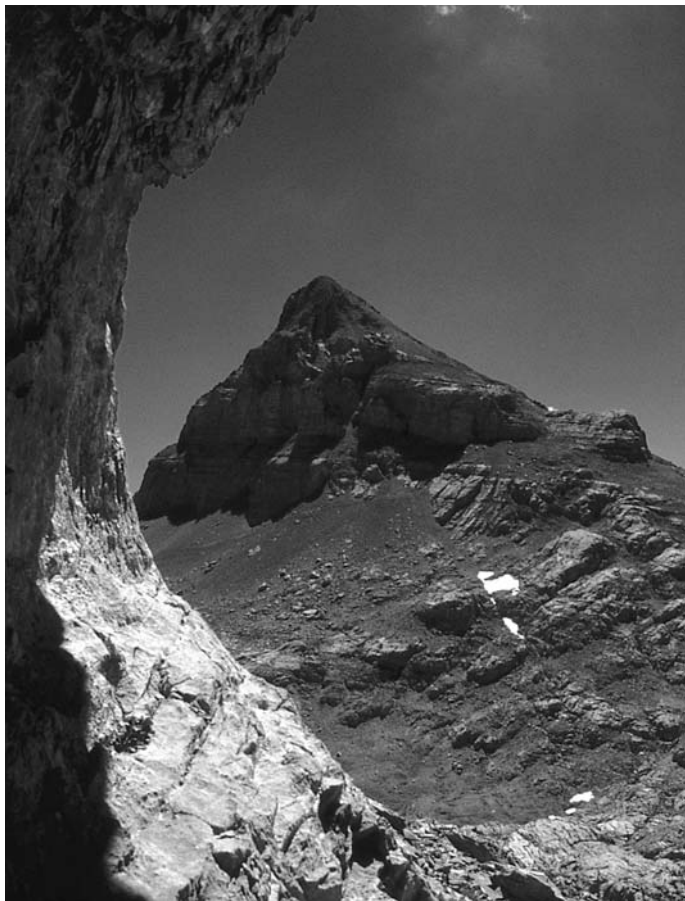




La pirámide caliza del monte Anie (2507 m) preside un paisaje rico en plantas adaptadas a su entorno. Foto: Mikel Lorda

Las plantas de alta montaña

LABURPENA

Milaka urtetan zehar, mendiko landareak egokitu dira, inguruan daukaten baldintzei erantzuteko. Mendiko klima berezia da. Altuerak dakarren hoztasuna nabarmengarria da, eguzkiaren indarra gogorregia izanik, hezetasunaren eza dela medio. Bestetik, haizearen gogortasunak landareak uxatzen ditu, zegozkien lekua hustuz, harrien unibertsoa hedatuz. Elurrak, haizeak, izotzak, eguzki izpiek, lurraren higidurak, eta abarrek, landareen bizitza eragozten dituzte.

Hori dela ta, landareak moldatu dira ezaugarrioi eusteko. Nonbait, landareek lurrari itsatsita dihardute, haizeak ez eramateko eta gutxitu egiten

*por Mikel Lorda López**

den hezetasuna mantentzeko; mila koloreko loreak eskeintzen dizkigute udaberri eta uda hasieran, intsektuak erakartzeko, gure gozamenerako; neguko elurteak babesten ditu bere azpiko landareak, iglu antzeko bizitokia bihurtuz. Bestetik, beraien hostoak ilez estaltzen dira, tolestatu egiten dira, edota harrien gainean zabaltzen dira, lurraren berotasuna jasotzeko, alfombra baten gisa. Benetan landareok erakusten eta irakasten dizkiguten ezaugarriok paregabeak dira. Beste edonon aurkitu ezinezko naturaren moldaketak. Noiz arte gizonak, bere naturarekiko maitakeriaz,

*I.E.S. AGROFORESTAL. Avda. Villava, 55. 31015 PAMPLONA-IRUÑA

utziko ditu pakean Naturak mendean zehar bilakataturiko landareok?

Los territorios de montaña son las grandes reservas faunísticas y florísticas, a la vez que fuente de riqueza en recursos hídricos, energéticos y forestales. En los países desarrollados los territorios protegidos tienden a situarse casi exclusivamente en zonas escarpadas y poco accesibles, donde se conservan los paisajes menos alterados por las actividades humanas. En estos ambientes una flora singular vive adaptada a los rigores del clima, y advierte con preocupación que el territorio en el que viven es cada vez menos refugio y más sala de estar para los humanos. Quizás comprendiendo la complejidad del ambiente donde viven las plantas de alta montaña, así como los mecanismos que durante miles de años han desarrollado para su subsistencia, seamos más respetuosos con su entorno y procuremos aprender de ellas algunas lecciones de humildad que tanto necesitamos.

La alta montaña

Cuando hablamos de alta montaña, nos estamos refiriendo a aquellas zonas que se extienden por encima de los 1600 m de altitud, es decir por el piso subalpino y alpino de nuestro Pirineo occidental. A esta zonación bioclimática cabe añadir que, además, la alta montaña queda caracterizada por sus pendientes acusadas, su clima especial con respecto al llano, abundante agua en sus distintas formas y suelos muy heterogéneos. Sobre este entorno, la explotación humana, que comenzó cerca de sus asentamientos en las tierras bajas, progresó en altura, desdibujando el límite natural del bosque, el que da paso a los matorrales y pastos de altura. Debido al clima riguroso, la explotación silvo-pastoral, hoy en decadencia, modeló el entorno natural, organizando el espacio en fajas forestales, alternando los prados de siega y diente, quedando restringida la presencia humana a asentamientos temporales en bordas, signos inequívocos de su actividad.

En este entorno aislado de los valles, con un carácter casi mágico y descendiendo a un nivel técnico, no debe extrañarnos que la riqueza de plantas endémicas, que siempre han atraído al botánico, haya sido puesta de manifiesto por numerosos autores. El aislamiento espacial, junto al ecológico y la existencia de fenómenos de deriva genética, explican esta riqueza en endemismos que, en algunas montañas alcanza el 80% de su flora. A modo ilustrativo, diremos que el mayor número de endemismos ibérico-baleáricos se concentra en los macizos montañosos, destacando las Sierras Béticas (36,4% de la flora vascular endémica), el Sistema Ibérico (21%), el Pirineo (20%), la Cordillera Cantábrica (16%) y el Sistema Central (14%). Sin duda, Sierra Nevada es la región de montaña mediterránea paraíso de los botánicos, donde sus 2.100 plantas catalogadas (30% de la flora peninsular) guardan un tesoro de más de 80 plantas vasculares endémicas, los endemismos nevadenses, que en las zonas de cumbres representan entre el 30-40% de la flora y que en los pedregales con fuertes pendientes, llega a alcanzar un 80%.

La flora alpina del mundo cuenta con 8.000-10.000 especies de plantas superiores agrupadas en 100 familias y unos 2.000 géneros, el 4% de toda la flora vascular conocida, donde predominan las familias *Compositae*, *Gramineae*, *Cruciferae*, *Caryophyllaceae*, *Cyperaceae*, *Rosaceae* y *Ranunculaceae*. Todo ello en el 36% de la superficie del Planeta, donde vive alrededor del 10% de la población del mundo.

La riqueza en plantas alpinas de las montañas más cercanas a nuestro entorno queda reflejada en la tabla 1.

El Pirineo, con sus 3.500 taxones, atesora unas 200 plantas (5%) exclusivas de su territorio. El Pirineo Occidental es rico en endemismos calizos como *Androsace cylindrica* subsp. *hirtella*, *Lithospermum gastonii* (presente en Navarra, Na), *Cirsium carniolicum* subsp. *rufescens*, *Saxifraga hariotii* (Na) y *Thalictrum macrocarpum* (Na), entre otras. Algunas poblaciones aisla-

Tabla 1 - RIQUEZA DE PLANTAS ALPINAS

MONTAÑAS	TOTAL PLANTAS VASCULARES	PLANTAS ALPINAS (%)
Alpes	4.530	2.500 (55,2)
Alpes italianos	3.264	1.122 (34,4)
Pirineos	3.500	803 (23,0)
Apeninos	3.091	728 (23,5)
Grecia	5.700	1.737 (30,5)

Fuente: Nagy, I. & al. (2003)

das alcanzan los Montes Cantábricos, tal es el caso de *Aster pyrenaicus*, *Dethawia splendens* y *Ranunculus parnassiiifolius* subsp. *favargerii*. En el sector central de los Pirineos destacan *Ramonda myconi* (Na), *Veronica aragonensis*, *Cirsium glabrum* (Na) y *Salix pyrenaica* (Na).

Las glaciaciones provocaron especiación activa, pero muchas montañas del S de Europa sirvieron como refugio del clima riguroso, por lo que no es de extrañar que muchas montañas mediterráneas posean una flora exclusiva. A medida que se asciende por una montaña, el espectro corológico de la flora se modifica y se incrementa el número de endemismos. En cierta medida la montaña se comporta como una isla. A este aislamiento, hay que añadir que para explicar el elevado grado

de endemidad de las montañas, deben tenerse en cuenta factores tales como la diversidad microclimática, la microtopografía que acrecientan la diversidad de biotopos, la permanencia de la nieve, el estiaje, el efecto periglaciario, etc.

En el Pirineo navarro (figura 1), el **piso subalpino** (1700-2300 m) se extiende por encima del montano hasta el límite superior del bosque natural, correspondiendo a una estrecha franja que, comenzando en el monte Ori, se reparte por la

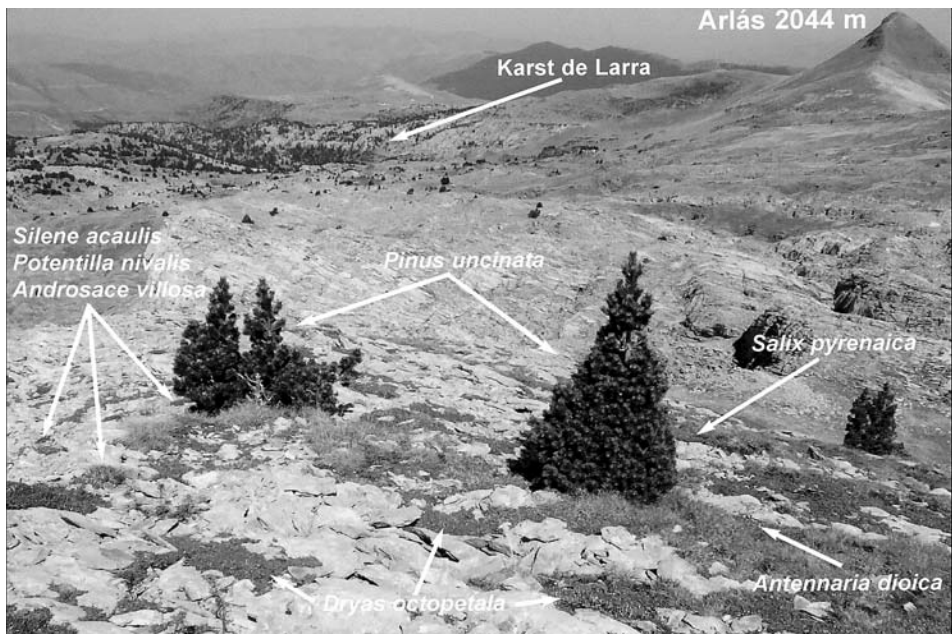


Imagen del Karst de Larra con referencia a la distribución de algunas especies características. Esquema: Mikel Lorda

línea de cumbres hasta el Alto Roncal, en Larra, incluyendo los cresteríos de Txamantxoia y Peña Ezkaurre.

En este mundo extraordinario, el pino negro (*Pinus uncinata*) es el árbol de los espacios supraforestales donde, libre de competencia, encuentra su óptimo de distribución, siempre que la explotación forestal o ganadera no lo elimine. En realidad, el calificativo de bosque es un poco excesivo. La cobertura de esta conífera es débil (menos de un 30%/hectárea), sin embargo su fisonomía es particular, con un marcado carácter xérico que hace del entorno de Larra un paisaje de excepción. Este pinar en su límite corológico y altitudinal, vive en un macizo profundamente karstificado, modelado por el viento, la nieve y fracturado por el hielo, siendo un espacio de actividad ganadera tradicional, con una fuerte influencia actual de las actividades turísticas, que debieran quedar subordinadas a las científicas.

Siendo como es un árbol con tendencia a ascender por las laderas, alcanza en el Pirineo Central, en el macizo meridional de Encantats, los 2750 m de altitud, o en Neouvielle, los 2640 m; en el sector occidental los 2100 m señalan su límite actual de progresión en altitud, todo un récord para una especie arbórea.

Por encima del subalpino, se extiende el **piso alpino**, desde los 2200-2300 m de altitud, muy reducido en superficie y limitado a la Mesa de los Tres Reyes, Anielarra y el macizo del Anie, ya en tierras bearnesas. Desprovisto de vegetación arbórea y con presencia de comunidades herbáceas más o menos densas, en algunos casos, entre el límite del bosque de pino negro y el inicio de los pastos alpinos, aparece una franja de vegetación arbustiva especial que forma una faja de transi-

ción. Además de pastos y matorrales, toman protagonismo las gleras y pedrizas, más o menos móviles, con plantas muy especializadas; turberizas, pastos siempre húmedos, muy escasos; neveros donde la nieve no funde hasta bien entrado el verano, con una vegetación muy particular; exiguas regatas de montaña, etc. A medida que vamos ascendiendo, las pedrizas y roquedos son cada vez más extensos, los arroyos van desapareciendo y el pasto alpino queda reducido a manchas dispersas. En las zonas más elevadas, la vegetación está representada solamente por un pequeño número de plantas, perdidas entre el hielo y las rocas, últimos testimonios de una vida que acaba por sucumbir al rigor del clima. Al menos tres plantas son exclusivas de este piso alpino navarro: *Draba dubia* subsp. *laevipes*, *Carex capillaris* y *Salix retusa* (tabla 2).

Tabla 2 - RIQUEZA FLORÍSTICA POR PISOS DE VEGETACIÓN EN EL PIRINEO

PISO VEGETACIÓN	Nº TOTAL TAXONES	EXCLUSIVOS
Colino (<650 m)	1.116	98
Montano (650-1700 m)	1.636	260
Subalpino (1700-2300 m)	660	28
Alpino (>2300 m)	112	3

Fuente: Lorda, M. (2001)

El ambiente de la alta montaña

En la alta montaña el ambiente es extraordinario. Todos los factores de los cuales depende la vida de las plantas están condicionados, directa o indirectamente, por la altitud.

Cuando el aire se rarifica, y esto sucede en las montañas, se enfría e intercepta menos radiaciones. A la sombra, en la montaña, el aire es frío, poco denso, el suelo se calienta al sol, pero queda frío a la sombra. En la alta montaña pirenaica la **temperatura** suele ser, por término medio, unos 7-15°C más baja que en el litoral más cercano. Como consecuencia del clima frío, el **período vegetativo** resulta ser breve, brevedad que se

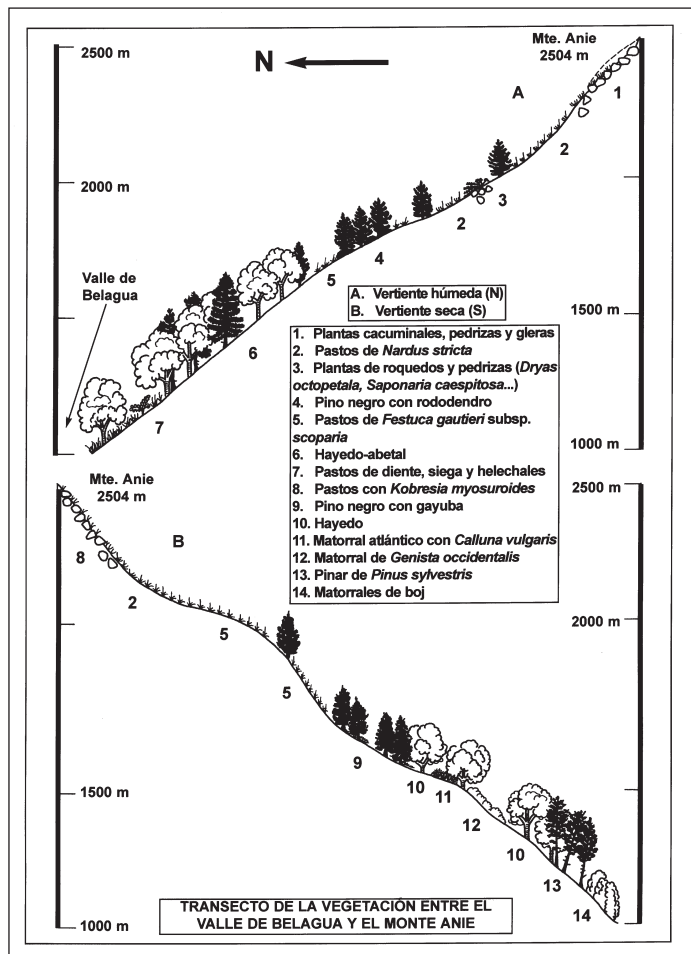


Fig 1 Transecto de vegetación entre Belagua y Monte Anie

acentúa con la altitud: en el subalpino dura de 3 a 5 meses, y en el alpino desde menos de 1 a 3 meses. Las **heladas** que se dan al inicio y al final de la estación fría, cuando la planta no está protegida por la nieve, resultan ser decisivas para la vida vegetal. El otoño, aún sin el manto de nieve protector, es el período más difícil para las plantas de montaña (*Crocus nudiflorus*, de floración otoñal soporta sorprendentemente las bajas temperaturas de esta época). La **oscilación de temperaturas día-noche** es un aspecto remarcable del clima de la alta montaña. Además de las diferencias contrastadas de hasta 60°C entre plantas expuestas al sol o a la sombra, el frío nocturno que sigue a un día cálido, influye notablemente en

la fisiología de las plantas alpinas. En cierta medida estas oscilaciones exageradas de temperatura condicionan el límite superior del bosque: la vegetación de las solanas soporta contrastes térmicos más acusados entre el día y la noche.

Las **lluvias** aumentan con la altitud, al menos hasta los 3500-4000 m de altitud. Las vertientes orientadas a los vientos húmedos son más húmedas que las abrigadas de estas corrientes, y los valles del interior y cerrados son especialmente secos. Pero si la precipitación es importante, también lo es su reparto a lo largo del año: si el verano es seco y cálido, las plantas reciben de lleno los rayos solares, la baja humedad del aire provoca una transpiración intensa, mientras que las raíces, enfriadas por la irradiación nocturna, atienden de forma deficiente a las necesidades de agua. Sucede entonces el fenómeno de sequía fisiológica, no meteorológica ni edáfica. No debe resultarnos extraña la presencia de plantas mediterráneas (*Erinacea anthyllis*) en alguna sierra prepirenaica (Sierra de Leire, montes de Petilla de Aragón, Turbón, etc.), consecuencia de una cierta sequía estival.

En las montañas de Europa, la **nubosidad** máxima se registra en el piso montano, donde tienen su óptimo los árboles. No es infrecuente que en la montaña, a una mañana seca y soleada siga una tarde húmeda y lluviosa, a veces cargada de tormentas, que el naturalista y el montañero avezados conocen. Los efectos de la caída de rayos son palpables en los árboles aislados. Un paseo por el karst de Larra nos ilustrará sobre este fenómeno. El paisaje del mar de nubes a nuestros pies, por debajo del piso subalpino y alpino soleados, es una imagen frecuente en la alta montaña. Esta nubosidad atenúa la insolación directa y el aumento de la temperatura. Las **nieblas** anulan la transpiración de la planta, ocasionando la conden-

sación del agua sobre la planta y el suelo (precipitación horizontal), suponiendo aportes extras de humedad que, al igual que el **rocío**, son aprovechadas por las plantas, atenuando los largos períodos de sequía estival.

El **viento**, además de su protagonismo en la erosión, tiene una importancia biológica de primer orden. Su acción desecante es fundamental para la vida en las montañas: muchas crestas podrían tener árboles, pero quedan desnudas porque el viento seca los jóvenes árboles. El aire húmedo que asciende por una montaña, descarga la lluvia y, a sotavento, es progresivamente más seco y cálido y permite, bajo este efecto foehn, el crecimiento de algunas plantas como *Loiseleuria procumbens*, un arbusto tendido del piso subalpino y alpino; mientras que los rododendros, más sensibles, se refugian de él. Este notable incremento de las temperaturas ocasiona a veces en primavera una rápida y peligrosa fusión de la nieve. Si el viento, además, transporta fragmentos minerales o cristales de hielo, su acción dañina sobre las plantas es clara, de forma que elimina los brotes sobresalientes, no cubiertos por la nieve.

La **radiación** que afecta a la alta montaña es mayor en comparación con el llano. El ozono, muy abundante en las alturas, absorbe muchas radiaciones, fisiológicamente nocivas. La energía total (luminica más calorífica) que alcanza el suelo crece con la altitud a causa de la absorción atmosférica. El ángulo de incidencia de los rayos luminosos respecto al suelo, la presencia o no de nubes, la duración del día, etc., son factores que diversifican enormemente la forma en que las plantas sufrirán su acción. Ciertos aspectos como los entrenudos cortos de las plantas o el vivo color de las flores, parecen guardar una estrecha relación con la riqueza de los rayos ultravioletas, e incluso ser causa de la frecuente aparición de mutaciones cromosómicas.

La **acción conjunta** de estos factores ecológicos, especialmente los climáticos, condicionan otros fenómenos de carácter secundario, ya que

dependen de los primeros: el tipo de relieve, los suelos y la innivación son ejemplos.

El **relieve** de la alta montaña resulta ser muy complejo. Es, además, el resultado de procesos climáticos y erosivos que sobre él inciden, pero también consecuencia de la actividad glacial cuaternaria, actualmente reducida. Las vertientes en umbrías, al N, son frescas y húmedas; mientras que las solanas, expuestas al mediodía, son más calientes y secas. Muchas sierras del Pirineo se disponen en orientación E-W, encontrándose grandes diferencias de clima y vegetación entre las vertientes opuestas.

La evolución de los **suelos** en la montaña es lenta, debido al clima y a ciertos caracteres topográficos. En pendientes muy acusadas o crestas batidas por el viento, los suelos difícilmente llegan a madurar, ya que la erosión tiende a destruirlos continuamente a medida que se forman.

Sin lugar a dudas, el efecto **hielo-deshielo** sobre los suelos es fundamental para la vida vegetal. Muchos suelos ordenados en círculo, poligonales, en redes, etc., son consecuencia del efecto del hielo. El hielo puede desarraigar plántulas, comprometiendo la vida vegetal.

En las laderas pronunciadas, el suelo en deshielo se convierte en una masa fluida que tiende a deslizarse sobre las capas subyacentes (soliflucción).

La **nieve** es un factor de primer orden en la alta montaña. La vegetación del piso subalpino y alpino permanece una parte más o menos larga del año bajo el manto nevado. Esta cobertura nival influye notablemente en las plantas de montaña, de manera que algunos rasgos morfológicos la caracterizan. Tanto la abundancia de nieve como su persistencia, son factores capitales en el paisaje de alta montaña.

El peso que deben soportar las plantas bajo la nieve puede llegar a ser enorme (cientos de kg/m²). Las plantas leñosas, poco flexibles, sucumben a su acción. Es una de las causas que se opone a la progresión del bosque en altura. Nuestro pino negro roncalés, con sus ramas flexi-

bles y su forma cónica (como otras muchas coníferas de montaña), se convierte en un modelo de adaptación al clima riguroso.

En ocasiones el desplazamiento de la nieve, una vez asentada, en terrenos empinados obliga a los árboles a curvar sus troncos, a favor del movimiento del suelo. El ascenso a Peña Ezkaurre nos ilustra con este efecto de la masa de nieve.

No cabe duda que si este movimiento en masa de la nie-



Soldanella alpina. Foto: Mikel Lorda

ve se realiza de forma violenta (aludes), los efectos son bien diferentes: no son infrecuentes en las montañas elevadas ver corredores limpios de vegetación, a veces salpicados de abedules pioneros, que detectan el paso de los aludes. Muchas veces los fondos de valle donde se acumula la nieve, quedan bajo condiciones ecológicas parecidas a las de la alta montaña, donde la nieve permanece un período equivalente; por ello en estos lugares descubrimos elementos alpinos de vegetación que contrastan con las comunidades cercanas (estaciones abisales).

No todo en la nieve debe ser negativo. De hecho constituye un elemento protector de primer orden. Las plantas enterradas bajo la nieve quedan protegidas de la intemperie. Con temperaturas en el aire de -30°C , a 30 cm bajo la nieve, la temperatura medida alcanza -1°C . Además, la cobertura nival evita la pérdida de agua por transpiración (cuestión grave para las plantas, toda vez que del suelo frío no pueden absorber agua). La rápida floración de muchas plantas que acontece tras la fusión nival, lleva un proceso largo de preparación, ya que muchas plantas alpinas forman sus botones florales y yemas a principio del otoño, continuando a veces bajo la nieve, aunque de forma lenta, realizando la fotosíntesis si la capa de nieve no es muy gruesa (se han observa-

do plantas en flor a 0,5 m bajo la nieve). Todas estos preparativos explican que, tras la fusión de la nieve, muchas semillas germinan y otras muestran sus bellas flores, como *Soldanella alpina*, *Primula integrifolia*, *P. elatior* subsp. *intricata*, etc.

La desigual persistencia de la nieve entre la solana y la umbría puede causar interrogantes al botánico: en las vertientes soleadas debieran vivir las plantas frioleras, aprovechando el calor del sol para sobrevivir. Sin embargo, la realidad es otra. En las solanas, la nieve se funde con celeridad y se alcanzan temperaturas elevadas comparando con las umbrías próximas, protegidas por la cobertura nival. En esta situación las plantas de la solana deben soportar el rigor del frío nocturno y los efectos de las heladas, que a veces son muy intensas. Estos contrastes de temperatura, sólo lo soportan las plantas adaptadas al frío.

Si con ausencia de nieve la vida vegetal se dificulta, cuando se acumula en exceso puede resultar limitante para las plantas: además del excesivo peso que ya hemos hablado, un exceso de nieve obliga a que las plantas no queden descubiertas hasta muy tarde, cuando las condiciones climáticas son favorables. El período vegetativo se acorta y sólo las plantas muy especializadas pueden vivir aquí.



Saxifraga oppositifolia. Foto: Mikel Lorda

Adaptaciones de las plantas a la alta montaña

Por lo que acabamos de ver, distintos factores ambientales interactúan sobre los vegetales que habitan las cumbres más elevadas. Ante esta situación, las plantas, tras miles de años de evolución han adaptado sus organismos a las condiciones del medio en el que viven, dando como resultado un conjunto de modificaciones, bien morfológicas o fisiológicas, que les permiten explotar este medio tan inhóspito para la vida y que les hacen ser verdaderos ejemplos de supervivencia en un mundo hostil.

Adaptaciones al período vegetativo corto

La escasa duración del período vegetativo elimina las especies de porte elevado y, en el otro extremo, dificulta la vida de las plantas anuales que no tienen tiempo para completar su ciclo, por lo que estos tipos biológicos apenas están presentes en la flora alpina. De hecho, los pocos árboles que persisten en estos ambientes, las coníferas, disponen de hojas estrechas y coriáceas que evitan la pérdida de agua, se cubren de

resina que atenúa los daños por congelación en los tejidos internos, cuentan con ramas flexibles o resistentes y adoptan portes cónicos para evitar la acción mecánica de la nieve. Algunas anuales como *Gentiana nivalis*, *G. tenella*, *Sedum atratum* y *Euphrasia minima* se aventuran en la alta montaña, reduciendo en extremo su talla y elaborando semillas con rapidez, las cuales, dispersadas por el viento, germinarán el verano siguiente en el mismo claro o colonizarán uno nuevo. En la flora alpina predominan los arbustos bajos y

las matas, bien de consistencia leñosa o herbácea.

Algunos vegetales, musgos y líquenes principalmente, tras largos períodos de sequía, adoptan un estado de anhidrobiosis, de tal forma que durante este tiempo detienen todas sus actividades y permanecen en estado latente. Cuando las condiciones se suavizan, se rehidratan y vuelven a la vida normal. Son frecuentes en los enclaves donde la nieve persiste durante mucho tiempo. Este fenómeno puede observarse, sin ascender a las montañas, en la doradilla, *Ceterach officinarum*, pequeño helecho de paredes y muros, que en pleno verano adopta esta estrategia.

Otras plantas tienen umbrales térmicos muy bajos para iniciar su período vegetativo, comenzando el crecimiento activo bajo la nieve varias semanas antes de que ésta desaparezca. Son capaces de absorber los rayos luminosos que penetran en la nieve, irradian energía en forma de calor y sus brotes derriten la nieve al crecer, perforando la capa de nieve (*Galanthus nivalis*).

Se puede alargar el período vegetativo si, recién cumplido un ciclo, en otoño la planta prepara, con antelación de varios meses o a veces años, las yemas que brotarán en la primavera

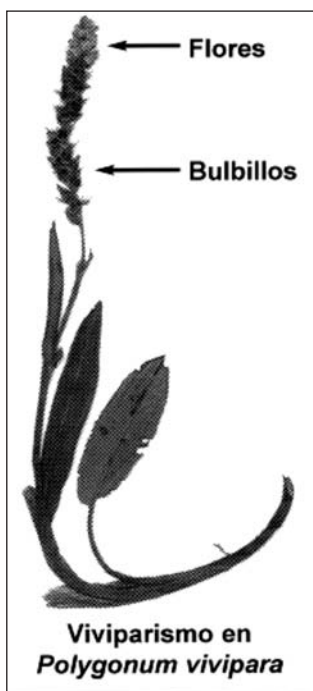
siguiente. Así, *Euphorbia pyrenaica* y *Lithospermum gastonii* siguen esta estrategia.

Muchas plantas cuentan con órganos de almacenamiento bajo el suelo (raíces engrosadas, rizomas, bulbos, tubérculos, etc.), de tal forma que cuando comienza la estación favorable, el traspaso de elementos nutritivos desde estos órganos a las hojas y tallos les permite un rápido crecimiento, aún cuando las bajas temperaturas mantienen la fotosíntesis por debajo de su nivel óptimo. Aunque se gasten las reservas, durante la estación favorable, los órganos de reserva se recargan de nuevo.

Resulta llamativo como las plantas de montaña presentan flores e inflorescencias exageradamente grandes en comparación con su pequeño cuerpo vegetativo, e incluso como sus colores son especialmente atractivos (azules, rosados, rojizos, o amarillos dominantes). Las gencianas (*Gentiana acaulis*, *G. occidentalis*) desarrollan, entre otras muchas, unas bellas flores azules tubulares, muy superiores en tamaño a su exiguo

tallo, destacando en los pastos alpinos en la primavera temprana. Este tamaño gigante parece relacionado con el exceso de azúcares que acumulan y que les permite producir yemas y pigmentos, a la vez que el gasto extra obliga a reducir los aportes al tallo. Con flores grandes, de colores oscuros, atractivas para los insectos, la polinización se asegura por la mayor permanencia de los insectos polinizadores en una flor más caldeada que, a su vez, acelera los procesos de desarrollo y maduración de las semillas.

Aunque la polinización por insectos está extendida entre la flora alpina, muchas veces las condiciones no son las más idóneas para el vuelo de los insectos, o bien, si las plantas florecen pronto en primavera, puede coincidir una época de heladas tardías que comprometa la floración. No es extraño que con el fin de evitar problemas en la polinización, algunas plantas se polinicen ellas mismas, sin esperar que llegue el polen de otros congéneres, aún estando cerradas (cleistógamas). En *Saxifraga oppositifolia*, el viento poliniza los estigmas maduros, pero a los dos días, sus anteras se curvan y se ponen en contacto con el estigma, dando otra oportunidad a la planta para polinizarse. La formación de semillas sin fecundación previa (apomixia) está extendida en algunos géneros de compleja taxonomía, como *Alchemilla* e *Hieracium*, que cuentan con cientos de microespecies, muchas de ellas alpinas, evitando la necesidad de recurrir a un polinizador externo. Aun existiendo estas adaptaciones, buena parte de las plantas recurren a la multiplicación vegetativa, de más éxito que la reproducción sexual en estos ambientes, paliando el hecho de que en muchas plantas la maduración de las semillas y frutos sólo puede completarse tras varios periodos de crecimiento activo. Si añadimos que las semillas maduras y viables suelen ser pequeñas, con escaso contenido en sustancias de reserva y deben germinar en un medio hostil, con riesgo de ser dañadas por fenómenos de solifluxión y compactación por el peso de la nieve, raramente la reproducción por semillas



Polygonum vivipara. Esquema: Mikel Lorda

culminará con éxito. Así, disponen de estolones o rizomas, como en muchas gramíneas y ciperáceas, que dan formas cespitosas con crecimiento periférico; o bien recurren a desarrollar pequeños bulbos o rebrotes en la inflorescencia que al caer a tierra, enraizan y dan un nuevo individuo (*Polygonum vivipara*, *Poa alpina* subsp. *vivipara*).

Adaptaciones al viento

En realidad, las adaptaciones que estamos viendo no sirven exclusivamente para solucionar un único problema, sino que buena parte de ellas permiten adaptar a los vegetales a las distintas situaciones de compromiso que se dan en el medio alpino.

El viento ocasiona, como hemos visto, un exceso de transpiración y una efectiva acción mecánica sobre los vegetales. Sin embargo es un factor beneficioso para la diseminación de las semillas a grandes distancias, alcanzando hasta 10 km en algunas de ellas. Los altos tallos secos, portadores de cápsulas abiertas, llenas de semillas, de *Gentiana lutea* que sobresalen de la capa de nieve en invierno, ayudan a la diseminación de las semillas, toda vez que la maduración de éstas sucede con el frío del invierno. Para compensar el exceso de evaporación que provoca el viento, aunque amortiguado por las frecuentes nieblas de los pisos subalpino y alpino, las plantas reducen su tamaño, enrollan o pliegan sus hojas (*Calluna vulgaris*, *Empetrum nigrum* subsp. *hermaphroditum*), las cubren de cera (*Rumex scutatus*, *Primula farinosa* o *Cerinth glabra*), de excrecencias calizas (*Saxifraga paniculata*, *S. longifolia*), o las visiten de pelos, dándoles un aspecto sedoso o algodonoso, que a su vez refleja el exceso de radiación (como el edelweis, *Leontopodium alpinum*, *Potentilla nivalis*, *Antennaria dioica* y *Dryas octopetala*). También ocultan sus estomas en criptas pilosas (*Cerastium alpinum*) o vuelven sus tallos y hojas carnosos, como en *Sedum hirsutum*. En realidad, son adaptaciones que coinciden en ocasiones con las de las plantas que viven en cli-

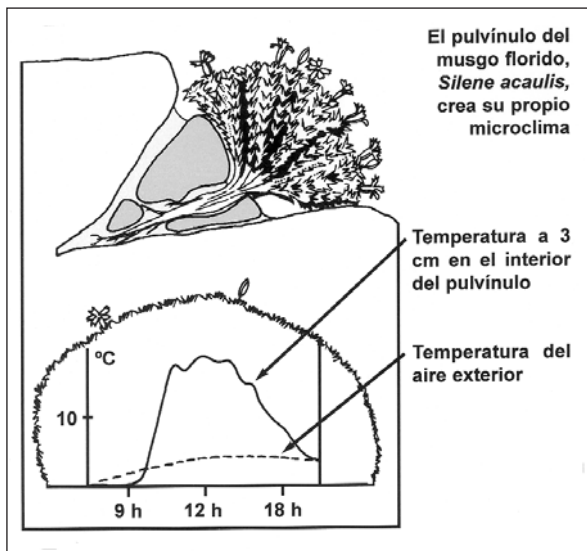


Primula farinosa. Foto: Mikel Lorda

mas secos, es decir, se da una convergencia morfológica y fisiológica cuando el agua, su pérdida o su ausencia, es un factor limitante.

La respuesta a los daños mecánicos que ocasiona el viento al llevar consigo cristales de hielo o partículas minerales, puede venir de la protección que brindan las hojas viejas a los jóvenes brotes o el recubrimiento de algunas plantas leñosas con líquenes, como ocurre con la azalea de los Alpes, siendo capaz así de resistir las bajas temperaturas y la impetuosidad del viento. Pero sin duda, la mejor adaptación al clima de montaña viene dado por las formas almohadilladas o en cojín que presentan multitud de plantas. Las almohadillas o pulvínulos son formas vegetales con un aspecto característico: contorno esférico, aplicado contra el suelo y con ramas y hojas apretadas formando una capa vegetal compacta. Cuando se analizan las condiciones internas de esta estructura se observa que las variaciones térmicas y de humedad quedan amortiguadas con

relación al clima exterior, se forma un microclima menos severo que, en combinación con la capa de nieve, crea un “iglú” que protege al vegetal y le permite seguir vegetando. Así, es capaz de resistir la acción del viento, con su forma aerodinámica, exponiendo la menor superficie, consiguiendo una eficaz defensa al protegerse las ramas y las hojas unas con otras; se resguarda de la fuerte irradiación solar y térmica, evita la desecación ocasionada por el viento, contrarrestando las pérdidas de agua por evapotranspiración, al desaparecer las turbulencias en su interior y, finalmente, acumulan en su interior restos vegetales, que al descomponerse, producen nutrientes de rápida asimilación. No es extraño que este ambiente ideal sea aprovechado por otras plantas, que protegidas en su interior logran sobrevivir al adverso mundo que les rodea. Esta facilitación entre vegetales, es decir, relaciones positivas entre plantas, es frecuente, siendo determinante en la organización y funcionamiento de los ecosistemas sometidos a estrés. Así, distintos arbustos forman “islas de fertilidad” en un medio adverso donde el microclima que consiguen es más benigno, hay mayor retención de suelo y riqueza en nutrientes, situación que es aprovechada por las plantas de la



Silene acaulis

comunidad. Por lo tanto, no va a ser exclusivo del mundo de las alturas, en ambientes áridos se repite la misma estrategia.

Estas almohadillas ancladas al suelo con una potente raíz pivotante, de la que nacen numerosas raíces laterales, aseguran la retención del suelo y mantienen la humedad, llegan a vivir más de 50 años. Como en altitud las plantas necesitan

mucho tiempo para acumular sustancias para florecer, hay que esperar en algunas de ellas hasta 10 años para que comiencen a dar flores y hasta 20 para que se cubran completamente de flores.

Entre las plantas que adoptan esta estrategia exitosa están: *Silene acaulis*, *Androsace vandellii*, *A. pyrenaica*, *A. helvetica*, *A. cylindrica*, *A. ciliata*, *Saxifraga moschata*, *S. caesia*, *S. intricata*, *S. oppositifolia*, *S. hartioidii*, *S. pubescens* subsp. *irratiana*, *S. aretioides*,



Dryas octopetala. Foto: Mikel Lorda

Draba dubia subsp. *laevipes*, *Petrocallis pyrenai-
ca*, etc.

Una forma de almohadilla especial es la que constituyen las matas cespitosas o macollas, típicas de las gramíneas que forman los pastos alpinos. Sus hojas largas y estrechas que rebrotan y se ramifican desde la base, soportan la pérdida anual de sus partes aéreas (por pastoreo, viento, hielo). Entre ellas *Festuca paniculata*, *F. eskia*, *F. gautieri* subsp. *scoparia*, *Nardus stricta*, etc.

Adaptaciones a las bajas temperaturas

En las montañas las bajas temperaturas limitan la vida vegetal de forma determinante. Sin duda, la principal causa de muerte de los tejidos vegetales tras una helada, es la deshidratación, a la que se suman los efectos de la sequía fisiológica. Para prevenir estas situaciones desastrosas, las plantas se preparan para resistir el invierno, con lo que se desprenden de las hojas, eliminando todo vestigio de parte aérea. Reducen el contenido en agua de sus células, evitando la formación de los destructivos cristales de hielo. Esta lenta deshidratación de los tejidos determina, al llegar los fríos intensos, la concentración de disoluciones endocelulares que constituyen la condición más favorable para la resistencia al frío. Así, mediante la fotosíntesis, en vez de elaborar almidón (azúcar insoluble), las plantas de montaña elaboran azúcares solubles que permanecen en las células, aumentando las soluciones internas de la planta, rebajando el punto de congelación, a modo de anticongelante. Este proceso se denomina endurecimiento y tiene lugar en otoño, cuando empiezan las primeras noches frías: durante el día, las temperaturas aún cálidas permiten realizar una rápida fotosíntesis, mientras que las bajas temperaturas nocturnas, producen un descenso de la respiración y, por tanto, una economía de los azúcares. En algunas situaciones, esta elevada concentración de azúcares provoca un enrojecimiento de ramas y hojas, al favorecerse la formación de pigmentos, que en ocasiones provoca una mayor absorción de

radiaciones incidentes, por lo que la temperatura de los órganos afectados es más elevada, siendo útil al comienzo de la estación. Ya hemos visto antes que este exceso de azúcares permite el desarrollo de flores grandes con las ventajas que conlleva.

Para contrarrestar las bajas temperaturas, algunos arbustos adoptan formas rastreras, a modo de tapices o alfombras. Consiguen utilizar de forma óptima el calor del suelo, viviendo en ambientes con poca competencia, como las rocas. Entre ellas *Salix reticulata*, *S. retusa*, *Dryas octopetala*, *Loiseleuria procumbens*, *Saxifraga oppositifolia*, *Rhododendron ferrugineum*, etc. En éstas la cobertura nival asegura su protección en pleno invierno, a la vez que su especial morfología, apretada contra el suelo, impide que el peso de la nieve rompa sus ramas.

Otras adaptaciones

Quedan, finalmente, algunas adaptaciones o curiosidades con la misma finalidad, la de soportar lo mejor posible el periodo desfavorable.

Algunas plantas árticas, como *Dryas integrifolia* y *Papaver radiculatum*, cuentan con reflectores parabólicos que siguen el movimiento del sol. Consiguen un mayor calentamiento, siendo un incentivo para los insectos que las visitan con más frecuencia, lográndose hasta 10°C por encima del ambiente que rodea la planta, permitiendo una mejor maduración de las semillas.

La presencia de plantas xerófitas en la alta montaña no es rara. Ocurre con más frecuencia en las montañas mediterráneas, como Sierra Nevada o el Atlas, pero también pueden encontrarse en algunas sierras prepirenaicas. Aunque el clima alpino es normalmente lluvioso y frío, la humedad relativa suele ser muy baja y la insolación muy intensa, por lo que deben disponer de sistemas para contrarrestarlos y evitar la pérdida de agua. A las formas de montaña ya vistas se añade la espinescencia que podemos encontrar en *Erinacea anthyllis* o *Echinopartum horridum*, por citar dos ejemplos cercanos.

Tabla 3 - LAS PLANTAS MAS TREPADORAS EN EL PIRINEO

ÁRBOLES Y ARBUSTOS	MATAS, ARBUSTOS RASTREROS Y HERBÁCEAS
<i>Pinus uncinata</i> (2750 m)	<i>Salix herbacea</i> (3080 m)
<i>Sorbus aucuparia</i> (2600 m)	<i>Salix reticulata</i> (3070 m)
<i>Juniperus communis</i> subsp. <i>alpina</i> (3060 m)	<i>Salix retusa</i> (2900 m)
<i>Rhododendron ferrugineum</i> (3040 m)	<i>Dryas octopetala</i> (3040 m)
<i>Cotoneaster integerrimus</i> (2650 m)	<i>Arctostaphylos uva-ursi</i> (2500 m)
<i>Lonicera pyrenaica</i> , <i>Rhamnus alpina</i> y <i>Rosa pendulina</i> (2600 m)	<i>Calluna vulgaris</i> (2860 m)
<i>Sorbus chamaemespilus</i> (2350 m)	<i>Loiseleuria procumbens</i> (3050 m)
	<i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> (2950 m)
	<i>Empetrum nigrum</i> subsp. <i>hermaphroditum</i> (2850 m)
	<i>Rhamnus pumila</i> (2750 m)
	<i>Polystichum lonchitis</i> (3060 m)
	<i>Cystopteris fragilis</i> (3050 m)
	<i>Sedum atratum</i> (3080 m)
	<i>Sedum candolleianum</i> (3.070 m)

Fuente: Villar & al. (1999)

El gran desarrollo del sistema radicular, en comparación con las partes aéreas también llama la atención. El excesivo frío nocturno afecta directamente a la parte aérea y menos a la subterránea, que, a su vez, al progresar en profundidad consigue un mejor anclaje y una mejor absorción de agua.

El grosor de las hojas de algunos arbustos como *Arctostaphylos uva-ursi*, *Loiseleuria procumbens* o *Rhododendron ferrugineum*, les permite soportar la desecación, con su firmeza se garantiza el suministro de agua, principalmente tras un período largo de sequía.

Las plantas con hojas en roseta, como *Saxifraga paniculata*, *S. longifolia*, *Primula* spp. o *Draba* spp. se adaptan a los roquedos, reciben su calor, protegen sus yemas entre las hojas y, cuando las temperaturas son las adecuadas, emi-

ten un tallo cargado de flores, muchas veces tras largos años de asimilación de los nutrientes necesarios para efectuar este gasto extra, que, a veces, concluye con la muerte de la planta.

Corolario

Hemos hecho una breve exposición de las condiciones ambientales de la alta montaña y expuesto las estrategias que siguen los vegetales para colonizar este medio inhóspito. Aunque modestas, muchas plantas alpinas forman parte de un paisaje singular rico en endemismos, donde tras miles de años de evolución se han ido adaptando al ambiente extremo en el que viven; por otra parte, son de vital importancia para la ganadería extensiva que aprovecha estos recursos forrajeros. No nos cabe más que admirar estos tesoros que cíclicamente se nos manifiestan con

sus colores y formas particulares, con la intención de mostrarnos lo que han “aprendido” en su particular “cultura”, transmitida por generaciones. La inquietud siempre se nos plantea cuando el hombre, en su interés por colonizar todos los ambien-

tes, muchas veces, las más, con excusas peregrinas, ignora esta sabiduría de años y no se sienta a reflexionar sobre la necesidad de mantener inalterados estos últimos refugios que quedan a la naturaleza.



BIBLIOGRAFÍA

- BLANCA, G. 1991. *Joyas botánicas de Sierra Nevada*. Ed. La Madraza.
- BLANCA, G. 2002. *Flora amenazada y endémica de Sierra Nevada*. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- CARRILLO E. & I. AFONSO (Coord.). 1999. *Guía del Parque Nacional de Aigüestortes i Estany de Sant Maurici*. O.A. Parques Nacionales.
- DANESCH, E. & O. DANESCH. 1994. *Le Mond fascinant de la flore alpine*. Didier Richard Ed.
- DENDALETCHÉ, C. 1974. *Guide du Naturaliste dans les Pyrénées occidentales*.
- GARCÍA-RUÍZ, J.M. (Ed.). 1990. *Geoecología de las áreas de montaña*. Geoforma Ed.
- GAUSSEN, H. & P. BARRUEL. 1957. *Flora y fauna de la montaña*. Barcelona.
- KÖRNER, Ch. 1999. *Alpine plant life. Functional plant ecology of high mountain ecosystems*. Springer.
- LANDOLT, E. & K.M. URBANSKA. 1989. *Our Alpine Flora*. Swiss Alpine Club.
- LORDA, M. 2001. Flora del Pirineo navarro. *Guineana*, 7.
- MOTA, J.F., M. CUETO & M^a. E. MERLO (Eds.). 2003. Flora amenazada de la provincia de Almería: una perspectiva desde la biología de la conservación. *Monografías Ciencia y Tecnología*, 21. Universidad de Almería.
- NAGY, L., G. GRABHERR, Ch. KÖRNER & D.B.A. THOMPSON (Eds.). 2003. Alpine Biodiversity in Europe. *Ecological Studies*, 167.
- VIGO, J. 1976. *L'Alta muntanya catalana. Flora i vegetació*. Centre Excursionista de Catalunya.
- VILLAR, L. (Ed.). 1999. Espacios naturales protegidos del Pirineo. Ecología y cartografía. *Publ. Cons. Prot. Naturaleza de Aragón. Ser. Conservación*, 2.