

RESISTIENDO EXTREMOS: LOS ÁRBOLES MÁS INCREÍBLES DE LA TIERRA

Carlos Cano Barbacil
(Universidad Rey Juan Carlos)

Javier Cano Sánchez
(AEMET)

1. INTRODUCCIÓN

El término árbol hace referencia al de una planta perenne (que vive más de dos años), con tallo leñoso, del que salen las ramas a una cierta altura del suelo y que presenta una mayor longevidad que otros tipos de plantas. Para diferenciarlo de un arbusto ha de superar un determinado límite en su madurez, generalmente los dos metros de altura y un diámetro mínimo en el tronco establecido en diez centímetros.

Podemos encontrar árboles por todo el planeta excepto en las regiones polares, en la tundra, en las montañas con clima alpino, en las islas expuestas a fuertes vientos, en los desiertos más secos y en lugares donde la naturaleza del suelo no permite su desarrollo, debido a su alta acidez o salinidad, porque se encuentran saturados de agua o por causa de localizarse en áreas con exposiciones geotérmicas, como volcanes y géiseres.

La diversidad de especies de árboles varía enormemente con la latitud. Las regiones tropicales son particularmente ricas, pues hay miles de especies de árboles; incluso, es posible encontrar en una sola hectárea de bosque tropical lluvioso más especies que en todo el continente europeo. En las zonas de latitudes medias, donde prosperan los bosques templados de coníferas, planifolios o mixtos, presentan claramente una menor diversidad de especies que en el ecuador. En las regiones de mayor latitud, principalmente en el hemisferio norte, porque en el sur apenas hay masas de tierra, el bosque boreal o taiga viene caracterizado por extensas formaciones de coníferas con muy pocas especies, incluso algunos de estos bosques primitivos son monoespecíficos, a pesar de ser la mayor masa forestal del planeta.

A medida que aumentan la altitud, la sequedad, la exposición al viento o la latitud, el bosque empieza a ralearse, hasta que llega un momento que la densidad de árboles es ínfima y desaparecen. Esa raya imaginaria que pueden alcanzar los árboles es conocida con el nombre de *línea de árboles*, y marca el límite del hábitat en el que los árboles son capaces de crecer. Más allá de esa línea, las inadecuadas condiciones ecológicas y climáticas no permiten el crecimiento, ya sea por las temperaturas frías, la falta de presión de aire, la falta de humedad o las condiciones del suelo, entre otros factores. En la zona de la línea arbolada, el crecimiento de los árboles es muy lento y raquítico debido a las condiciones extremas. Se pueden distinguir varios tipos de líneas arboladas: alpina, que señala los lugares de mayor altitud debido al frío o porque la tierra permanece cubierta de nieve durante demasiado tiempo (Tabla 1); desértica, donde las precipitaciones son insuficientes para que los árboles puedan crecer; de exposición, en lugares aislados como las costas o montañas, donde los vientos reducen el crecimiento de los árboles; ártica y antártica, que indican las regiones más al norte o sur, respectivamente, en que los árboles pueden desarrollarse, condicionados por el frío y las temperaturas extremadamente bajas que pueden dar lugar a la congelación de la savia en el interior de los árboles, causando su muerte (Tabla 2); además, el permafrost en el suelo puede impedir que los árboles logren que sus raíces alcancen suficiente profundidad para el necesario apoyo estructural.

Las especies de árboles más frecuentes en las líneas arboladas son las coníferas. Otras, como el abedul pubescente (*Betula pubescens*) del norte de Europa, Islandia y Asia, el eucalipto de nieve australiano (*Eucalyptus pauciflora*) y las hayas antárticas (*Nothofagus antarctica*) del extremo sur de Chile y Argentina, también se encuentran en dicha línea.

ALTITUD A LA QUE SE ENCUENTRA LA LÍNEA DE ÁRBOLES	
Región del mundo	Altitud (en metros)
Suecia (68° N)	800
Noruega (61° N)	1 100
Alpes (46° N)	2 100
Pirineos (42° N)	2 300
Sierra Nevada, España (3 7° N)	2 400
Olympic Mountains, EE. UU. (47° N)	1 500
New Hampshire, EE. UU. (44° N)	1 220
Wyoming, EE. UU. (43° N)	3 000
Rocky Mountain, EE. UU. (40° N)	2 400-3 500
Japón (39° N)	2 900
Yosemite, EE. UU. (38° N)	3 200-3 600
Popocatépetl, México (19° N)	4 000
Himalaya (28° N)	4 400
Hawai, EE. UU. (20° N)	2 800
Costa Rica (10° N)	3 400
Kilimanjaro, Tanzania (3° S)	3 000
Nueva Guinea (6° S)	3 900
Andes, Perú (11° S)	3 900
Andes, Bolivia (18° S), línea arbolada más alta del mundo	5 200
Sierras de Córdoba, Argentina	2 000
Australia (36° S)	1 700
Isla Sur, Nueva Zelanda (43° S)	1 200

Tabla 1. Altitud de la línea de árboles en el mundo.

LATITUD A LA QUE SE ENCUENTRA LA LÍNEA DE ÁRBOLES	
Región del mundo	Latitud
Noruega	70° N
Llanura de Siberia Occidental	66° N
Meseta Central Siberiana	72° N
Extremo Oriente de Rusia (Kamchatka y Chukotka)	60° N
Alaska	68° N
Territorios del Noroeste, Canadá	69° N
Nunavut	61° N
Quebec	56° N
Groenlandia	64° N

Tabla 2. Línea de árboles en el mundo según la latitud.

2. EL ÁRBOL MÁS RESISTENTE A LA SEQUÍA

En el extremo sureste de Argelia se encuentra el macizo de Tassili n'Ajjer, que en bereber significa «meseta de los ríos». No hace mucho tiempo, unos 12 000 años, por sus cañones ahora secos, discurrían ríos y arroyos repletos de cocodrilos del Nilo (*Crocodylus niloticus*), el clima era bastante más húmedo que en la actualidad y el ecosistema de la región estaba constituido por una sabana, con jirafas, cebras y antílopes, tal y como lo atestiguan las más de 15 000 muestras de pintura y grabado rupestre que se localizan en la zona, además de los registros fósiles hallados. Pero hace 8 000 años un cambio climático ocasionó, de forma lenta e inexorable, una drástica disminución de las precipitaciones, dando paso a un árido territorio. En la actualidad esta región tiene un clima desértico, cálido y seco. Sin embargo, en algunos lugares remotos, todavía quedan restos de antiguos ríos en los que aún sobreviven unos pocos ejemplares de cocodrilo.

Debido a su altitud y la capacidad de retención de agua de la arenisca, la vegetación de Tassili n'Ajjer difiere de la del desierto circundante. Hace unos 2 000 años, en el cañón de Tamrit, todavía existía un bosque de cipreses del Sáhara (*Cupressus dupreziana*) que, aunque estaba en retroce-

so, mantenía la humedad suficiente para permitir a estos desarrollarse. El polen fósil revela que esta especie estaba muy difundida por toda esta región en tiempos recientes. Sin embargo, a pesar de la creciente desertificación del Sáhara, hoy sobreviven poco más de doscientos ejemplares, que se encuentran aislados por cientos de kilómetros de los árboles más cercanos. La mayoría sobrepasan los 2 000 años de edad (Figura 1), y producen semillas viables, aunque hay escasa renovación de la población debido a la actual sequía; tan solo diez son ejemplares jóvenes.

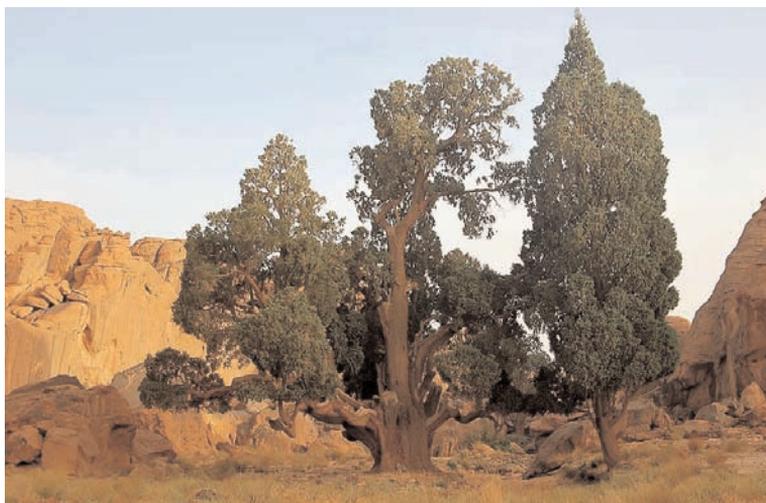


Figura 1. Cipreses del Sáhara (*Cupressus dupreziana*) localizados en el valle de los cipreses, Argelia. El ejemplar más alto de esta especie alcanza los 20 metros y tiene una edad aproximada de 2 000 años (fotografía: <http://www.google.es/search?q=cupressus+dupreziana>).

La extrema aridez del desierto, la temperatura media de las máximas en junio —el mes más cálido— es de 31,8 °C y el volumen de lluvias anual es de 16 mm en la cercana ciudad de Djanet, determina que los árboles se encuentren en ejemplares aislados en torno a las capas freáticas profundas. Por tanto, la supervivencia de estos cipreses depende de la capacidad de las raíces para obtener agua y nutrientes del suelo; estas fijan el árbol al suelo arenoso y durante los últimos dos milenios han estado desarrollando un potente sistema de raíces con el que logran extraer el agua que necesitan. Además, como adaptación al clima seco, sus hojas tienen forma de escama, son reducidas y concrecentes (parcialmente soldadas al tallo), con la cutícula gruesa (capa cerosa externa) que las protegen de la desecación a la que están expuestas en la atmósfera del desierto. Los estomas (grupos de células especializadas para regular el intercambio gaseoso y la transpiración de la planta) están hundidos y protegidos.

La especie, por tener una distribución geográfica muy pequeña y por una población menor que 250 individuos maduros, se encuentra amenazada en estado silvestre, por lo que está clasificada en la categoría de En Peligro Crítico de Extinción e incluida en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

3. EL ÁRBOL MENOS FRIOLENTO

En el Distrito Federal del Lejano Oriente, perteneciente a la Federación de Rusia, se encuentra la República de Sajá (Yakutia) y, más al este, alcanzando el océano Pacífico, la provincia de Magadán. Toda esta inmensa región de Siberia Central y Oriental, respectivamente, está cubierta en su mayor parte por bosques de coníferas, principalmente por alerces en el norte y abetos y píceas en el sur, conformando la taiga. El clima en este lugar del mundo es hostil, del tipo continental frío y subártico (Ddw, según la clasificación de Köppen). Tiene un verano corto y cálido, menos de cuatro meses sobre 10 °C, y su invierno es largo, dura más de ocho meses, y muy frío (el mes más frío por debajo de los -38 °C), con abundantes nevadas y ventiscas cegadoras, y con prolongados periodos de hielo donde lagos y ríos permanecen congelados. Estos bosques de clima microtérnico están

cubiertos de nieve en Siberia desde el mes de noviembre hasta febrero, con una capa variable que en algunos puntos alcanza hasta dos metros de espesor. Hace tanto frío que la nieve que cae en otoño ya no se funde hasta primavera.

Entre los ríos Lena y Kolymá, se localizan la ciudad de Verkhoyansk y la población de Oymyakón, que comparten el registro de temperatura más baja observada del hemisferio norte ($-67,8\text{ }^{\circ}\text{C}$)¹, y con temperaturas medias invernales que llegan hasta los $-47,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ en enero. La mayoría de los pobladores yakutos calculan casi con exactitud el frío sin termómetro alguno: «si hay niebla helada, quiere decir que afuera hace cuarenta grados bajo cero; si al expulsar el aire este sale con un silbido pero aún no cuesta respirar, significa que hace cuarenta y cinco grados; pero si la respiración es ruidosa, la saliva se congela en los labios, el aliento cristaliza y falta el aire, entonces estamos a cincuenta grados. Por debajo de los cincuenta y cinco un escupitajo se hiela en el vuelo».

El alerce de Daúr o de Gmelin (*Larix gmelinii*) es el árbol más resistente al frío (Figura 2), ya que es capaz de soportar temperaturas por debajo de los $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ en las regiones de Yakutia, entre Verkhoyansk y Oymyakón, y de Kolymá. También, ostenta el registro de ser el árbol que alcanza una latitud más al norte en el mundo, llegando hasta los $72^{\circ} 31'$ en el bosquecillo Lukunsky y $72^{\circ} 28'$ en Ary-Mas, ambos en el valle del río Játanga, en el krai de Krasnoyarsk. Debido al intenso frío esta especie crece muy despacio, alcanzando la edad adulta a los trescientos años y pudiendo llegar a vivir seiscientos, aunque se sabe de ejemplares casi milenarios. La tala de un bosque en Kolymá tarda trescientos años en recuperarse; se trata, por tanto, de un bosque muy antiguo.



Figura 2. Bosque de alerces de Gmelin (*Larix gmelinii*) en Siberia (fotografía: <http://www.google.es/search?q=oymyakon>).

Las hojas del alerce de Gmelin, de color verde hierba, brillantes, que brotan muy tempranamente, les permiten soportar bien las heladas primaverales tardías y perder poca agua, tienen forma de aguja, son delgadas y finas, se agrupan en ramilletes y se caen del árbol a comienzos del otoño. Sus brácteas, órganos foliáceos en la proximidad de las flores, son más cortas que en otras especies de alerces como adaptación al clima frío. Además, en toda esta región, las ramas no crecen horizontales, sino que lo hacen ligeramente inclinadas hacia arriba, pues de esta manera soportan mejor el peso de la nieve húmeda que, por efecto de los vientos del noreste, se congela y empuja las ramas hacia abajo.

Según una bella descripción que hizo, hace aproximadamente cien años, Vladimir Arséniev, explorador, naturalista, cartógrafo y escritor ruso, amigo de *el cazador* de la etnia gold Dersu Usala,

¹ Con frecuencia se refiere a Oymyakón una temperatura de $-71,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ registrada el 26 de enero de 1926, pues no fue de observación directa, sino estimada. En la población aparece un monumento que así lo refleja. Sin embargo, según revisiones posteriores, debe tener $-67,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, igual que la de Verkhoyansk.

estos árboles tienen otra manera de protegerse de las adversidades climáticas: «en los días buenos de invierno, en los que el equilibrio se instala en la atmósfera para durar [gracias al anticiclón siberiano], el sol brilla, el cielo está azul, el aire es limpio y el viento está en permanente quietud. Mientras tanto el bosque se encuentra cubierto de nieve. Los viejos y frondosos árboles tienen las ramas inclinadas hacia el suelo por esta causa. De repente, un árbol helado cruje sordamente en la taiga. Desde una rama en lo alto de la copa, se desprende un montón de nieve. Al caer, esta golpea a otras ramas y entonces el árbol entero cobra movimiento, dejando caer toda la nieve al suelo».

4. EL ÁRBOL MÁS SOLITARIO Y AISLADO DEL MUNDO

El árbol del Teneré era una acacia (*Acacia raddiana*) que se encontraba en la región homónima de Níger, en el desierto del Sáhara, a más de 400 kilómetros de cualquier otro árbol (Figura 3). Según parece, se trataba del último ejemplar de un pequeño grupo de árboles que crecía en esa zona cuando esta era algo más húmeda y se situaba cerca del límite con la sabana saheliana. Se descubrió que podía sobrevivir en esas condiciones tan extremas porque las raíces llegaban hasta una capa freática que estaba entre los 33 y los 36 metros de profundidad; en la actualidad solo se recogen en ese lugar unos 50 mm de lluvia al año y de día se alcanzan temperaturas de hasta 45 °C. El ejemplar, que se ha calculado que podía tener 300 años, fue derribado en 1973 por un camión conducido por un hombre de nacionalidad libia que iba ebrio. Esta especie, que se distribuye por el Sahel, es muy resistente a la sequía gracias a que sus necesidades de consumo de agua son muy bajas y porque tiene una buena optimización entre la relación: asimilación de CO₂/transpiración.



Figura 3. Imágenes de la acacia del Teneré tomadas por el comandante francés Michel Lesourd en 1939 y por una misión militar francesa en 1961. Durante generaciones fue punto de reunión para las caravanas de tuaregs que atravesaban el desierto y no estaba permitido cortar sus ramas.

5. EL BOSQUE QUE SOPORTA LOS VIENTOS MÁS FUERTES Y CONSTANTES

Las Montañas Blancas son una cadena montañosa que pertenece a la cordillera de los montes Apalaches, y se localizan en los estados de New Hampshire, principalmente, y de Maine, en Estados Unidos. Una de sus cimas más populares es el Monte Washington, de 1 917 metros de altura. Sus laderas están cubiertas por bosques hasta una altitud de unos 1 000 metros (Figura 4), por encima de la cual los árboles, aterrados y postrados por el viento continuo, desaparecen y dan paso a la vegetación alpina y a rocas cubiertas de líquenes.

El clima del Monte Washington es muy variable debido, por un lado, a la altitud y orientación norte-sur de la montaña y, por otro, a la convergencia que tiene lugar en esa zona de tres masas de aire de diferentes procedencias y características: la del Atlántico, que aporta aire húmedo, la del golfo de México, que aporta aire cálido, y la del noroeste, que aporta aire seco y muy frío. Cuando interactúan entre sí favorecen el desarrollo de sistemas de bajas presiones que, al haber un fuerte gradiente de temperaturas entre el noroeste y la costa atlántica, generan vientos que superan la fuerza de huracán con un promedio de 120 días al año; desde noviembre hasta abril aparecen con una frecuencia de dos tercios de los días. Precisamente, en la tarde del 12 de abril de 1934, mediante la observación directa con instrumentos de medida, se registró la, hasta entonces, velocidad de viento en superficie más alta del mundo, de 372 km/h.



Figura 4. En el Monte Washington, de 1 917 metros de altura, las laderas están cubiertas por bosques de abetos balsámicos (*Abies balsamea*) hasta una altitud de unos 1 000 metros, por encima de la cual los árboles, aterrados y postrados por el viento continuo, desaparecen y dan paso a la vegetación alpina y a rocas cubiertas de líquenes (fotografía: <http://epod.typepad.com/>).

Habitualmente en el Monte Washington las «brisas» soplan a un promedio de 56 km/h, las mínimas absolutas pueden alcanzar hasta $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-46\text{ }^{\circ}\text{C}$ se registró el 22 de enero de 1885) y la sensación térmica puede ser mucho más baja, en ocasiones hasta los $-75\text{ }^{\circ}\text{C}$ algunos días de invierno. Con estas condiciones tan extremas la vegetación, en general, y los abetos balsámicos (*Abies balsamea*) de las laderas expuestas, en particular, la especie de árbol predominante en la zona, desarrollan de vez en cuando las denominadas *ondas de abeto*, es decir, una serie de bandas en las que se alternan abetos en etapas secuenciales de desarrollo. Este fenómeno se produce porque el viento, al abatir sectores enteros del bosque (las raíces de los árboles que crecen en estas montañas se extienden a ras del suelo, apenas protegidos por musgos), abre claros en la cubierta arbórea, exponiendo a los árboles de alrededor, que estaban resguardados, a vientos más fuertes, lo que supone una mayor probabilidad de estos a la muerte por lesiones y desecación que a los situados de cara al viento. Al ir muriendo estos árboles, dejan paso a zonas de árboles jóvenes. La combinación de árboles muertos con árboles de diferentes tamaños y edades da como resultado el efecto de ondas en la dirección de los vientos predominantes. En el caso del abeto balsámico el periodo de onda típico dura alrededor de 60 años.



Figura 5. Abeto balsámico (*Abies balsamea*) postrado en un sentido debido a la dirección predominante del viento (ilustración: C. Cano).

Allí donde una dirección del viento es dominante sobre las demás las ramas inclinadas de los árboles señalan esa dirección (Figura 5), actuando todas ellas como unos anemoscopios (instrumento para indicar los cambios de dirección del viento). A estos árboles también se les denominan *árboles bandera*.

Finalmente, en ciertas islas y archipiélagos subantárticos, como la de San Pablo o las islas de Kerguelen y Georgia del Sur, o en la extensa región argentina de Patagonia, que se encuentran en latitudes comprendidas entre los 38° y los 55° Sur, región del mundo que recibe bastantes precipitaciones y, por tanto, sería capaz de mantener bosques templados, ninguna de ellas tiene cualquier especie indígena de árbol, debido a que están todas ellas expuestas a vientos persistentes y con climas marginales. Estas islas y planicies se encuentran entre los rugientes cuarenta (en inglés, Roaring Forties) y los furiosos o aulladores cincuenta (Furious Fifties), zona de vientos de circulación latitudinal muy fuertes.

BIBLIOGRAFÍA

- ARSÉNIEV, V. 2007. *En las montañas de la Sijoté-Alín. A través de la taiga de Siberia Oriental*. Ediciones Península, Barcelona.
- GORCHAKOVSKY, P. L. and S. G. SHIYATOV. 1978. The Upper Forest Limit in the Mountains of the Boreal Zone of the USSR. En: *Artic and Alpine Research*, Vol. 10, No. 2. 1978, pp. 349-363.
- SEMIÓNOV, Y. *Siberia. Conquista y exploración del venero económico de oriente*. Editorial Labor, Barcelona.
- SHALÁMOV, V. 2007. *Relatos de Kolymá* (cuatro volúmenes). Editorial Minúscula, Barcelona.
- SHEA, N. 2009. Infierno helado. En: *National Geographic*, marzo 2009, 78-91.
- WMO, 1971. *Climatological normals (CLINO) for CLIMAT and CLIMAT SHIP Stations for the period 1931-1960*. Geneva (Switzerland). World Meteorological Organization.
- WMO, 1996. *Climatological normals (CLINO) for the period 1961-1990*. Geneva (Switzerland). World Meteorological Organization.