

# Bosques boreales y tundra

Dr. Francisco José Alcaraz Ariza  
Universidad de Murcia  
España

(versión de 22 de abril de 2012)

Copyright: © 2012 Francisco José Alcaraz Ariza. Esta obra está bajo una licencia de Reconocimiento-No Comercial de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite [http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/deed.es\\_CL](http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/deed.es_CL) o envíe una carta a Creative Commons, 559 Nathan Abbott Way, Stanford, California 94305, USA

---

## Índice

<b>1. Taiga o bosque boreal.....</b>	<b>1</b>
1.1. Introducción.....	1
1.2. El medio.....	1
1.2.1. Clima.....	1
1.2.2. Suelos y ciclo de la materia.....	1
1.3. Vegetación.....	1
1.3.1. Características de la taiga.....	1
1.3.2. Estructura de la taiga.....	3
1.3.3. Ecofisiología.....	3
1.3.4. Sucesión.....	3
1.3.5. Influencia humana.....	3
1.4. Tipos especiales de vegetación.....	4
1.4.1. Turberas.....	4
1.4.2. Bosques borrachos de piceas y alerces.....	4
1.4.3. Bosques sabulícolas de pinos.....	5
1.5. Áreas de taiga del mundo.....	5
1.5.1. Eurasia.....	5
1.5.2. Norteamérica.....	5
<b>2. La vegetación polar o de tundra.....</b>	<b>6</b>
2.1. Introducción.....	6
2.2. El medio.....	7
2.2.1. Clima.....	7
2.2.2. Suelos.....	7
2.3. Vegetación.....	7
2.3.1. Características y estructura.....	7
2.3.2. Ecofisiología.....	7
2.3.3. Influencia humana.....	8
2.3.4. Tipos de tundra.....	8
2.4. Áreas de tundra del mundo.....	8
2.4.1. Tundra euroasiática.....	8
2.4.2. Tundra norteamericana.....	8
2.4.3. Tundra groenlandesa.....	9
2.4.4. Tundra antártica.....	9
<b>3. Mapa conceptual.....</b>	<b>10</b>
<b>4. Actividades de aplicación de los conocimientos.....</b>	<b>12</b>
<b>5. Fuentes de consulta.....</b>	<b>13</b>
5.1. Bibliografía básica.....	13

5.2. Bibliografía complementaria.....	13
5.3. Direcciones de Internet.....	13

## Índice de cuadros

Cuadro 1: Fitomasa aérea total y producción primaria en toneladas por hectárea y año en diversos tipos de tundra.....	8
Cuadro 2: producción primaria de algunas tundras en kilogramos por hectárea y año.....	8

## Índice de figuras

Figura 1: Distribución de la taiga en el mundo y diagramas ombrotérmicos representativos.....	2
Figura 2: Desarrollo de un lago termocárstico por fusión del permafrost y formación del «bosque borracho».....	4
Figura 3: Distribución de la tundra en el hemisferio .....	6

# Bosques boreales y tundra

## Interrogantes centrales

- ¿Cuáles son las características de la taiga y dónde se distribuye en el mundo?
- ¿Qué características presenta el medio en el que se desarrolla la taiga?
- ¿Cuál es la estructura de la taiga y las adaptaciones de las plantas que la integran?
- ¿Cuáles son las principales áreas de taiga del mundo y qué peculiaridades presentan?
- ¿En qué territorio y bajo que condiciones se presenta el bioma de la tundra?
- ¿Qué características y estructura presenta la vegetación de la tundra?
- ¿Cuáles son las adaptaciones y los aspectos ecofisiológicos más resaltables de la tundra?
- ¿Qué tipos de tundra se puede reconocer en función de la latitud?
- ¿Cuáles son las principales áreas de tundra en el mundo?

## 1. Taiga o bosque boreal

### 1.1. Introducción

- La taiga o bosque boreal se presenta como un cinturón casi continuo de bosques de coníferas a través de Norteamérica y Eurasia (ver figura 1).
- Ocupa zonas previamente cubiertas de glaciares y áreas con manchas de permafrost en ambos continentes.
- Taiga es el nombre ruso de este bosque, pero el término se aplica también en Norteamérica.

### 1.2. El medio

#### 1.2.1. Clima

- Corresponde a zonas subárticas y de clima frío continental (Dfc, Dfd y Dwd en la clasificación de Köppen).
- Walter la incluye en la zona VIII.
- Rivas Martínez considera el macrobioclima boreal, pero a diferencia de los anteriores incluye el sur de la Tierra del Fuego, pese a que la estructura de la vegetación es diferente de la taiga del hemisferio norte.
- Inviernos largos y severos (hasta 6 meses con temperaturas medias por debajo de 0° C) y veranos cortos (50 a 100 días libres de heladas, periodo con medias diarias mayores de 10° C es menor de 120 días).
- En general elevada continentalidad, Verchojansk en Rusia ha registrado extremas de -65 y +28° C.
- Precipitación media anual normalmente de 350 a 500 mm (excepcionalmente menos de 150 mm), pero escasa evapotranspiración, lo que determina un clima húmedo.
- Con la llegada del deshielo se producen arroyos de gran torrencialidad.
- Los fenómenos de crioturbación afectan a la estructura superficial del suelo.

#### 1.2.2. Suelos y ciclo de la materia

- La podsolización es un fenómeno muy frecuente como resultado de la solución ácida del suelo producida por efecto de las hojas aciculares.
- El suelo principal es el podsol (spodosol).
- En crestas pueden abundar los leptosoles.
- En las depresiones hay histosoles por encima del nivel de permafrost; la fusión produce bosques borrachos (*Picea mariana* en Norteamérica).

### 1.3. Vegetación

#### 1.3.1. Características de la taiga

- Dominan en los bosques climáticos coníferas de hojas aciculares.
- Géneros *Abies*, *Picea*, *Pinus* y los caducifolios alerces (*Larix*).
- Predominan coníferas enanas (menos de 10 m de altura) de forma cónica.
- Flora muy diferenciada, rica en Norteamérica y Asia Oriental y pobre en W y C de Europa, pero siempre pocos árboles.

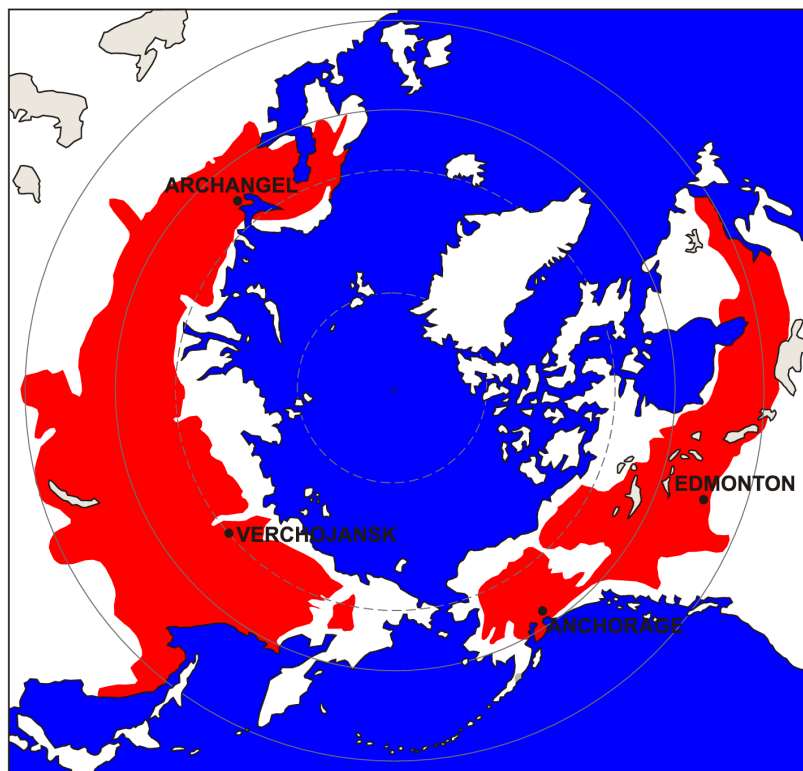
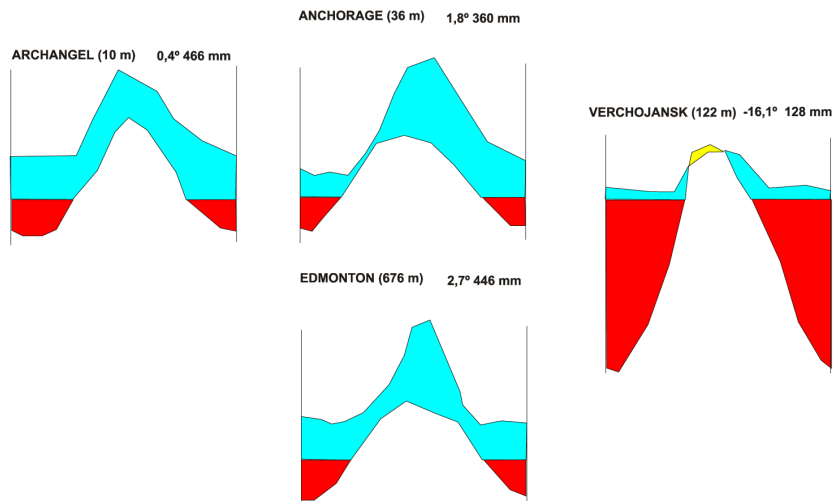


Figura 1: Distribución de la taiga en el mundo y diagramas ombrotérmicos representativos

### 1.3.2. Estructura de la taiga

- Siempre dominan una o muy pocas especies de árboles.
- En Norteamérica: *Abies*, *Chamaecyparis*, *Juniperus*, *Picea*, *Pinus*, *Thuja*, *Tsuga*, pero sólo *Picea glauca* va desde Terranova hasta el Estrecho de Bering.
- En la zona boreal de Europa sólo son importantes *Picea abies* y *Pinus sylvestris*, que en Siberia son sustituidos por *Abies sibirica*, *Larix sibirica* y *Pinus sibirica*.
- En el norte de China y Japón vuelve a aumentar el número de especies de aciculifolios (*Abies nephrolepis*, *Alnus sinuata*, *Betula* sp. pl., *Picea jezoensis*, *Pinus sibirica*).
- Estrato arbóreo, uno herbáceo rico en arbustos enanos y otro muscinal:
  - ✓ Típico el bosque de *Picea abies* sobre podsoles con un estrato arbustivo de arándanos (*Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*) y en la zona meridional acederas (*Oxalis acetosella*); suelen presentar musgos (*Polytrichum*) y diversas herbáceas (*Lycopodium annotinum*, *Linnaea borealis*, *Monesses uniflora*, etc.).
  - ✓ En zonas más secas el bosque es de *Pinus sylvestris* con *Calluna vulgaris*, *Goodyera repens*, *Lycopodium complanatum*, *Cladonia*, *Cetraria*, etc.

### 1.3.3. Ecofisiología

- Suelos pobres en nutrientes, los árboles poseen micorrizas ectotróficas para sobrevivir.
- Como resistencia al frío están muy desarrollados los procesos de endurecimiento y superenfriamiento, incluso en los planifolios (*Populus balsamifera*).
- En la época de reposo la respiración apenas es detectable.
- Las hojas siempreverdes permiten a las plantas iniciar la fotosíntesis tan pronto como lo permiten las temperaturas.
- Verde todo el año, la penetración de la luz solar está en relación con la densidad del dosel arbóreo; el índice de superficie foliar es alto (9-10 en los bosques de pino rojo y más de 11 en los de abeto rojo).
- Las hojas aciculares originan una superficie transpiradora reducida; además tienen cutículas gruesas con estomas hundidos.
- El color oscuro ayuda a absorber más calor del sol y reiniciar la fotosíntesis lo antes posible.
- La mayor parte de los nutrientes está en el mantillo, por ello abundan los saprófitos.
- La forma cónica de los árboles facilita la evacuación de nieve.
- Como protección a los incendios muchos árboles presentan cortezas gruesas.
- El consumo total de agua en los bosques típicos de abeto rojo (*Picea abies*) europeos asciende a 250 mm en la taiga septentrional, a 350 mm en la central y a 450 mm en la meridional.
- Compleja competencia por el agua y los nutrientes entre árboles y arbustos o hierbas.
- Abunda la anemofilia entre los árboles y la entomofilia en los arbustos, muchos de ellos con flores blancos para facilitar la localización por los insectos.
- En la diseminación abunda la zoocoria.

### 1.3.4. Sucesión

- Los árboles planifolios con óptimo en las crestas sustituyen por alteración a la taiga en áreas termo a meso boreales (*Alnus*, *Betula* y *Populus*).
- Desde un incendio, medio habitual de reiniciar la sucesión, hasta la restauración de la taiga pasan unos 200 años.
- Tras incendios la sucesión de los bosques de *Picea glauca* se inicia con herbazales pirofíticos (*Epilobium angustifolium*), continua con una etapa de bosque de madera blanda (*Betula papyrifera*, *Populus tremuloides*) una etapa de bosque de coníferas con pinos y a veces alerces y finalmente se reinstala la taiga originaria de piceas.

### 1.3.5. Influencia humana

- Cultivos en zonas reducidas.
- Caza de animales de pieles valiosas.
- Recursos geológicos (minería, petróleo).
- Explotación maderera.

### 1.4. Tipos especiales de vegetación

#### 1.4.1. Turberas

- Se presentan en depresiones glaciares mal drenadas. Los *Sphagnum* forman una masa esponjosa sobre agua encharcada.
- Sobre estas masas crecen algunas fanerógamas como los *Eriophorum* y arbustos de la familia ericáceas, capaces de germinar sobre los ápices vivos de los *Sphagnum*; en Norteamérica *Picea mariana* y *Larix laricina* forman un anillo alrededor de las turberas.
- El crecimiento de los árboles se ve inhibido.
- Se pueden distinguir tres tipos de turberas:
  - ✓ *Topógenas*: depresiones con acumulación de agua, más ricas en nutrientes.
  - ✓ *Ombroógenas*: condicionadas exclusivamente por la lluvia.
  - ✓ *Solígenas*: mixtas.
- En las turberas oligotróficas, propias de climas húmedos frescos o fríos se pueden distinguir:
  - ✓ *Turberas de cobertura*: islas británicas y costa occidental de Escandinavia, originadas tras la tala de bosques. Dominan *Sphagnum* y *Rhacomitrium lanuginosum*.
  - ✓ *Turbera altas*: típicas del extremo noroeste de Europa central, con clima menos oceánico; si el clima es seco pueden llevar pinos rojos.
  - ✓ *Turberas Aapa o de cordón*: situadas en Fenoscandia; son solígenas y constan de cordones algo elevados perpendiculares al declive y ombrotólicas; entre ellas hay depresiones llenas de agua (rimpis).
  - ✓ *Turberas palsa*: están en la tundra arbolada, con medias anuales por debajo de 1° C; el hielo origina el levantamiento de la turba, que puede formar montículos de 20 - 35 x 10 -15 metros y con una altura de 2 a 7 metros.

#### 1.4.2. Bosques borrachos de piceas y alerces

- Los bosques de alerces se instalan en depresiones con permafrost (ver figura 2).
- Son bosques abiertos con un estrato inferior de musgos y líquenes.
- En Alaska estas zonas están ocupadas por *Larix laricina* y en Siberia por *Larix dihurica*.

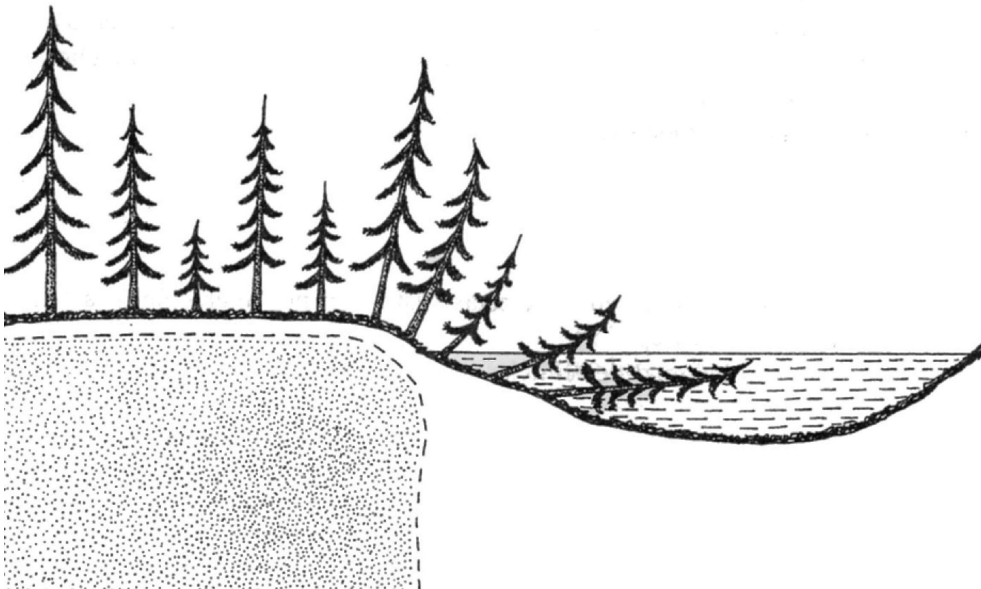


Figura 2: Desarrollo de un lago termocárstico por fusión del permafrost y formación del «bosque borracho» de *Picea mariana* en el entorno de Dawson City, Yukón (Canada)

### 1.4.3. Bosques sabulícolas de pinos

- En Norteamérica hay bosques dominados por *Pinus banksiana* en llanos arenosos secos y antiguas zonas de dunas.
- Se trata de sustratos pobres en nutrientes y secos en los que no sobreviven las piceas.

## 1.5. Áreas de taiga del mundo

### 1.5.1. Eurasia

- Amplia franja entre los océanos Pacífico y Atlántico, extendida por más de 700 millones de hectáreas.
  - ✓ Más oceánica hacia Escandinavia, con los típicos bosques de abeto rojo (*Picea abies*), pino rojo (*Pinus sylvestris*) y entre los caducifolios, pioneros tras la deforestación, *Betula pendula* y *Populus tremula*. Es la llamada provincia Norteamericana.
  - ✓ Hacia la Siberia occidental aumenta la continentalidad y limita al sur con la estepa. Destacan *Picea obovata*, *Pinus sibirica*, *Abies sibirica* y *Larix sibirica*. *Populus tremula* es prácticamente el único planifolio presente. Este territorio se denomina provincia Siberiana Occidental.
  - ✓ En la Siberia central, más continental, aumenta la extensión de permafrost y ello permite la gran extensión de bosques de alerces (*Larix dahurica*). En Siberia oriental la continentalidad es extrema y por ello abundan zonas no forestales; aquí se encuentra la zona de permafrost más grande del mundo. Estos territorios constituyen la provincia Siberiana Central.
  - ✓ En el oriente extremo alcanza latitudes más meridionales que en otras regiones de Eurasia (excepcionalmente en Honshu alcanza los 36°N); alcanzando la península de Corea; destacan *Picea jezoensis*, *P. koyamai*, *Alnus sinuata*, *Populus tremula*, *Betula* sp. pl. y *Abies nephrolepis*. Es la llamada provincia Okhotsk-Kamchatkiana.

### 1.5.2. Norteamérica

- Muchas relaciones con la taiga euroasiática; se extiende por una longitud de más de 6 300 km desde el N del Alaska y Yukón hasta Terranova; en algunas zonas supera los 1 000 km de anchura.
- Las principales especies son *Picea glauca*, como climatófila, *P. mariana* y *Larix laricina*. Al oeste de las Rocosas son comunes *Pinus contorta* var. *latifolia* y *Abies bifolia*, que son sustituidos en el este por sus geovicariantes *Pinus banksiana* y *Abies balsamea*.
- Entre las pioneras caducifolias destacan *Betula papyrifera*, *Populus balsamifera* (en suelos húmedos) y *Populus tremuloides*.
- Este territorio, relativamente homogéneo en todas sus zonas, ha sido denominado provincia Canadiense.

## 2. La vegetación polar o de tundra

### 2.1. Introducción

- La palabra tundra deriva de la lengua sámic (lapona) y significa lugar elevado y seco, tierra sin árboles.
- Es el bioma más simple en lo que respecta a la biodiversidad y cadenas alimenticias (se puede considerar como funcionalmente inmaduro por las adversas y variables condiciones climáticas).
- Origen reciente, posiblemente en los últimos 10 000 años.
- La vegetación está integrada por líquenes, musgos, cárices, hierbas perennes y arbustos enanos (frecuentemente brezos, pero también abedules y sauces).
- Está restringido a las altas latitudes del hemisferio norte, en un cinturón alrededor del Océano Ártico (figura 3) y en las islas del Océano Antártico.

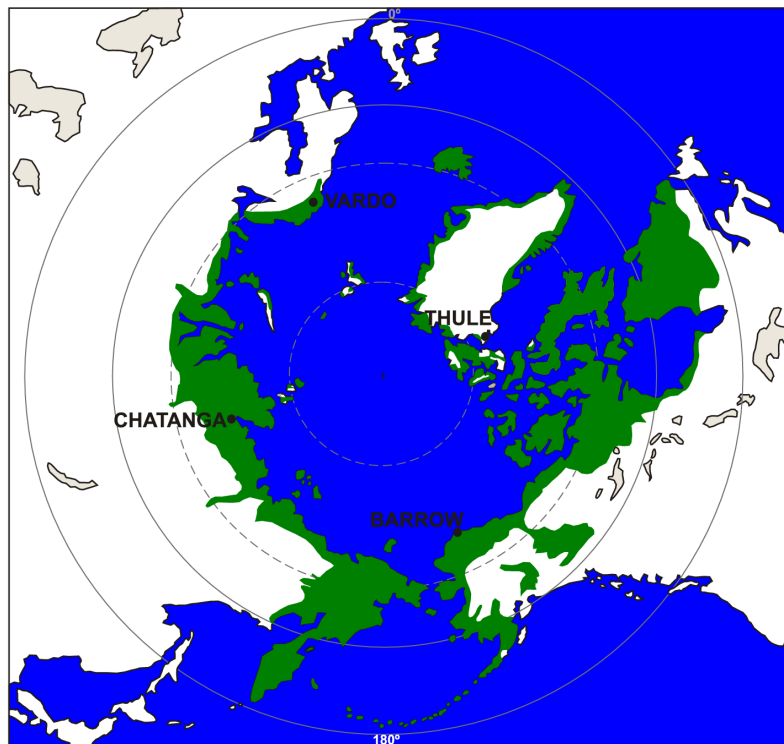
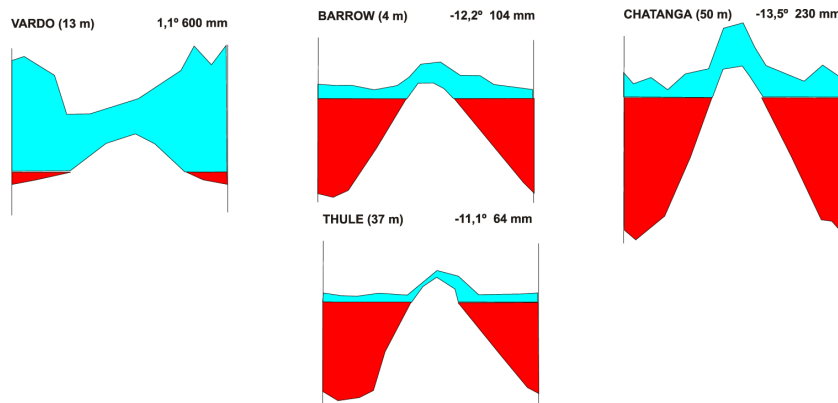


Figura 3: Distribución de la tundra en el hemisferio norte y diagramas ombrotérmicos representativos



## 2.2. El medio

### 2.2.1. Clima

- Clima tipo ET (Koppen), IX (Walter), Polar (Rivas Martínez).
- Estación de crecimiento extremadamente corta (6 a 10 semanas).
- Inviernos largos, fríos y oscuros (6 a 10 meses con temperaturas por debajo de los 0° C).
- En pleno invierno las temperaturas pueden bajar de los -50° C.
- Precipitaciones bajas (menos de 350 mm al año), la mayoría en verano.
- Evapotranspiración muy escasa.
- Frecuentes vientos fuertes y secos.
- En invierno la nieves constituye una protección para la vida animal y vegetal ya que supone una capa de aislamiento sobre la superficie del suelo.

### 2.2.2. Suelos

- No son verdaderos suelos, con procesos de edafogénesis y diferenciación en horizontes.
- Capa de suelo congelado (permafrost) casi todo el año, limita el crecimiento de los árboles.
- El permafrost impermeabiliza el suelo, de manera que fácilmente se forman zonas encharcadas.
- Hay una fina capa de deshielo en verano que se acompaña de solifluxión en laderas, que determina los patrones de distribución de la vegetación y crea un mosaico de microhábitats y comunidades vegetales.
- Suelos poligonales en los lugares no bien drenados.
- Escasez de nutrientes y procesos de humificación muy deficientes.

## 2.3. Vegetación

### 2.3.1. Características y estructura

- Cubiertas vegetal discontinua, debido a la irregular distribución de la humedad y a un microrrelieve complicado.
- Gran diferenciación latitudinal, con un empobrecimiento progresivo a medida que aumenta la latitud.
- Composición de la tundra meridional:
  - ✓ Gramíneas en macizos espesos (tussock).
  - ✓ Matas almohadilladas, frecuentes matas siempreverdes de la familia ericáceas, resistencia al viento.
  - ✓ Plantas en roseta.
  - ✓ Arbustos enanos, algunos caducifolios.
- Mayoría de plantas perennes (99%) y de tipo hemicriptófito, ya que las anuales en años fríos no pueden completar ciclo vital.
- Abundancia de plantas perennifolias que reinician su actividad al comenzar la fusión de las nieves sin perder tiempo en regenerar las hojas (*Andromeda polifolia*, *Dryas octopetala*, *D. punctata*, *D. integrifolia*, *Ledum palustre*, *Vaccinium vitis-idaea*).
- Frecuente floración temprana, gracias a la formación de las yemas florales en el verano anterior.
- Muchas plantas tienen hojas rojo oscuras, lo que les permite absorber más calor del sol.
- Las formas almohadilladas están mejor protegidas del frío.
- Frecuentes rizomas subsuperficiales (menos de 20 cm de profundidad) para resistir el frío.
- Producción masiva de yemas para asegurar que algunas permitan el rebrote tras los fríos.

### 2.3.2. Ecofisiología

- Actividad fotosintética en el periodo favorable en el mismo rango que en zonas más cálidas.
- Aire con escaso dióxido de carbono (0,016% frente a otras regiones con el 0,03%), la mayor parte del utilizado en la fotosíntesis proviene del suelo.
- Producción diaria de oxígeno en función de la latitud.
- Biomasa y producción varía en función de la latitud (cuadros 1 y 2):
  - ✓ Biomasa de 5 000 Kg por hectárea en la septentrional, producción anual de 1 000 Kg / Ha.
  - ✓ Biomasa de 20 000 – 30 000 Kg por hectárea en la meridional, producción anual de 2 500 - 3.000 Kg / Ha.
- Gran concentración de monosacáridos en órganos perennes de las plantas, que hace disminuir notablemente la tasa de respiración, y evita la coagulación de proteínas por debajo de los 0° C. En otras

## Geobotánica Tema 28

plantas hay una oxidación intensa de la reserva de alimentos. Algunas funcionan ya a  $-2^{\circ}$  C (*Rubus chamaemorus*). Balance hídrico equilibrado, pero frecuente aspecto xeromórfico debido a las carencias de nitrógeno.

Cuadro 1: Fitomasa aérea total y producción primaria en toneladas por hectárea y año en diversos tipos de tundra

Tipo de tundra	Fitomasa aérea	Producción primaria
Tundra septentrional (plantas almohadilladas)	0,6	0,4
Tundra central (herbáceas)	1,2	0,7
Tundra meridional (arbustos enanos)	3,2	1,2
Tundra arbolada con abedules y abetos rojos	7,3	1,4

Cuadro 2: producción primaria de algunas tundras en kilogramos por hectárea y año

Producción	Lugar	Periodo vegetativo (días)
2500	Zona subártica (Laponia sueca)	111
830	Alaska	70
30	Ártico superior	60

### 2.3.3. Influencia humana

- Más evidente hacia su límite en dirección al Ecuador, donde ha favorecido la introducción de plantas y animales de área más meridional.
- En el norte poblaciones nómadas de escasa influencia en el territorio.

### 2.3.4. Tipos de tundra

- Tundra septentrional: confinada a las islas del Océano Ártico y caracterizada por líquenes dispersos y musgos en la superficie de rocas protegidas, mientras que en las grietas inmediatas pueden instalarse algunas hierbas.
- Tundra central o típica: es la de mayor extensión, fundamentalmente integrada por musgos sobre los cuales suele crecer un estrato herbáceo de juncos. Presenta algunos arbustos enanos.
- Tundra arbustiva o meridional: desarrollada en laderas bien drenadas con un permafrost más profundo; presenta una mayor frecuencia de arbustos leñosos (sauces, abedules y ericáceas de fruto en baya). En los márgenes de arroyos los sauces y alisos pueden alcanzar hasta 3 metros de altura. En las laderas orientadas al sur pueden sobrevivir piceas.

## 2.4. Áreas de tundra del mundo

### 2.4.1. Tundra euroasiática

- Franja costera de amplitud variable, a lo largo de la costa del Océano Ártico y del Pacífico septentrional.
- La influencia del Atlántico atenúa los rigores térmicos en las costas escandinavas.
- La influencia del Pacífico acentúa el frescor de los veranos en las dos riberas del Estrecho de Bering.

### 2.4.2. Tundra norteamericana

- En el oeste del continente la situación es parecida a la de las costas más orientales de Siberia.
- Hacia el este su extensión se amplía considerablemente, llegando casi a los  $52^{\circ}$  de latitud N en El Labrador.

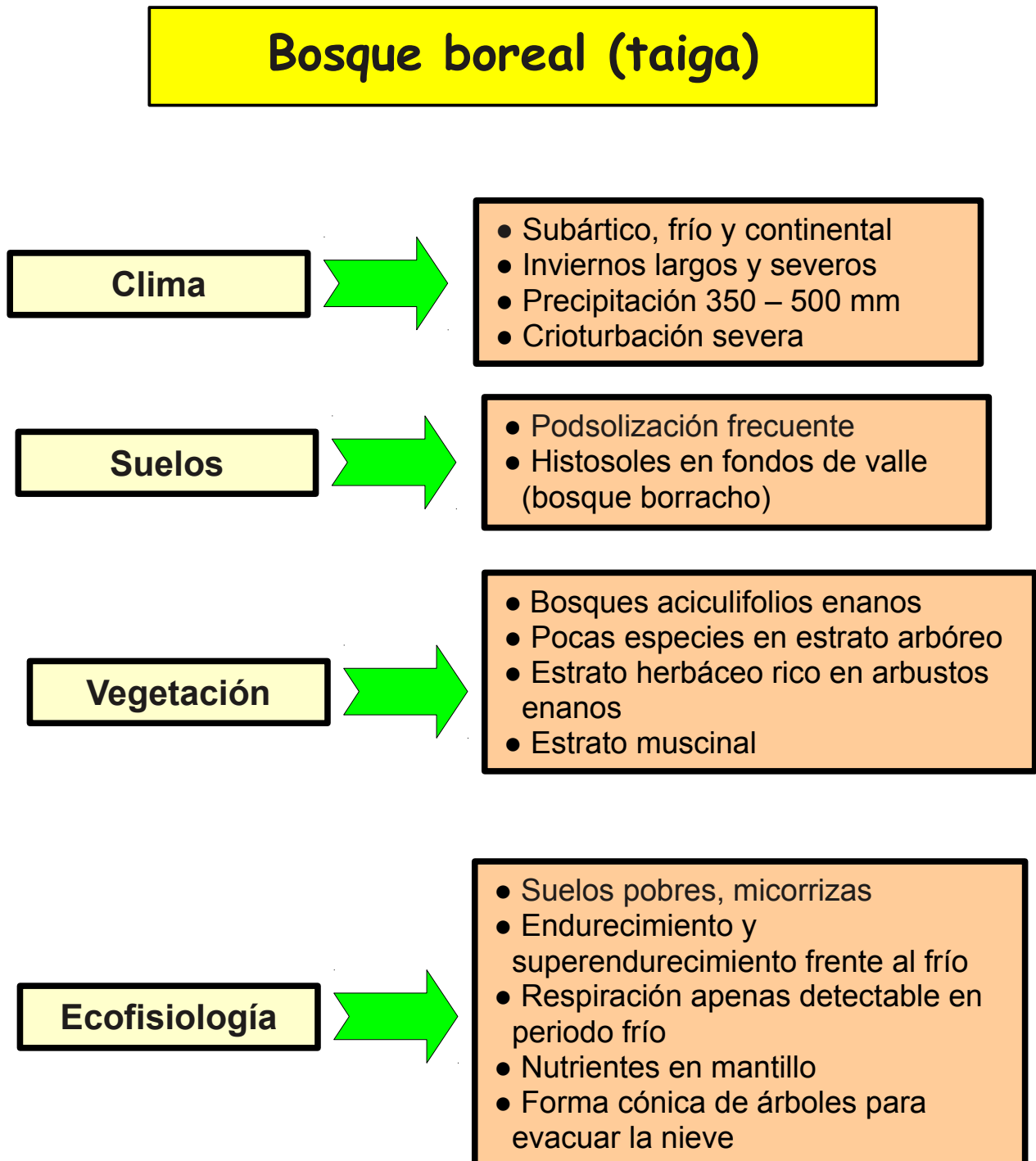
### 2.4.3. Tundra groenlandesa

- Relegada a las zonas sin hielo de Groenlandia.
- Diversidad relativamente alta, con 106 especies catalogadas, algunas endémicas (*Saxifraga nathorstii*).

### 2.4.4. Tundra antártica

- El 97,6% de la Antártida cubierta de hielo.
- Verano mucho más frío que en hemisferio norte (a la misma latitud 15° C en N y 0-3° C en Antártida).
- Flora extremadamente pobre en plantas vasculares (*Colobanthus quitensis*, *Deschampsia antarctica*, introducida *Poa pratensis*), pero abundantes musgos (unas 100 especies) y líquenes (400 especies, 1/4 endémicas).
- Incluyen muchas pequeñas islas al sur de los 50° de latitud S, con frecuentes vientos y nieblas
- En las Malvinas son frecuentes las almohadillas de *Azorella selago*.
- *Pringlea antiscorbutica* es una crucífera muy rica en vitamina C, relativamente frecuente.
- *Acaena* (rosáceas) está distribuida por todas las islas.

3. Mapa conceptual



# Tundra

## Clima

- Clima polar, 6 – 10 semanas de crecimiento
- Inviernos fríos y oscuros (-50° C)
- Precipitaciones < 350 mm
- Nieve muy importante en invierno

## Suelos

- Protosuelos con permafrost
- Impermeables, limitan crecimiento de los árboles
- Suelos poligonales en zonas no bien drenadas

## Vegetación

- Cubierta vegetal discontinua
- Diferenciación latitudinal (tundra septentrional, central y meridional)
- Mayoría hemicriptófitos
- Frecuente floración temprana y rizomas subsuperficiales

## Ecofisiología

- Fotosíntesis en periodo favorable equivalente a la de otros biomas
- CO<sub>2</sub> escaso en aire, se utiliza también el del suelo
- Producción en función de la latitud
- Concentración alta de monosacáridos y oxidación intensa de las reservas previene del efecto del frío
- Xeromorfosis por falta de oxígeno

### 4. Actividades de aplicación de los conocimientos

1. Los límites septentrionales de la taiga, hacia la tundra, y meridionales, hacia el bosque planifolio, se realizan a través de mosaicos, en función del tipo de sustrato y de la orientación. Busque información en la bibliografía y analice qué tipos de exposiciones y características del suelo favorecerán, en cada caso, a uno u otro tipo de vegetación.
2. En la clasificación de Rivas Martínez las zonas de la Tierra del Fuego con vegetación de *Nothofagus betuloides* son consideradas como boreales y, al menos climáticamente, encuadrables en el bioma de la taiga. Reúna información sobre ese territorio y analice los pros y los contras de considerarla en el mismo marco que la taiga.
3. En la clasificación de Rivas Martínez los termotipos boreales se reconocen en función de la temperatura positiva ( $T_p$ ) y no por el índice de termicidad compensado ( $I_{tc}$ ). Comente brevemente las ventajas e inconvenientes de utilizar uno u otro índice.
4. Desde el punto de vista biogeográfico se han dado dos tendencias en la clasificación de las zonas boreales del hemisferio Norte. Para algunos autores las similitudes florísticas con los territorios templados adyacentes han llevado a considerar los territorios boreales de Norteamérica y Eurasia unidos a las respectivas regiones templadas de ambos continentes. Para otros autores desde el punto de vista climático, edáfico y fitocenótico es más adecuado considerar una sola región Circumboreal para todo el área de la taiga. Analice ambas propuestas y tome una decisión propia sobre cuál de ellas le parece más razonable.
5. Muchas personas consideran que la vegetación de la alta montaña es muy similar a la de la tundra (tundra alpina). Analice de forma razonada las similitudes y diferencias entre la vegetación de ambas zonas.
6. Resuma las principales adaptaciones al frío que se presentan en la vegetación de la tundra, analizando las ventajas que suponen cada una de ellas y, en su caso, los posibles inconvenientes.
7. Las clasificaciones climáticas de Köppen, Walter y Rivas Martínez consideran una zona para las áreas de la tundra, pero presentan diferencias en sus límites y su caracterización. Compare la concepción de los tres sistemas para esta unidad poniendo de relieve sus principales similitudes y los puntos de discrepancia más relevantes.

## 5. Fuentes de consulta

### 5.1. Bibliografía básica

Alcaraz, F.; Clemente, M.; Barreña, J.A. y Álvarez Rogel, J. 1999. *Manual de teoría y práctica de Geobotánica*. ICE Universidad de Murcia y Diego Marín. Murcia. Folch, R. (Ed.) 1993. *Biosfera, 8. Praderies i taigà*. Enciclopèdia Catalana, Barcelona, pp: 245-432.

Folch, R. (Ed.) 1993. *Biosfera, 9. Tundra i insularitat*. Enciclopèdia Catalana, Barcelona, pp: 17-57, 151-174.

Walter, H. 1977. *Zonas de vegetación y clima*. Omega, Barcelona, pp: 184-201; 202-224.

### 5.2. Bibliografía complementaria

De Vries, A.L. 1983. Antifreeze peptides and glycopeptides in cold-water fishes. *Annual Review of Physiology* 45: 245-260.

Guy, C.L. 1990. Cold acclimation and freezing stress tolerance: role of protein metabolism. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 41: 187-223.

Hirsch, A.G.; Williams, R.J. y Meryman, H.T. 1985. A novel method of natural cryoprotection. Intracellular glass formation in deeply frozen *Populus*. *Plant Physiology* 79: 41-56.

Ozenda, P. 1982. *Les végétaux dans la biosphère*. Doin, Paris, pp: 309-317.

### 5.3. Direcciones de Internet

<http://icarito.tercera.cl/icarito/2001/837/pag7.htm>

<http://mbgnet.mobot.org/sets/tundra/plants/>

<http://members.tripod.com/bioclub/pag5002b.htm>

<http://oncampus.richmond.edu/academics/as/education/projects/webunits/biomes/taiga.html>

<http://www.blueplanetbiomes.org/taiga.htm>

<http://www.fao.org/forestry/fo/fra/main/pdf/chap27-s.pdf>

[http://www.needham.mec.edu/high\\_school/cur/Bio96\\_97/P5/Taiga/Biome-Taiga.html](http://www.needham.mec.edu/high_school/cur/Bio96_97/P5/Taiga/Biome-Taiga.html)

<http://www.radford.edu/~swoodwar/CLASSES/GEOG235/biomes/taiga/taiga.html>

<http://www.radford.edu/~swoodwar/CLASSES/GEOG235/biomes/tundra/tundra.html>