicha donde manchas arboladas y herbáceas forman un mosaico

complejo cada vez más abierto a medida que aumenta la latitud en una transición muy lenta que a veces requiere cientos de kilómetros.

La transición se inicia con la aparición de manchas sin árboles en medio del bosque, generalmente coincidentes con elevaciones expuestas al viento. Poco a poco, estas manchas desarboladas van ganando superficie hasta dominar el paisaje mientras que el bosque, compuesto por árboles cada vez más rechonchos, se fragmenta formando islas rodeadas de formaciones abiertas. Al final las especies arbóreas, reducidas al estado de arbustos, se limitan a formar pequeños rodales en los lugares más favorables confundiendo con el resto de la tundra.

En Europa los árboles capaces de alcanzar mayores latitudes y que conforman este ecotono son abedules mientras que en Asia y América suelen ser coníferas como los alerces y abetos rojos.

El límite de sus áreas está determinado por la brevedad del periodo vegetativo: los árboles raras veces tienen tiempo suficiente para completar sus ciclos y poder generar semillas y éstas, muy buscadas por los animales que las devoran ávidamente por su gran poder alimenticio, son frecuentemente arrastradas por el viento hacia zonas donde no pueden germinar a causa de la presencia de nieve tardía o del recubrimiento de musgos o líquenes. Por fin, un arbolito nuevo requiere dos o tres años favorables seguidos para poder enraizar e iniciar su desarrollo lo que reduce mucho sus posibilidades.

Por fin, un último inconveniente que tienen que superar los árboles está relacionado con la extrema lentitud de su desarrollo. En los casos más extremos, el crecimiento en altura no supera 1 a 2 cm por temporada de forma que algunas especies pueden necesitar unos 20 años para sobresalir por encima del estrato herbáceo.



En el límite septentrional de la tundra arbolada, el crecimiento de las plantas leñosas es excesivamente lento y los auténticos árboles dejan paso a especies o variedades enanas.

Foto: abedul enano en Noruega.

Pese a todo lo anterior, en la actualidad el mayor problema para la pervivencia o expansión de las formaciones arbóreas de la tundra lo constituyen la presión ejercida por los habitantes de la región y su ganado y el límite polar del árbol (igual que ocurre con el altitudinal en nuestras montañas donde los mecanismos descritos son bastante semejantes) es antrópico de forma bastante general.

La fauna presente en la tundra está bien adaptada a las condiciones extremas de este medio e incluye fitófagos como el buey almizclero (*Ovibos moschatus*), el reno o caribú (*Rangifer tarandus*), la liebre ártica (*Lepus arcticus*) y numerosos roedores que se alimentan de las hierbas o incluso líquenes de la tundra. Algunas de estas especies son muy gregarias y forman manadas de miles de individuos para realizar sus desplazamientos estacionales.



El reno es un cérvido muy bien adaptado a las condiciones de la tundra que forma grandes manadas y migra estacionalmente entre la ésta y el bosque boreal. Su forma doméstica ha sido hasta hace poco tiempo la base de la economía y de la cultura de los pueblos nómadas del Norte de Europa.

Foto: reno (*Rangifer tarandus*), Muonio, Finlandia.

Todos estos herbívoros sirven de alimento a depredadores como el lobo blanco (*Canis lupus arctos*), los osos polar y pardo (*Ursus maritimus*, *U. arctos*), el zorro polar (*Alopex lagopus*) u otros. Como la biodiversidad es muy reducida, las cadenas tróficas son cortas y estos cazadores tienden a depredar siempre las mismas especies existiendo una estrecha relación entre el número de cazadores y el de las presas que se autorregulan mutuamente.

Las aves son relativamente abundantes destacando las ligadas a los medios acuáticos como las anátidas (gansos, patos...). Son muy característicos los lagópodos (*Lagopus* sp) y el buho nival (*Bubo scandiacus*), un eficaz cazador que se nutre principalmente de lemmings pero que es capaz de capturar cualquier tipo de presa, incluso peces, de tamaño pequeño o medio. Algunas de estas aves son sedentarias aunque la mayoría tienen hábitos migratorios por lo que la tundra, en invierno, queda aparentemente vacía de ellas.

Como ya se ha dicho, los animales pueden producir una presión muy importante sobre las plantas que les sirven de alimento. El caso de los lemmings, que con sus bruscos ciclos demográficos desestabilizan continuamente la cubierta vegetal, es el más conocido pero no el único: los gansos, por ejemplo, devoran gran cantidad de semillas y terminan destruyendo entre el 50 y el 80% de la vegetación en el entorno de sus lugares de anidada.

Generalmente la degradación de la vegetación reduce los recursos alimentarios de las especies que dependen de ella y los animales terminan por marcharse a otro sitio o experimentan una mayor mortalidad por hambre y escasez... lo que permite a la vegetación recuperarse y volver al punto de partida cerrando el ciclo (que se repite una y otra vez manteniendo a largo plazo un equilibrio entre animales y plantas).



Las aves son muy abundantes en el litoral o en las zonas húmedas de la tundra. Normalmente están muy bien protegidas del frío y aunque consumen gran cantidad de materia vegetal, enriquecen los suelos con sus deyecciones por lo que ejercen una importante influencia en la vegetación.

Foto: eider (*Somateria mollissima*), ave ártica que se defiende eficazmente del frío con un denso plumón que se utiliza para la fabricación de edredones y "plmíferos".

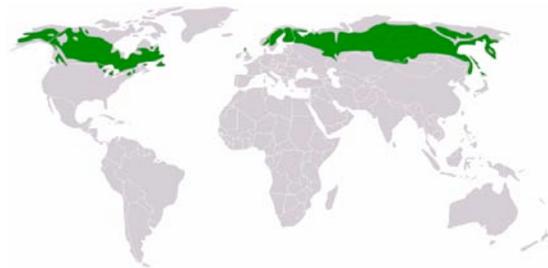
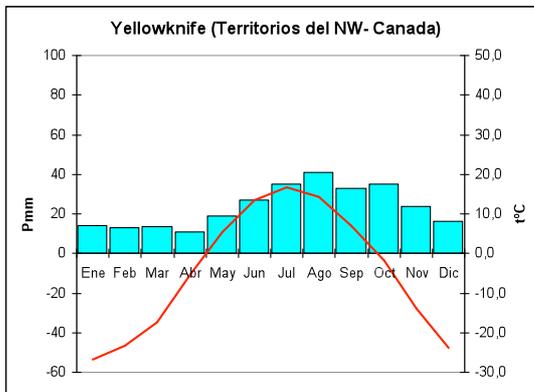
Pero, de manera simétrica, los animales también benefician a las plantas contribuyendo a la dispersión de sus semillas y, sobre todo, enriqueciendo el suelo con sus deyecciones. En los lugares con condiciones más difíciles prácticamente todo el nitrógeno, fósforo o materia orgánica presentes en el suelo son aportados por los animales y sólo la presencia de éstos hace posible el crecimiento de plantas.

Dada la escasa productividad del medio y la situación límite en la que se encuentran la mayoría de las especies, la fauna y la vegetación de la tundra son interdependientes y aparecen siempre muy relacionadas. En la tundra cualquier alteración en la fauna repercute inmediatamente en la vegetación y viceversa.

### 3.3.4 EL BOSQUE BOREAL DE CONÍFERAS

#### CLIMA Y DISTRIBUCIÓN

En aquellas regiones en las que existe al menos un mes con temperaturas medias diarias superiores a los 10°C el crecimiento de los árboles empieza a ser posible. Sin embargo, y en tanto la duración del verano no supere los 120 días al año, los árboles planifolios tienen grandes dificultades para imponerse y se produce un absoluto predominio de las coníferas.



El bosque boreal de coníferas es la vegetación característica de las regiones frías y continentales del hemisferio Norte. En ellas los inviernos son extremadamente fríos pero los veranos son tibios, moderadamente lluviosos y más prolongados que en la tundra lo que permite el desarrollo de los árboles.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de dominio público y reelaboración a partir de Porse (2008). The main biomes of the world, en <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7b/Vegetation-no-legend.PNG>.

Ello ha dado lugar al bosque boreal de coníferas (a veces designado con la palabra “taiga” o “taigá”), una inmensa masa forestal que forma un anillo a través de todas las regiones septentrionales de Eurasia y Norteamérica. Exclusiva del Hemisferio Norte, la taiga no tiene equivalente en el Sur, de carácter menos continental y en el que, en su lugar, existen bosques planifolios que representan más bien ambientes hiperoceánicos fríos.



En su origen la palabra “taiga” hacía referencia a determinados bosques de coníferas rusos pero su uso se ha extendido y es frecuente designar con ella a la totalidad del bosque boreal.

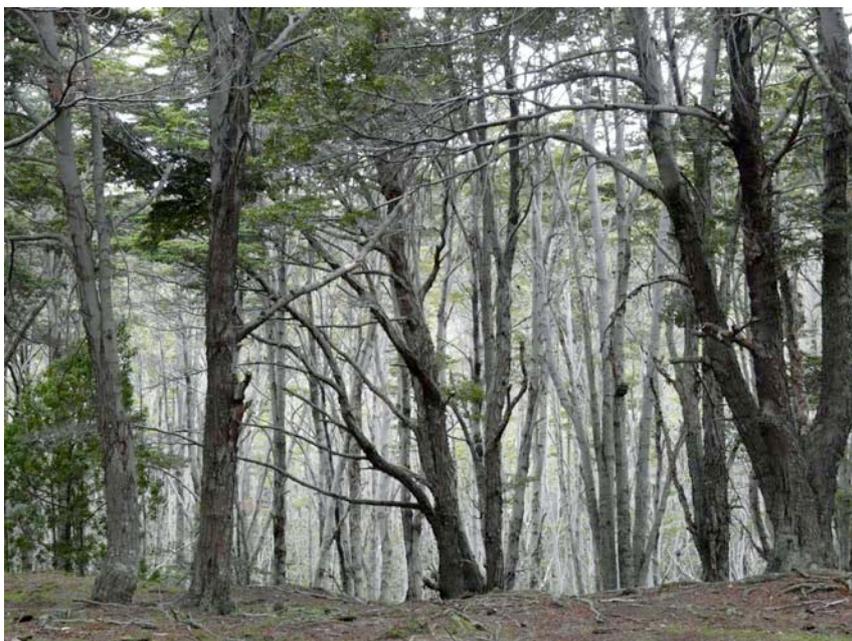
Foto: taiga en Viborg (Rusia).

El bosque boreal limita al Norte con la tundra mientras que hacia el Sur, y a medida que el clima va suavizándose, da paso a los bosques caducifolios en las áreas de clima oceánico y a estepas o praderas en las áreas de clima continental.

El clima característico de estas regiones es continental y está marcado por una fortísima amplitud térmica. Durante los veranos, que son breves y tibios, las temperaturas medias mensuales superan 10°C entre uno y cuatro meses y las máximas se acercan con frecuencia a los 25°C. Sin embargo, los inviernos son prolongados y muy fríos registrándose valores medios negativos durante seis o más meses al año y las temperaturas mínimas absolutas más bajas de la tierra tras la Antártida. De este modo, la amplitud de los valores extremos absolutos puede superar 100°C en algunas zonas del interior de Siberia.

No obstante, la extensión ocupada por el bosque boreal es inmensa y aunque se trata de un bioma muy uniforme y sin cambios bruscos, la latitud y el grado de continentalidad introducen importantes diferencias climáticas que repercuten en la vegetación. En virtud de ello, junto a las regiones hipercontinentales del centro de Asia o de Canadá existen otras áreas de carácter oceánico frío en las que las temperaturas son relativamente moderadas y la amplitud térmica reducida (Noruega, costa pacífica de Canadá).

Lo mismo ocurre en el caso de las precipitaciones que si bien son moderadas en general, pueden alcanzar valores importantes en el litoral. En cualquier caso, como las tasas de evaporación son reducidas y las lluvias son predominantemente estivales, el ambiente durante la estación vegetativa resulta relativamente húmedo incluso en las áreas menos lluviosas. La nieve recubre el suelo durante gran parte del año aunque supone un porcentaje reducido del total de precipitación.



En el Hemisferio Sur la franja que podría estar ocupada por un bosque como el boreal presenta un carácter marcadamente oceánico y allí donde las condiciones son favorables al bosque, aparecen masas de *Nothofagus*, género de árboles planifolios que incluye especies tanto perennes como caducas. Su aspecto y ecología son totalmente diferentes de las de los bosques boreales y debe relacionarse más bien con los oceánicos de latitudes medias.

Foto: bosque magallánico frente al canal de Beagle (Chile).

## LOS SUELOS

En las regiones ocupadas por el bosque boreal el frío dificulta gravemente la edafogénesis ya que las bajas temperaturas inhiben la acción bacteriana y de los hongos impidiendo la descomposición de la materia orgánica. Ello hace que la humificación y mineralización de los restos vegetales sea extremadamente lenta y que éstos permanezcan durante mucho tiempo sobre el suelo formando una espesa capa. De ahí que los suelos sean normalmente pobres y poco desarrollados lo que, unido a la presencia de permafrost, limita mucho las posibilidades de la vegetación.

Las agujas de las coníferas que tapizan el suelo se descomponen lentamente liberando ácidos orgánicos. Éstos reaccionan con las bases presentes en el sustrato a la vez que el lavado producido por la lluvia y el agua de fusión arrastran los nutrientes hacia los horizontes más profundos (o hacia los ríos). La consecuencia de todo ello es la aparición de unos suelos que son a la vez pobres en elementos minerales y muy ácidos.

Los suelos más característicos de esta zona son podsoles. Se caracterizan por su elevada acidez y por poseer

- + un horizonte orgánico negro en superficie,
- + otro intermedio de carácter silíceo y color gris resultante del empobrecimiento que produce el continuo lavado y arrastre de compuestos y
- + una tercera capa profunda resultado de la acumulación de los óxidos de hierro y de color marrón oscuro o rojizo.



Las bajas temperaturas y la propia naturaleza de las acículas de las coníferas dificultan la mineralización de los restos vegetales por lo que el suelo acumula abundante biomasa semidescompuesta. Frecuentemente el estrato herbáceo es sustituido por una cubierta de líquenes que se intercalan entre dichos restos orgánicos.

Foto: detalle del suelo del bosque boreal de coníferas: restos vegetales y líquenes (*Cladonia implexa*).

Las coníferas son a la vez causa y efecto de estos suelos ya que contribuyen a sus características favoreciendo la acidificación pero, al tiempo, son los árboles mejor adaptados a él gracias a su extraordinaria resistencia y sobriedad. Para obtener los nutrientes necesarios, las coníferas se valen de sus abundantes micorrizas.

La mayoría de las plantas superiores tienen micorrizas pero éstas adquieren particular

importancia en regiones con suelos más pobres y en las coníferas. La micorriza es una asociación simbiótica, que proporciona beneficios a ambas partes, entre un hongo (del griego “mycos”) y una raíz (“rhizos”). El hongo es capaz de descomponer la materia orgánica acumulada sobre el suelo proporcionando sales minerales a la planta mientras que ésta suministra hidratos de carbono y otros compuestos que el hongo no puede producir.

En los lugares más húmedos y peor drenados pueden formarse turberas que limitan el desarrollo del bosque pero constituyen reservas de agua muy útiles durante el verano.



Tanto la presencia de turberas como la de afloramientos rocosos impiden frecuentemente el desarrollo de árboles y crean claros en el bosque boreal.

Foto: afloramiento de rocas pulidas por el glaciarismo cuaternario y turberas en Tommernes (Noruega).

## LA VIDA EN EL BOSQUE BOREAL DE CONÍFERAS

La biodiversidad del bosque boreal es bastante reducida. En Eurasia Occidental dominan los abetos rojos (*Picea abies*) y el pino albar (*Pinus sylvestris*) que forman masas prácticamente monoespecíficas. Sin embargo, a medida que se avanza hacia el este hacen su aparición otras especies, sobre todo de pinos y alerces (*Larix* spp).



La especie dominante en el bosque boreal europeo es el abeto rojo. Sus masas son densas en el Sur pero se aclaran mucho hacia el Norte donde las condiciones son más desfavorables y el crecimiento más lento. Se trata de un bosque monótono y bastante pobre en especies.

Foto: abetal en Västernorrland (Suecia).

En América aparecen muchas más especies de los géneros *Pinus*, *Picea*, *Abies*, *Tsuga*, *Larix*, *Thuja*, *Juniperus* y *Chamaecyparis*, algunas de ellas propias de latitudes más bajas pero capaces de soportar estos ambientes, lo que confiere al bosque no sólo mayor riqueza y biodiversidad sino también biomasa.



En su límite meridional, y en particular en América, el bosque boreal se diversifica mucho, incrementa su biomasa e incorpora algunos árboles caducifolios.

Foto: bosque en White Mountain N.P. (New Hampshire, EEUU).

Por fin, intercaladas entre las coníferas, y ocupando las márgenes de los bosques o áreas degradadas de los mismos, aparecen algunos caducifolios adaptados al frío y a la acidez de los suelos. Los más ubicuos y característicos son los abedules que pueden llegar a adquirir dimensiones notables en los lugares más favorables.

El estrato arbóreo del bosque maduro suele estar compuesto por abetos rojos. Este árbol dispone de diversos recursos que le permiten adaptarse muy bien a las condiciones de los climas continentales:

Su morfología cónica es ideal para repartir el peso de la nieve en invierno y para captar la radiación solar en verano disponiendo además el abeto de acículas diferenciadas para el sol y para la sombra que le permiten aprovechar al máximo la luz disponible. Gracias a ello su fotosíntesis es muy eficaz contrarrestando la brevedad del periodo vegetativo y permitiendo al árbol mantenerse activo desde muy pronto en primavera hasta bien entrado el periodo de heladas en otoño sin perder "días útiles"

El invierno el abeto es capaz de detener casi totalmente su actividad entrando en una fase de reposo vegetativo. Durante esta etapa la respiración se reduce al mínimo, reduciéndose en la misma proporción las pérdidas de agua y los jugos celulares se concentran dificultando su congelación y endureciendo las acículas lo que les permite aguantar, según las especies, temperaturas de -40 a -60°C sin sufrir daños.



Las acículas del abeto rojo son muy eficaces desarrollando la fotosíntesis y permiten aprovechar al máximo la estación disponible. En invierno concentran los líquidos de sus células lo que las endurece y permite evitar las heladas.

Foto: abeto rojo (*Picea abies*).

Al llegar la primavera vuelven a adquirir flexibilidad y reverdecen gracias a la producción de cloroplastos pero pierden resistencia al frío (por esa razón, el abeto rojo y otras especies que adoptan estrategias similares soportan muy mal las heladas tardías).

Los abetos necesitan una cantidad considerable de agua: entre 250 mm al norte y 450 mm anuales al sur y la existencia y posibilidad de absorción de ésta se convierte frecuentemente en un factor limitante para su presencia.

Hay que tener en cuenta que las ramas de un abetal son muy eficaces interceptando el agua de lluvia (retienen cerca del 50% del total) y que el estrato de musgos y el humus retienen otro porcentaje considerable. Ello hace que al nivel de las raíces no llegue más de un tercio del total de agua precipitada.

Por esta razón, los abetos desarrollan un potente sistema de raíces superficiales, gruesas y enmarañadas, que absorben muy bien el agua disponible y “ocupan el terreno” dificultando la instalación de otras plantas que podrían competir con ellos.

La maraña de raíces y la eficaz absorción de agua que realizan dificulta el desarrollo del sotobosque comprometiendo incluso la reproducción de la propia especie: los pinos o abetos nuevos no encuentran hueco para enraizar más que tras la desaparición de los viejos. Por eso, el sotobosque del abetal es bastante pobre: hay muy pocos arbustos y los estratos herbáceo y muscinal son discontinuos. En los casos más extremos por debajo del dosel arbóreo no se observa más presencia que la de líquenes. Cuando el sustrato es seco es habitual la existencia de arandeneras (*Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*) mientras que en los lugares húmedos se imponen los musgos, sobre todo del género *Sphagnum* (los llamados “musgos de las turberas”).



El pinar sustituye al abetal en los lugares más secos o en los bosques inmaduros. Suele formar masas más abiertas de carácter monoespecífico.

Foto: pinar (*Pinus sylvestris*) en el Valle de Nissan, Suecia.

El pinar compite con el abetal y en los sitios más secos se impone a él. En su interior se encuentran arándano, brecina-brezo (*Calluna vulgaris*.) y muchos líquenes (*Cladonia*, *Cetraria*...).

Cuando el abetal se degrada o se incendia (los incendios tienen una gran importancia en estas enormes masas de coníferas), los estratos inferiores pueden adquirir una cierta densidad proliferando el arándano, *Oxalis acetosella* e incluso el frambueso (*Rubus idaeus*).

Los primeros árboles en reaparecer son los abedules y los álamos temblones (*Betula* sp.; *Populus tremula*) que crecen relativamente deprisa y encuentran condiciones óptimas cuando las coníferas dejan de hacer sombra. Posteriormente se irá instalando el pino y, por fin, lo hará el abeto. Sin embargo esta progresión es muy lenta (en Suecia se estima que la etapa del abedul dura unos 150 años y la del pino unos 500) lo que explica que el bosque boreal configure un gran mosaico en el que cada tesela corresponde a una etapa sucesional

diferente: impactos o situaciones que se produjeron hace varios siglos siguen manifestándose en el paisaje.

Sólo las áreas más húmedas dificultan los incendios y aparecen recubiertas de un abetal prácticamente puro.

En su límite meridional la taiga puede albergar una biomasa importante y contener árboles de dimensiones apreciables. Al ser ésta la zona más accesible y frecuentada (y la más reproducida en las películas), la imagen que existe de estos bosques ha quedado distorsionada ocultando que en la mayor parte de su superficie los árboles tienen dimensiones muy discretas y que la densidad de la masa no es muy elevada. Todo ello se debe a que el rendimiento de este bioma es mediocre y su evolución muy lenta.

La productividad, mayor que la de la tundra pero muy inferior a la de los bosques de las regiones templadas, se sitúa en valores próximos a 1 kg de fitomasa seca al año.



Los abedules adquieren grandes dimensiones en el límite meridional de la taiga donde a veces forman bosques mixtos de gran interés que pueden contener coníferas pero también algunos caducifolios.

Foto: abedular en el área del lago Ladoga (Rusia).

### **La fauna del bosque boreal**

Las dificultades que debe superar la fauna y los sistemas que utiliza para lograrlo son similares a los del resto de las regiones frías y ya han sido descritos más arriba. Por eso, la principal diferencia respecto a la tundra o las zonas heladas está en la mayor productividad del bosque boreal y, por tanto, la mayor abundancia de recursos tróficos que encuentran los animales. Gracias a ello, la fauna es más rica y diversa que la existente en las demás regiones frías aunque sus características generales así como el tipo de relaciones existente entre las distintas especies sean comparables.

Entre los mamíferos más representativos del bosque boreal se encuentran algunos grandes fitófagos (alces, renos, ciervos...) aunque son mucho más abundantes los animales de menor corpulencia (liebres, ratones, ardillas...). Entre los carnívoros destacan los osos, lobos, linceos, zorros y una gran variedad de mustélidos (glotón, comadreja, visón, armiño, nutria...).

Dada la enorme extensión del bosque boreal, pocos mamíferos tienen la posibilidad de emigrar hasta regiones con inviernos más benignos por lo que tienen que ser capaces de sobrevivir in situ (en realidad hay especies que realizan grandes migraciones estacionales,

como el reno, pero ello no les libra del frío y todas necesitan disponer de mecanismos de adaptación para soportar los inviernos). Para conseguirlo, todos ellos se protegen con buenas pieles y, dependiendo de su tamaño y tipo de dieta, adoptan diferentes estrategias:

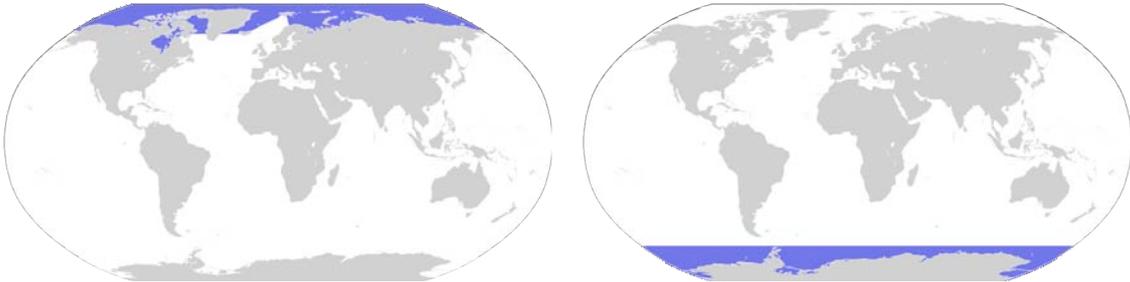
- los más pequeños, como los ratones o musarañas, se refugian en sus madrigueras, a veces en grupo para darse calor, y se mantienen activos alimentándose de las reservas que han acumulado en ellas.
- Otros, como los osos, optan por hibernar
- Los alces, ciervos y renos sobreviven alimentándose de musgos, líquenes o ramas tiernas de árboles o incluso de sus cortezas.

Las aves son bastante numerosas y frecuentemente migradoras. Abundan las rapaces forestales diurnas o nocturnas (gavilanes, búhos...), los pájaros carpintero y numerosos paseriformes (herrerillo, piquituerto...). Se alimentan de frutos y semillas pero también de los caracoles, ranas y abundantísimos insectos que existen en estos bosques a partir de la primavera.

Aunque la mayoría de estas aves existen en áreas más amplias y no son exclusivas del bosque boreal, algunas se han especializado tanto en este tipo de medio que difícilmente pueden vivir fuera de él. Uno de los casos más conocidos es el del urogallo que es capaz de alimentarse de las agujas de las coníferas.

### 3.3.5 LOS MARES POLARES

Los océanos polares son medios insuficientemente conocidos todavía que sólo en los últimos años han empezado a desvelar su sorprendente riqueza biológica.



Localización y límites de los océanos Ártico (derecha) y Antártico (izquierda)

El Antártico encierra una biomasa considerable favorecida su elevado contenido en oxígeno y el ascenso de aguas profundas (“upwelling”) muy ricas en nutrientes. Eso permite que el fitoplancton sea extraordinariamente abundante y se convierta en la base de una cadena trófica que incluye zooplancton (representado sobre todo por el krill), numerosos peces, cefalópodos, aves marinas y mamíferos marinos. El elemento más importante de esta cadena es el krill, un crustáceo diminuto que forma bancos muy densos (se han citado densidades de 20 kg/m<sup>3</sup> de agua) de varios km<sup>2</sup> de superficie y que es el principal recurso trófico de un gran número de animales (incluyendo ocho especies de ballenas que acuden a las aguas antárticas cada verano para alimentarse de él).



Las aguas litorales de las regiones polares sorprenden por la diversidad y abundancia de su fauna destacando, además de los peces, las aves y los pinnípedos.

Foto: Breidamerkurjökull (Islandia).

En el Océano Antártico se han inventariado 300 especies de peces. Muchos de ellos existen también fuera de los mares polares pero existen verdaderos especialistas de estos medios que no podrían sobrevivir en aguas más cálidas. Los peces del grupo de los Notothenioideos (también llamados “peces de los hielos”), por ejemplo, segregan moléculas anticongelantes y han desarrollado un tipo inhabitual de hemoglobina para transportar mejor el oxígeno lo que les permite desenvolverse en aguas a -2°C sin congelarse.

Junto a los peces abundan los cetáceos. El mayor de ellos es el rorcual azul (*Balaenoptera musculus*) que se alimenta casi exclusivamente de krill y que, capaz de alcanzar 30 metros de longitud y 170 Tm de peso, se considera el mayor animal que ha existido en la tierra. Junto a él aparecen la ballena franca austral (*Eubalaena australis*), la orca (*Orcinus orca*), cachalotes, delfines y otros. La mayoría de ellos tienen (o tuvieron hasta época reciente) áreas de distribución más amplias pero todos ellos están bien preparados para soportar el frío gracias a sus grandes dimensiones y gruesas capas de grasa y las aguas antárticas son uno de sus principales refugios actuales.

También son típicos los pinnípedos (“focas”, lobos de mar...) que en ciertos casos, y de nuevo como defensa frente al frío, alcanzan dimensiones muy importantes: en 1913 se cazó un elefante de mar (*Mirounga leonina*) que superaba 5Tm y medía 6,9 metros de longitud.



Los pinnípedos son mamíferos que presentan una excelente adaptación a las aguas frías gracias a su gruesa capa de grasa y a su agilidad y resistencia al nadar. Aunque no es exclusivo de las regiones circumpolares, el grupo adquiere un especial protagonismo en ellas.

Foto: lobo de mar (*Otaria flavescens*), costa de Patagonia..

Sin embargo, y tal como ocurre con los cetáceos, las poblaciones de muchas especies han sido muy castigadas por la caza y mientras que algunas, como la foca cangrejera (*Lobodon carcinophaga*) siguen siendo muy abundantes, las poblaciones de otras han sido muy diezmadas y resulta difícil imaginar la importancia del papel que desempeñaron en el pasado reciente en los ecosistemas antárticos.

Pero para la mayoría de la gente, los animales que mejor simbolizan esos ecosistemas antárticos son los pingüinos. Estas aves son exclusivas del Hemisferio Austral y disponen de abundante grasa y de una doble capa de plumas que les protegen muy eficazmente del frío y del viento. Incapaces de volar, crían y pasan gran parte del tiempo en tierra o sobre el hielo aunque son excelentes nadadoras y dependen de los recursos del mar para alimentarse.

El más conocido es el pingüino emperador (*Aptenodytes forsteri*) de 1,2 m de altura y costumbres muy originales aunque, junto a él, existen otras varias especies menos vistosas pero igualmente significativas como el pingüino de Adelia (*Pygoscelis adeliae*), exclusivo de la Antártida como lo es el emperador, o el real (*Aptenodytes patagonicus*), el barbijo (*Pygoscelis antarcticus*) y el papúa (*Pygoscelis papua*) que migran para reproducirse en litorales más favorables. La población total de pingüinos en el océano antártico se estima en unos 20 millones de individuos.

Un número significativo de especies vive a la vez en los océanos antártico y ártico formando poblaciones disjuntas separadas por más de 12.000 km. Entre ellos se encuentran numerosos cetáceos y aves que viajan cada año de uno a otro hemisferio pero también animales de pequeñas dimensiones incapaces de realizar grandes desplazamientos como gusanos, holoturias o moluscos cuya presencia en ambas regiones polares se ve favorecida por la uniformidad y bajas temperaturas de las aguas profundas y por las corrientes termohalinas que atraviesan nacen en el Ártico y llegan hasta el antártico.



Excelentes nadadores y muy bien preparados para soportar el frío, los pingüinos son las aves más representativas de los litorales polares y subpolares del Hemisferios Sur.

Foto: grupo de pingüinos magallánicos introduciéndose en el agua en Patagonia.

En el Hemisferio Norte la productividad del medio marino es inferior y la banquisa recubre la mayor parte del océano en invierno por lo que la fauna acuática es menos rica. Sin embargo, muchas especies son comunes y las principales características de los animales son las mismas en ambos hemisferios.

De este modo, junto a los numerosos peces del ártico vuelven a hacer su aparición los cetáceos, algunos exclusivos como el narval y el beluga (*Monodon monoceros*, *Delphinapterus leucas*) y diversos pinnípedos como la morsa (*Odobenus rosmarus*), leones marinos (*Eumetopias jubatus*) o el oso marino ártico (*Callorhinus ursinus*).

Por fin, el Ártico es muy rico en aves marinas tanto residentes como migratorias que suelen anidar en la costa pero surcan amplias extensiones en busca de alimento.

### 3.4 LA HUELLA HUMANA EN LOS PAISAJES DE LAS REGIONES FRÍAS

En las regiones frías la mayor parte de los organismos se encuentran en condiciones límite por lo que la aparición de cualquier nuevo factor de estrés puede implicar de forma casi instantánea la desaparición de muchas especies o alterar gravemente el equilibrio preexistente. Sin embargo, una vez desaparecido ese factor perturbador, la recuperación requiere mucho tiempo ya que el crecimiento de las plantas es extremadamente lento y pueden ser necesarios varios siglos para que la vegetación alcance un estadio maduro.

Eso explica que dentro de cada bioma la vegetación forme un mosaico con unidades bien diferenciadas y sin relación aparente con los condicionantes físicos: la mayoría de estos territorios han soportado una presencia humana a lo largo del tiempo y aunque las densidades de población han sido siempre muy bajas, los impactos producidos por cada grupo se reflejan durante siglos en los distintos ecosistemas (a lo que hay que unir los efectos de las adversidades naturales: incendios causados por rayos, mortandad por plagas, etc). De este modo, cada una de las unidades mencionadas representa una etapa diferente en los procesos de sucesión vegetal y el paisaje, en su conjunto, es mucho menos “natural” de lo que se tiende a creer ante la inmensidad de los diferentes ambientes y las dificultades que impone el clima.



La vegetación forma un mosaico en el que muchas unidades son consecuencia de antiguos impactos o alteraciones humanas.

Foto: abedular, pinar y abetal en Grundsunda (Suecia).

De todos los factores de presión que existen en la actualidad los que tienen consecuencias más graves para el equilibrio natural son los asociados a

- la intensificación de la ganadería y la instalación de cierres
- la explotación forestal
- la sobrepesca
- la explotación de los recursos energéticos (hidroeléctricos, extracción de hidrocarburos...)

La explotación forestal no es nueva ya que la madera ha sido, desde la prehistoria, la materia prima más importante con la que han contado los habitantes de estas regiones. El aprovechamiento fue sostenible mientras tuvo por objeto la satisfacción de las necesidades de la población local ya que ésta era muy reducida y el ritmo de

explotación hacía posible la regeneración del bosque. Sin embargo, a lo largo del último medio siglo estas regiones han dejado de ser marginales y se han integrado rápidamente en los escenarios internacionales convirtiéndose la madera en su principal fuente de recursos. La explotación del bosque, orientada a la exportación, se ha intensificado y extendido a través de todo el territorio superando en mucho el umbral de la sostenibilidad y suponiendo una seria amenaza para la conservación del bosque boreal en algunas regiones.

Finlandia, por ejemplo, es el país con mayor superficie forestal de Europa (86%). Sin embargo, sostiene una de las industrias madereras más intensivas del mundo y es uno de los principales exportadores de papel a costa de permitir una rápida fragmentación de las superficies arboladas (de las que dos terceras partes son privadas) y la desaparición de amplias superficies de bosques primarios. Aunque el país cuenta con una buena red de espacios protegidos, esta tendencia amenaza seriamente a numerosas especies necesitadas de grandes territorios y está produciendo cambios ambientales y paisajísticos irreversibles a escala humana.



La sedentarización de la población, la “modernización” de los modos de vida y la integración de la economía están intensificando la presión sobre los ecosistemas de las regiones frías afectando, en particular a la tundra arbolada.

Foto: Kautokeino, “capital” de la Laponia noruega.

La tundra arbolada es la zona más vulnerable frente a la presión humana. En ella se asienta una población que tiende a aumentar rápidamente como consecuencia de la sedentarización de los antiguos nómadas y de políticas de desarrollo acompañadas por la instalación de industrias. La presión sobre las masas arboladas para aprovechar la madera, ampliar las superficies de pastos o, simplemente, por los daños causados por el ganado, está suponiendo una disminución de los árboles y un avance hacia el Sur de los ambientes de la tundra exclusivamente herbácea, mucho más pobre que la arbolada.

En la región de Arkhangelsk y en la república de Komi, ambas en Rusia, se citan avances de 40 a 100 km de los ambientes de tundra a costa de los forestales en tan sólo medio siglo como consecuencia de la presión humana.

Una situación similar se produce en los bosques planifolios de las regiones frías del Hemisferio Sur: el crecimiento de los árboles es tan lento que su explotación

o incendio suponen una degradación irreversible a escala humana y su sustitución por ambientes esteparios o de seudotundra.

Otro problema es el originado por el fuerte aumento que están experimentando la caza y la pesca ya que ambas se ceban en un número limitado de especies que, normalmente, presentan un escaso dinamismo demográfico y se sitúan en los niveles superiores de las cadenas tróficas: ballenas, osos, mustélidos, grandes ungulados... La desaparición (o la fuerte reducción del número de alguno de estos animales) produce impactos muy importantes en el conjunto de los ecosistemas.

Sin embargo, la sobrepesca que podría resultar más desastrosa es del krill, animal que desempeña un papel irremplazable en los ecosistemas marinos antárticos y del que depende la alimentación de un buen número de especies. Regulada mediante acuerdos internacionales, ha logrado frenarse dentro de unos límites tolerables.

## INTERROGANTES PLANTEADOS POR EL CAMBIO CLIMÁTICO

Las regiones subpolares del Hemisferio Norte son las que están experimentando un calentamiento más rápido y, probablemente, las que van a sufrir alteraciones ambientales más importantes como consecuencia del cambio climático actual.

En el centro de los inlandsis antártico y groenlandés no son previsibles cambios significativos para la vida ya que las condiciones son excesivamente adversas y seguirán siéndolo aún en el caso de que se registre un calentamiento de algunos grados. Sin embargo, en el mar hay que prever una fuerte reducción de la superficie ocupada por la banquisa que, en el Ártico, podría incluso llegar a desaparecer a lo largo del presente siglo, y una alteración de las corrientes que, sin duda, alterarán de manera muy significativa la productividad de las distintas regiones del océano y la distribución de numerosas especies.

Sobre los continentes situados a latitudes más bajas, los efectos serán muy importantes también: por una parte, muchos glaciares retroceden “liberando” una superficie que podrá ser colonizada por los seres vivos, por otra, los veranos tienden a alargarse y a caldearse permitiendo una prolongación del periodo vegetativo y un incremento de la productividad en los ecosistemas de la tundra y del bosque boreal. Por último, el calentamiento modificará las precipitaciones lo que, unido a la desaparición del permafrost y de la cubierta nival, producirá importantes cambios en los recursos hídricos disponibles para la vida.

Pero, además, el clima será menos desfavorable que en la actualidad para las personas lo que permitirá la instalación de más gente y más actividades económicas. En consecuencia, es previsible que se produzcan cambios en los usos del suelo y en los aprovechamientos humanos que, inevitablemente, implicarán una mayor presión sobre el medio y tendrán importantes repercusiones biogeográficas.



El calentamiento está produciendo un desplazamiento latitudinal y altitudinal de las franjas de vegetación que puede suponer la desaparición de las especies menos dinámicas o más exigentes y la alteración del conjunto de los ecosistemas. Además, está facilitando la extensión de las actividades humanas lo que implica una reducción de las superficies que hasta ahora se conservaban en un estado más próximo al natural.

Foto: Balsfjord (Noruega), escalonamiento altitudinal de la vegetación y de los usos del suelo.

Está comprobado que cuando se produce un calentamiento las especies tienden a desplazarse en dirección a los polos para mantenerse dentro de su “clima ideal”. De este modo, los bosques caducifolios de las regiones templadas ganan terreno a costa

del bosque boreal mientras que éste avanza hacia la tundra que, a su vez, se instala sobre áreas anteriormente cubiertas por el hielo. Hasta el presente, todos estos cambios se han verificado siempre con una gran lentitud permitiendo la adaptación y la colonización del territorio a la mayoría de las especies.



Los cambios ambientales producidos por el calentamiento global contribuyen a acelerar la crisis de los modos de vida tradicionales cuyo abandono está teniendo un fuerte impacto paisajístico (cambios en los patrones de aprovechamiento del territorio, modificación de la presión ejercida sobre las distintas especies, utilización de los recursos...)

Foto: lapones nómadas en *Kautokeino* (Noruega)

Sin embargo, el cambio actual no tiene precedentes ya que se está produciendo a una velocidad extraordinaria y afecta a una cubierta vegetal fragmentada por las actividades humanas: los ambientes más “naturales” forman manchas rodeadas de espacios humanizados y carecen de la continuidad necesaria para garantizar que todas las especies puedan irse desplazando en su migración hacia el Norte. Es evidente que algunas especies (y, entre ellas, la mayoría de los animales) son capaces de dispersarse muy deprisa y colonizar nuevos territorios pero otras requieren mucho más tiempo y no son capaces de atravesar zonas artificializadas por lo que se exponen a desaparecer.

Dado lo anterior, hay que imaginar que la mayoría de los ecosistemas se desplazarán en dirección hacia el polo (o hacia las cumbres) pero que, al hacerlo, sufrirán alteraciones importantes motivadas por la desaparición de muchas de sus especies y la incorporación de algunas otras propias de los ambientes preexistentes pero que, habiendo quedado rezagadas, son capaces de adaptarse a las nuevas circunstancias.

Es muy probable que algunos biomas, tales como la tundra, queden muy menguados y que numerosas especies dejen de encontrar lugares favorables para vivir y terminen desapareciendo. Las más vulnerables son las más especializadas (y exclusivas) de los medios polares, desde el oso polar, que necesita los hielos de la banquisa para obtener su alimento, hasta los pequeños organismos extremófilos que viven en el hielo o en los desiertos y que no tienen equivalente en ninguna otra región del mundo.

Muchas de las tendencias descritas se están observando ya (avance hacia el polo de la mayoría de las especies, alargamiento de los ciclos vegetativos e incremento de la productividad, alteraciones en los patrones y calendarios migratorios de numerosos animales, confinamiento en áreas cada vez más reducidas de las especies propias de

los ambientes más extremos... Sin embargo, en el momento actual, los efectos a largo plazo de dichas tendencias son desconocidos y los interrogantes suscitados por el cambio climático son mucho más numerosos que las certezas.



El oso polar, que necesita los hielos de la banquisa para cazar, es uno de los animales amenazados por la rápida fusión de los hielos que recubren el Ártico y se ha convertido en un símbolo para la conservación.