

Observatorio a escala planetaria

El Parque Nacional y Natural de Sierra Nevada se ha convertido en un enclave destacado para la investigación y seguimiento de procesos remotos de gran interés mundial.

Una montaña para observar

- **Tormentas tropicales desde la Alpujarra.**
- **Aire más puro en la ‘Sierra’**
- **Polvo del Sáhara en las cumbres**

GRANADA

SIERRA NEVADA LA HUELLA DEL CAMBIO GLOBAL

Hay dos tipos de procesos que provocan cambios globales. Por un lado, los que han adquirido una dimensión planetaria a partir de la suma de impactos locales (tales como la fragmentación del territorio o los cambios de usos del suelo). Por otro, los que, con independencia de cuál sea su origen, tienen efectos que se propagan a escala planetaria a través de las evoluciones fluviales de la Tierra, las vegetaciones y, sobre todo, la atmósfera. En este segundo grupo se incluyen los procesos considerados más genuinamente globales, y son precisamente los procesos que pueden observarse mejor desde las atalayas que constituyen las montañas más elevadas del planeta.

En ese sentido, Sierra Nevada es un observatorio privilegiado de la atmósfera y de otros aspectos relacionados con el clima: gases de efecto invernadero, balance energético, radiación ultravioleta, deposición de partículas atmosféricas y contaminantes o el transporte de formas biológicas de resistencia y microorganismos.

TORMENTAS TROPICALES DESDE LA ALPUJARRA

1. El amplio gradiente altitudinal de Sierra Nevada (más de 3.000 metros) posibilita un amplio rango de variaciones climáticas y un contraste de factores ecológicos.

2. Las lagunas de Sierra Nevada se han convertido en centímetros del cambio global. 3. La localización meridional en Europa y su cercanía al continente africano la convierten en un lugar privilegiado para el seguimiento de cambios globales. 4. Estación de seguimiento de radiaciones electromagnéticas situada en la Loma del Muñacín.

● El Parque Nacional y Natural de Sierra Nevada se ha convertido en un enclave destacado para la investigación y seguimiento de procesos remotos de gran interés mundial

OBSERVATORIO a escala planetaria

Una montaña para observar

Sierra Nevada es un observatorio privilegiado de la atmósfera y de otros aspectos relacionados con el clima: gases de efecto invernadero, balance energético, radiación ultravioleta, deposición de partículas atmosféricas y contaminantes o el transporte de formas biológicas de resistencia y microorganismos.

En ese sentido, Sierra Nevada es un observatorio privilegiado de la atmósfera y de otros aspectos relacionados con el clima: gases de efecto invernadero, balance energético, radiación ultravioleta, deposición de partículas atmosféricas y contaminantes o el transporte de formas biológicas de resistencia y microorganismos.

sobre el planeta, con especial referencia a cambios en los procesos que determinan el funcionamiento del sistema Tierra-Ambiente.

Entre los problemas que quedan vinculados al Cambio Global encontramos los grandes cambios de uso del suelo, la pérdida de productividad de la tierra, la disminución de los recursos hídricos disponibles (en cantidad y en calidad), la disminución de la biodiversidad, la alteración del funcionamiento de los procesos ecológicos esenciales y en fin el calentamiento del planeta.

Sierra Nevada, en el Cuadrante hasta la cumbre del Mulhacén, es como si realizáramos un viaje de 4.000 km hasta 'ascender' hasta la Península Escandinava.

Cambio Global: "conjunto de cambios ambientales que se derivan de las actividades humanas

de terremotos con antelación de días o quizás semanas.

AIRE MÁS PURO EN LA SIERRA

Los ecosistemas de alta montaña son importantes sensores de la contaminación global porque su aislamiento de la actividad humana, (ciudades, industrias, vehículos), les hace ser receptores, paradójicamente, de las emisiones que circulan a través de la atmósfera. Los elementos tóxicos, desde metales hasta pesticidas, se depositan en los ecosistemas de montaña, incorporándose a las cadenas tróficas y a los ciclos biogeoquímicos. Por esas razones en Sierra Nevada se realiza un estudio continuado de la concentración de diversos contaminantes.

En el seguimiento realizado en los últimos años se constata



la gran diferencia entre los niveles de contaminación de Sierra Nevada y la aglomeración urbana de Granada, sobre todo en las concentraciones de óxidos de azufre y de nitrógeno. Aunque se ha detectado una disminución de la concentración de amoníaco y ozono y un leve aumento de SO2 y NO2 en Sierra Nevada, en la evolución temporal de los últimos años, hay que señalar que en todo caso los valores de los contaminantes en la Sierra están muy por debajo de los de la capital granadina.

POLVO DEL SAHARA EN LAS CUMBRES

El transporte atmosférico de materiales es muy eficiente, lo que implica que las emisiones



en un punto determinado pueden ser transportadas a larga distancia hasta regiones distantes del planeta. Esta realidad la ponen claramente de manifiesto las investigaciones que se desarrollan en las lagunas de alta montaña de Sierra Nevada, donde se ha detectado la manera en que las comunidades se ven afectadas por diferentes vectores del cambio global, especialmente el aumento de la carga de polvos. La generación de aerosoles atmosféricos es un fenómeno creciente a escala global que transporta y dispersa a miles de kilómetros partículas, nutrientes, conta-

minantes y microorganismos.

Los cambios en la circulación atmosférica han aumentado la llegada de polvos del Sáhara, apoyado por el avance del desierto, lo cual ha incrementado la cantidad de sustancias que se depositan en nuestras lagunas de origen glacial, lo que a su vez induce el crecimiento de fitoplancton; este fenómeno está provocando cambios en la organización de las redes tróficas y en el equilibrio biogeoquímico de estos ecosistemas.

Los datos obtenidos en las estaciones situadas en La Cortijuela, La Raya y Cáñar muestran que el material particulado se deposita en más de un 70% en forma seca y solo el resto se deposita junto con la lluvia. Ese hecho refleja la singularidad del Mulhacén, situado en relación con zonas más septentrionales del Hemisferio Norte donde la precipitación húmeda de aerosoles es predominante.



GRANADA

@ignaciohenares

La nieve, de capa caída

Nieva menos que hace 50 años. Los estudios en Sierra Nevada marcan una clara tendencia: la duración de la presencia de nieve en las cumbres cada vez es menor.

Nieva menos, más tarde y se funde antes

- Análisis con lupa y desde el cielo
- La nieve de la Sierra es particular
- Un gran embalse



● Nieva menos que hace 50 años ● Los estudios en Sierra Nevada marcan una clara tendencia: la duración de la presencia de nieve en las cumbres es cada vez menor

SIERRA Nevada, debido a su gran altitud, es la montaña del sur de la península ibérica donde más nieve se presenta durante más tiempo. Es conocida la relevancia de la explotación de la nieve como recurso deportivo-recreativo para la economía granadina durante la temporada invernal y primaveral pero además es un elemento físico clave para entender el funcionamiento de la multitud de procesos en los ecosistemas de montaña.

El manto de nieve que cubre la Sierra Nevada es un gran embalse natural de agua, mientras su fusión, puede ponear en el terreno o bien escurrir hasta los cauces de los ríos. Supone un porcentaje muy alto de las aportaciones de agua a las cuencas hidrológicas. Este papel se hace aún más importante en el contexto de cambio climático al que nos enfrentamos, que predice cambios importantes en la abundancia y distribución de las precipitaciones, lo que se suma a la elevación de las temperaturas, que podría llegar hasta 5 grados más a final de siglo.

El cambio climático de origen antrópico está acelerando el proceso natural de calentamiento del planeta y afectará,

La nieve, de capa caída



por tanto, en Sierra Nevada, de manera directa al estado y al comportamiento de la cubierta de nieve, lo que provocará cambios en los ecosistemas de la medida y alta montaña nevadense.

ANÁLISIS CON LUPA Y DESDE EL CIELO

Dada la gran importancia de la nieve, tanto como recurso socioeconómico como para la dinámica de los ecosistemas, desde el Observatorio del Cambio Global de Sierra Nevada se ha puesto en marcha un sistema, a diferentes escalas, de seguimiento de las características de la cubierta de nieve.

La escala más detallada consiste en la realización de un extenso número de estudios basados en las características físicas de la nieve (peso, densidad, estructura) y su capacidad de almacenar agua. También a esta escala de detalle se realizan mediciones periódicas de la temperatura del suelo y substrato a varias



3



4

1. Imagen de la nieve sobre Sierra Nevada tomada desde el satélite de la NASA. 2. El inicio de la temporada ha requerido invernación artificial. 3. La nieve es analizada con detalle para su estudio. 4. Estación meteorológica especial para seguimiento de nieve.

profundidades. Estos datos son utilizados en combinación con los aportados por la red de estaciones meteorológicas multiparamétricas. Pero lo más destacable es el seguimiento extensivo de la cubierta de nieve mediante las imágenes de satélite suministradas por el sensor MODIS instalado en el satélite Terra de la NASA, que nos facilita información directa de la superficie máxima ocupada por la nieve, cada 8 días.

Este seguimiento ha permitido constatar la gran variabilidad espacial y temporal de la capa de nieve en Sierra Nevada. El análisis que se efectúa va más allá de calcular la superficie y el espesor de la cubierta de nieve.

El seguimiento sistemático que se ha realizado durante los últimos diez años ha permitido el conocimiento del peso, la densidad, el número de capas y otras propiedades de la nieve (dureza, temperatura, ramojo de grano), lo que ha permitido diseñar modelos de estimación de la cantidad de nieve almacenada y su equivalente en agua, y de paso valorar cuestiones de gran importancia como la estabilidad del manto y el cálculo del riesgo de aludes en las zonas más inestables.

"Cada vez nieva menos, más tarde y la nieve se funde antes". Este es el resumen de los trabajos de monitorización de las características y espesor sobre de la cubierta de nieve realizados dentro del Observatorio del Cambio Global de Sierra Nevada, cuyos estudios, pioneros en un espacio natural protegido en el ámbito europeo, acaban de ser expuestos en la publicación *La huella del cambio global: retos para la conservación*, en la que han participado numerosos investigadores y técnicos del Parque Nacional de diferentes disciplinas científicas. El informe de resultados del Observatorio de Cambio Global arroja tendencias

negativas en la duración de la nieve desde que se disponen datos homologados. Desde hace una década es evidente el retraso en la fecha de inicio de la nieve y el adelanto en la fecha de su finalización en la fecha de máxima de nieve.

Estas tendencias son más evidentes conforme se sube en altura. La tendencia de reducción en la duración de la cubierta de nieve en Sierra Nevada es consistente con la observada en la cordillera de los Alpes. Sin embargo, en otras montañas (Asia Central) no se observan tendencias aparentes en el mismo período que el estudiado aquí. Esto puede indicar que las causas que explican los cambios observados están rela-

cionadas con factores climáticos locales o regionales, como podría ser la fuerte influencia en nuestro ámbito de la NAO (North Atlantic Oscillation) responsable de las anomalías que nos llegan del este, las más frecuentes y de mayores precipitaciones. El mencionado gráfico de aumento de la intensidad de la tendencia a la reducción de la nieve con la altura, se observa también en la temperatura máxima anual. El acoplamiento entre las tendencias de duración de la nieve, la cantidad de precipitación caída y la temperatura máxima anual, constata la relación causal entre el clima y la cubierta de nieve.

En Sierra Nevada, la nieve es sometida a una climatología propia de su carácter mediterráneo, lo que le confiere un patrón distintivo. Su comportamiento especial está más relacionado con regiones donde la baja latitud y la elevación permiten la aparición de la nieve en enormes semáridos o mediterráneos, como ciertas partes de los Andes centrales, el Atlas o las montañas

del suroeste de los Estados Unidos, que con contextos alpinos.

UN GRAN EMBALSE

En Sierra Nevada, la nieve contribuye de forma notable al funcionamiento de bosques, matorrales y ecosistemas acuáticos pero, además, al de la agricultura, ganadería y actividades humanas como las recreativas, incluida la propia estación de esquí y todas las actividades ligadas al uso deportivo o lúdico de la nieve.

La nieve, aparte de los impactos ecológicos sobre los sistemas bióticos, se convierte en un condicionante básico de la distribución en el tiempo del recurso agua, especialmente escaso en nuestra región, que tiene que almacenarse en los pantanos o embalses para su uso sofisticado y ancestral ingenio de las aequias tradicionales para estar disponible para los usos humanos en la larga época en la que escasean las precipitaciones.

La planificación en el uso del agua para riego y consumo doméstico no puede hacerse con efectividad sin un conocimiento del desarrollo del manto de nieve y de los pronósticos de su evolución a corto, medio y largo plazo.

Testigos de cambios climáticos

Las lagunas de Sierra Nevada representan ecosistemas muy sensible que responden rápido a los cambios en el medio que les rodea, por lo que son lugares ideales para analizar diferentes fenómenos.

- **Laguna de La Caldera**
- **Una laguna a 3.030 m.**

GRANADA



SIERRA NEVADA LA HUELLA DEL CAMBIO GLOBAL



IGNACIO HENARES

@ignaciohenares

- Las lagunas de Sierra Nevada representan ecosistemas muy sensibles que responden rápido a los cambios en el medio que les rodea, por lo que son lugares ideales para analizar fenómenos

Testigos de cambios climáticos

Los fenómenos de origen glacial y periglacial que han modelado el paisaje de las altas cumbres de Sierra Nevada, dada nuestra latitud, fueron de baja intensidad, lo que ha hecho que las huellas de este origen como los círcos glaciares o las lagunas hayan quedado a cotas muy elevadas, por encima de los 2.600 metros de altitud. Desde esta altura han disfrutado de una posición privilegiada que las ha convertido en atalayas privilegiadas para analizar diversos fenómenos como la incidencia de la radiación ultravioleta, la deposición de aerosoles atmosféricos o, en general, los cambios en el clima.

Sierra Nevada tiene un conjunto de 74 lagunas y lagunillos de diferente tamaño y profundidad, de origen glacial que, aparte de ser enclaves de extraordinaria belleza paisajística, funcionan como testigos del cambio climático, tanto del ocultado de hielo natural desde hace unos 10.000 años en la última Edad del Hielo, como del que se está produciendo en las últimas décadas por el incremento de la emisión de gases invernadero de origen antropogénico.

De igual manera las lagunas son un registro fiel de las variaciones en la radiación ultravioleta debidas al debilitamiento de la capa de ozono o del incremento de las deposiciones de polvo atmosférico remoto inducidas por los cambios de uso del suelo y los procesos de desertización y transporte de polvo desde el Sahara.

Una de las principales líneas de trabajo del Observatorio de Cambio Global de Sierra Nevada es la recopilación de todo el conocimiento aportado por la Paleontología y Paleolimnología en torno a las lagunas glaciares y borreguiles de Sierra Nevada. Diferentes estudios muestran que en Sierra Nevada se ha producido una aridificación y deforestación progresiva lo largo de los últimos 7.000 años fuertes.

Los tres últimos milenios se caracterizan por el incremento de la actividad humana en la Sierra que se traduce en una mayor frecuencia de incendios, pastoreo e incremento de la actividad agrícola, (especialmente resaltan los registros del olivo), así como, más tardíamente, repoblaciones con diferentes especies de pinos.

Palinología: Rama de la botánica que estudia polen, esporas ó-

LAGUNAS



LAGUNA A 3.030 METROS

Su profundidad y gran extensión así como su privilegiada situación la han convertido en un lugar en el que se concentra la investigación de diferentes disciplinas científicas.

CALDERA

Desde el Mulhacén, la Laguna de la Caldera tiene forma de cráter por lo que antiguamente alguna gente pensaba que tiene un origen volcánico.



timos del cambio global, pues se han revelado como detectores tempranos de las repercusiones de diversos estresores ambientales como son anomalías climáticas, incremento de la radiación ultravioleta, la variación en la deposición de polvo atmosférico (en el caso de Sierra Nevada tiene especial relevancia la deposición seca, sin lluvia), todos ellos en los últimos años se han disparado.

Limnología: Disciplina que se encarga del estudio de las características físicas, químicas, meteorológicas especialmente biológicas y ecológicas de los lagos (del griego *limne: lago*) y por extensión de todas las aguas continentales.

CENTINELAS
Las lagunas de origen glacial de Sierra Nevada son sensores ó-

algas con una menor diversidad ya que se ven favorecidas una o varias especies en exclusiva de autótrofos resistentes estrictos a radiaciones ultravioleta.

Esta alteración puede llevar incluso a la desaparición de un grupo funcional característico de estas lagunas de alta montaña, el colapso de la red microbiana e incluso un impacto negativo en el desarrollo de otros eslabones de la cadena trófica como el zoopláncton herbívoro.

Otra de las aportaciones de los científicos deriva del trabajo que desde los años 70 se está llevando a cabo por investigadores de la UGR con el seguimiento de las dinámicas poblacionales del plancton péligo en la Laguna de la Caldera. Sus análisis indican que el fitopláncton ha aumentado paralelamente al incremento en la intensidad y frecuencia de las precipitaciones que vienen del norte de África con un efecto fertilizante, sobre todo en fósforo, que estimula el crecimiento de las algas, que a su vez favorece el incremento de clorofila de los lagos de alta montaña tanto en Sierra Nevada como en los Alpes y también en el mar Mediterráneo.

Tanto la observación de los procesos naturales como diversos experimentos llevados a cabo al respecto muestran que las intrusiones saharinas no reforzán el control de abajo-arriba (*bottom-up*), es decir, el crecimiento de las algas no favorece el desarrollo de los herbívoros, lo que podría conducir a una fertilización de las aguas indeseada con proliferación de algas y ruptura del equilibrio y empeoramiento del estado final de estos frágiles y delicados sistemas acuáticos.

LAGUNA DE LA CALDERA

Esta laguna cerrada es una de las más emblemáticas de Sierra Nevada. Está situada en la vertiente sur en el valle del Poqueira a 3.030 metros de altitud. Junto a Laguna Larga es de las más grandes y de mayor capacidad de todo el conjunto. Desde el Mulhacén se aprecia la forma que le ha dado nombre y que antiguamente confundieron con el cráter de un volcán. Por sus características y su privilegiada situación es una de las parcelas de investigación más estudiadas en diferentes disciplinas científicas.

¿Qué le ocurre a los pájaros?

En las últimas décadas se están observando importantes cambios en las comunidades de aves nevadenses. El clima y los cambios de usos del suelo son los responsables.

Unos ganan y otros pierden

GRANADA

SIERRA NEVADA LA HUELLA DEL CAMBIO GLOBAL



El acentor alpino es la única especie propiamente de carácter alpino que queda en Sierra Nevada.

● En las últimas décadas se están observando importantes cambios en las comunidades de aves nevadenses ● El clima y los cambios de usos del suelo son los responsables

¿Qué le ocurre a los pájaros

El cambio global constituye un problema generalizado que altera el futuro de los ecosistemas y su capacidad de proporcionar bienes y servicios a nuestra sociedad. Uno de los aspectos en los que se ha demostrado que los impactos de este fenómeno son de mayor envergadura es sobre la biodiversidad. En Sierra Nevada los efectos son similares a los que se están produciendo en otras regiones montañosas de nuestro continente con la particularidad de tránsito de un macizo monosacro aislado, con un amplio gradiente altitudinal y un mosaico variado de ecosistemas, y por su latitud meridional, en el cruce entre diferentes regiones biogeográficas.

Los cambios en la distribución y abundancia de las especies constituyen quizás la respuesta más evidente a las alteraciones ambientales. El seguimiento no de las tendencias poblacionales es una herramienta esencial para evaluar la capacidad de adaptación de las especies en un contexto de cambio global como el que estamos viviendo.

Los resultados indican que Sierra Nevada se comporta como una isla biogeográfica sujeta a



El trepador azul apareció en Sierra Nevada hace una década.

fluctuaciones espacio-temporales que está muy influenciada por el territorio circundante. Los principales motores de cambio global en nuestro entorno, cambios en los usos del suelo y cambio climático, tienen efectos diferentes en función de los distintos ecosistemas y del rango temporal analizado y, por si solos, no parecen explicar las sustanciales modificaciones en las comunidades de aves acaecidas a lo largo de los últimos 30-35 años. El desacople observado entre cambios ambientales y cambios en las comunidades se relaciona

con el carácter insurado de las comunidades de montaña, expuestas a constantes entradas y salidas de especies.

En los últimos años se ha detectado un incremento moderado de las poblaciones de aves paseriformes reproductoras de Sierra Nevada que ha corregido la disminución poblacional significativa de muchas especies en la última parte del siglo pasado. (Entre el año 1980 y el 2.000 se ha reducido a casi un tercio la densidad de aves en los ecosistemas como el robledal o el matorral de alta montaña).

Los resultados indican que

Sierra Nevada se comporta como una isla biogeográfica sujeta a

1



REPORTE GRANADA: IGNACIO HENARES Y FERNANDO CASTRO

2



REPORTE GRANADA: IGNACIO HENARES Y FERNANDO CASTRO

1. En descenso (pierden) la collalba gris y el rojizo rojo son dos ejemplos de especies en regresión en el macizo nevadense. 2. En aumento (ganan). El chotón y el carbonero son especies que han tenido un incremento en sus poblaciones en las últimas décadas. 3. Asciende de coto. El colimbo toro y el pardillo cuentan con un mayor número de territorios reproductores en las zonas altas y cada vez crían a mayor altitud. 4. En el matorral de alta montaña se está produciendo la sustitución de la curruca zanera por su ' prima' la curruca tomillera, especie más temprana.

REPORTE GRANADA: IGNACIO HENARES Y FERNANDO CASTRO

3

REPORTE GRANADA: IGNACIO HENARES Y FERNANDO CASTRO

REPORTE GRANADA: IGNACIO HENARES Y FERNANDO CASTRO

debido a la reducción de claros en el bosque por el abandono agrícola y ganadero.

Conforme ascendemos en altitud, los efectos del cambio climático se hacen más pañenes y dominantes. El calentamiento está generando ambientes cada vez más propicios para especies generalistas de montaña como el colimbo toro o el pardillo. Por el contrario, especies tradicionalmente dominantes en estos ecosistemas y en los encinarales y sabinares de alta montaña van desapareciendo por completo. Es el caso del la collalba gris. Este migrador de larga distancia se está rarificando, no sólo en Sierra Nevada sino también en el resto de Europa. Los migradores transatlánticos están en franca regresión como consecuencia de una combinación de factores de lo que ocurre en sus territorios de reproducción, en sus zonas de invernada (a miles de kilómetros) y en los largos y exiguos viajes a los que se enfrentan dos veces al año.

Unos ganan y otros pierden



REPORTE GRANADA: IGNACIO HENARES Y FERNANDO CASTRO



REPORTE GRANADA: IGNACIO HENARES Y FERNANDO CASTRO



REPORTE GRANADA: IGNACIO HENARES Y FERNANDO CASTRO



REPORTE GRANADA: IGNACIO HENARES Y FERNANDO CASTRO

GRANADA



IGNACIO HENARES

@ignaciohenares

1. En descenso (pierden) la collalba gris y el rojizo rojo son dos ejemplos de especies en regresión en el macizo nevadense. 2. En aumento (ganan). El chotón y el carbonero son especies que han tenido un incremento en sus poblaciones en las últimas décadas. 3. Asciende de coto. El colimbo toro y el pardillo cuentan con un mayor número de territorios reproductores en las zonas altas y cada vez crían a mayor altitud. 4. En el matorral de alta montaña se está produciendo la sustitución de la curruca zanera por su ' prima' la curruca tomillera, especie más temprana.

REPORTE GRANADA: IGNACIO HENARES Y FERNANDO CASTRO



REPORTE GRANADA: IGNACIO HENARES Y FERNANDO CASTRO

Las plantas se caen por arriba.

El cambio climático empuja a la flora de la alta montaña a escalar a cotas superiores.

Se reducirá el área disponible hasta quedarse sin refugio.



Las altas cumbres de Sierra Nevada son un lugar idóneo para observar cambios en distribución de las especies.

- El cambio climático empuja a la flora de la alta montaña a escalar a cotas superiores
- Se reducirá el área disponible hasta quedarse sin refugio

Las plantas se caen por arriba

Una de las respuestas adaptativas de la vegetación alpina al cambio climático (similar a lo que ocurre con muchos grupos faunísticos), consiste en el desplazamiento altitudinal, hacia cotas superiores, buscando entornos más frescos en los que resguardarse del incremento de las temperaturas que se está experimentando, especialmente en las últimas décadas. Sin embargo, con la flora adaptada a las especiales condiciones de la vida en las cumbres esta posibilidad queda limitada por la propia altitud de nuestras montañas y además porque, conforme asciendemos, se va disminuyendo el área disponible para la colonización. Con el tiempo llegará un momento en que las plantas no podrán escalar más arriba porque se acabará la montaña, lo que provocará la desaparición de especies que se verán empujadas y sustituidas por otras especies mejor adaptadas al nuevo escenario climático.

Las áreas protegidas situadas en zonas de montaña juegan en ese sentido un papel fundamental en la conservación de la biodiversidad, ya que las poblaciones pue den adaptarse a los cambios desplazándose altitudinalmente de acuerdo a sus requerimientos ecológicos y buscando nichos ecológicos más apropiados como viene haciendo desde la última glaciaci ón, si acaso ahora de manera acelerada.

El Parque Nacional de Sierra Nevada participa junto al Departamento de Botánica de la Universidad de Granada, desde el año 2001, en el proyecto conocido con el acrónimo Gloria (Global Observation Research Initiative in Alpine Environments), una Red de Seguimiento de los efectos del cambio climático sobre la

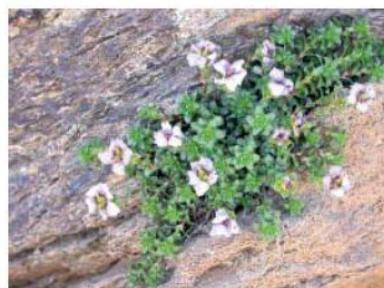
biodiversidad de la flora alpina que tuvo su origen en el año 2001 en 17 cordilleras europeas y que en la actualidad se ha extendido a un centenar de montañas de los cinco continentes.

En nuestro macizo se está haciendo un seguimiento exhaustivo muy en especial de cuatro cimas en un gradiente altitudinal que va desde los 2.700 a los 3.300 metros en las que se analiza de manera minuciosa, periódicamente, la composición de especies y la cobertura de cada uno de los taxones.

RESULTADOS

A escala del continente europeo se ha observado cómo las plantas, en un período de 7 años, han ascendido unos 3 metros su límite de distribución, moviéndose ligeramente superior en ambientes boreales y templados que en las montañas mediterráneas. De igual manera hay múltiples estudios en los que se ha observado cómo prospera la entrada de especies termiófilas en las cumbres y cómo se rarifican las especies adaptadas al frío, siendo ese balance más acusado en las zonas del centro y norte de Europa, (ganancia neta de 4 especies), que en las meridionales (pérdida de 1,5 especies de promedio). Estas observaciones son independientes de la altitud, pues ese fenómeno ocurre tanto en el límite del bosque como en los pisos bioclimáticos superiores del otoño y del invierno mediterráneo, en los dominios de los macizos de alta montaña y en el denominado 'desierto frío', y también se dan a cualquier latitud ya que se observan desde la península de Escandinavia hasta la isla de Creta.

En las localidades estudiadas en las cumbres de Sierra Nevada, se ha constatado la desaparición



La romperrocas púrpura se encuentra en situación límite en Sierra Nevada. MARIO MUÑOZ



La amapola de Sierra Nevada, uno de los endemismos amenazados. MARIO MUÑOZ

de 13 especies en la última década a la vez que se han detectado 5 taxones que no habían sido citados previamente. Cabe destacar la reducción del área de distribución de muchas plantas, que ha sido especialmente acusada

en determinadas especies como la violeta (*Viola crassiuscula*) y la romperrocas de Sierra Nevada (*Saxifraga nevadensis*), endemismos nevadenses que viven en roquedos y cascajares o *Lepidium stylatum*, una planta de la familia

de las compuestas adaptada a bordes de borreguiles y gleras de esquistos y pizarras.

Luzula hispanica y *Poa minor nevadensis*, dos especies ligadas a condiciones de mayor humedad, no han aparecido en los últimos censos realizados por lo que parece que se están perdiendo en las cumbres nevadenses. La primera es una herbácea de la familia de los juncos y la segunda es una gramínea asociada a los borreguiles, con lo que están directamente relacionadas tanto con el ascenso de las temperaturas como con la menor disponibilidad de agua. Otras especies vegetales muestran una clara tendencia a ascender hacia mayores altitudes como es el caso del llantén (*Plantago radicans* subsp. *granatensis*), el cardo azul o cardo cuco de Sierra Nevada (*Eryngium glaciale*) o el cerrillojo (*Pilosella castellana*).

Paralelamente a estos resultados se ha detectado un incremento en la cobertura vegetal, salvo en las laderas orientadas al este y que es especialmente patente en las orientadas hacia el sur y en las localidades situadas por debajo de los 3.000 metros. Sin embargo por encima de esta cota la cubierta vegetal está descendiendo ligeramente en el período observado de los últimos diez años.

Algunos de los resultados que se están obteniendo en los últimos años difieren de estas tendencias y podrían estar mostrando la capacidad adaptativa de determinadas plantas ante un escenario de caleamiento global lo que sería congruente con la historia evolutiva de esas especies y su gran resiliencia propia de especies que viven en ambientes de gran amplitud térmica y variabilidad en las precipitaciones.

Será necesario un seguimiento a largo plazo para poder establecer tendencias en las dinámicas de extinción-colonización y las expansiones-retracciones altitudinales.

La interpretación de los resultados que se están obteniendo en Sierra Nevada en un contexto geográfico más amplio servirán para establecer patrones comunes en diferentes macizos montañosos de todo el Planeta.

Las truchas miran al cielo

El seguimiento de la trucha común en los ríos de Sierra Nevada confirma una estrecha relación entre las precipitaciones y el tamaño de las poblaciones de esta especie.

- **Respuestas diferentes**
- **Una estrategia adaptativa**

Anfibios, termómetro del cambio climático

Los cambios de temperatura, de humedad y en sus hábitats más las nuevas enfermedades han acabado con más de 200 especies. Una de cada tres especies está en peligro de extinción.

- Especies presentes en Sierra Nevada
- Supervivientes amenazados
- Especies muy sensibles
- El hongo asesino
- Observatorio privilegiado

GRANADA

SIERRA NEVADA LA HUELLA DEL CAMBIO GLOBAL

● Los cambios de temperatura, de humedad y en sus hábitats más las nuevas enfermedades han acabado con más de 200 especies ● Una de cada tres están en peligro de extinción

Anfibios, termómetro del cambio climático



SIERRA NEVADA

Anfibios

Sapo común (*Bufo spinosus*)
Sapo corredor (*Bufo calamita*)
Sapo partero bético (*Alytes cisternae*)
Rana común (*Pelophylax perezi*)
Sapillo pintojo (*Discoglossus jeanneae*)
Sapillo moteado (*Pelodytes ibericus*)
Sapo de espaldas (*Pelobates cultripes*)
Ranita meridional (*Hyla meridionalis*)
Gallipato (*Pleurodetes wattii*)
Extinta: Salamandra ibérica (*Salamandra longirostris*)

AÚN ES PRONTO PARA CONOCER EL VERDADERO PAPEL DEL ANFIBIO CLIMÁTICO EN EL DESARROLLO GENERALIZADO DE LOS ANFIBIOS. PERO PARECE CLARO QUE, A MEDIDA QUE CONOCEMOS MÁS SOBRE SUS EFECTOS, PODREMOS AFIRMAR CON ROTUNDIDAD QUE EL CALIENTAMIENTO GLOBAL SERÁ DESDUDA LA AMENAZA MÁS SERIA A LA QUE DEBERÁ ENFRENTARSE ESTOS GRANDES SURNADORES DE PIEL HÚMEDA Y OJOS SALTONES.

LA MAYORÍA DE GRANJA DE ANFIBIOS DE EUROPA OCURRIRÁ, PREVISIBLEMENTE, PRECISAMENTE EN LA PENÍNSULA IBÉRICA, DONDE LA MAYOR PARTE DE LAS ESPECIES DESAPARECERÁN COMO CONSECUENCIA DE LA ARIDIFICACIÓN QUE SE PRODUCIRÁ Y QUE NOS ASOMEJARÁ AL NORTE DE ÁFRICA. POR ESA RAZÓN, ANDALUCÍA ORIENTAL ES UNA ZONA ESPECIALMENTE SENSIBLE AL CAMBIO CLIMÁTICO YA QUE LA DURACIÓN DE LOS HÁBITATS ACUÁTICOS, EN LOS CUALES SON MÁS ABLUSTRADAS, A LAS QUE HAY QUE AÑADIR LA TRANSFORMACIÓN AGRÍCOLA DE AMPLIAS ZONAS DE LAS PROVINCIAS DE ALMERÍA Y GRANADA.

ESPECIES MUY SENSIBLES.
Los anfibios son quizás el grupo de vertebrados más sensibles al cambio climático ya que la duración de los hábitats acuáticos, en los cuales son más ablustradas, a las que hay que añadir la transformación agrícola de amplias zonas de las provincias de Almería y Granada.



FOTOGRAFÍA: GRANADA (ELIANA GALLESTROS, EMELO GONZÁLEZ, RICARDO Y MARISSA BENÍTEZ)

SUPERVIVIENTES AMENAZADOS

Los anfibios constituyen el primer grupo de vertebrados que ocupó con éxito el medio terrestre. Los acuáticos son especies supervivientes al cambio climático que se ha producido en los últimos miles de años pero ahora están amenazados seriamente por los cambios acaecidos que estamos viviendo.

ETIMOLOGICAMENTE, ANFIBIO SIGNIFICA 'DOBLE VIDA', APELATIVO QUE DESCRIBE LA VIDA DE LOS RASGOS MÁS NOTABLES DE ESTOS ANIMALS: PASEANOS A SU FASE LARVARIA, GENERALMENTE ACUÁTICA, LE SIGUE UNA FASE ADULTA NEOTENIA, VERSIÓN A LA QUE LLEGAN POR MEDIO DE UNA METAMORFOSIS AUNQUE EN MUCHOS CASOS SIGUEN LIGADOS AL AGUA DEBIDO A SUS MECANISMOS DE REPRODUCCIÓN Y DESARROLLO.

EL HONGO ASESINO
EL NUEVO ESCENARIO CLIMÁTICO PUEDE FACILITAR INDIRECTAMENTE LAS EPIDEMIAS DE HONGOS MICOTICOSAS QUE OCASIONAN DÉCLIVES POBLACIONALES MUY RÁPIDOS Y, EN OCASIONES, EXTINCIÓN DE ESPECIES. ES EL CASO DE LA QUIRIDIOMICOSIS PROVOCADA POR UN HONGO QUE ESTÁ ORIGINANDO UNA MORTEANDAD ELEVADA EN MUCHAS POBLACIONES DE ANFIBIOS. EL HONGO MATA A RANAS Y SAPOS PRINCIPALMENTE EN LAS REGIONES MONTAÑOSAS FRESCAS O DURANTE EL INVIERNO. PARECE QUE EL CAMBIO CLIMÁTICO PODRÍA ESTAR ELABORANDO TEMPERATURAS EN LAS ZONAS ALTAZ DE LATITUDES IMPERDIBLES, HACIENDO QUE ESTOS ANFIBIOS, ANTES DEMASÍOS TRIOS PARA EL



GRANADA

IGNACIO HENARES

@ignaciohenares



1. Sapo común. 2. Sapillo moteado. 3. Sapillo pintojo. 4. Ranita meridional y el gallipato son especies muy escasas en Sierra Nevada. 5. Sapillo partero. 6. Sapillo moteado. 7. Sapillo pintojo. 8. Rana común. 9. Ranita meridional. 10. Las especies que viven en charcas temporales, 'víctimas' del cambio climático.

desarrollo de este hongo, resulta ahora un ambiente más adecuado para su crecimiento. La enfermedad es una calamidad que está matando a muchos anfibios pero el cambio climático es quien está creando el escenario.

OBSERVATORIO PRIVILEGIADO

Los anfibios, por sus particularidades fisiológicas y ecológicas, constituyen uno de los grupos de fauna más sensibles a los efectos del cambio global en Sierra Nevada. En el Observatorio de Cambio Global de Sierra Nevada se han estudiado diferentes aspectos de su ecológica relacionados con la temperatura y la disponibilidad hídrica en el Observatorio de Cambio Global de Sierra Nevada. Los datos obtenidos permiten inferir cambios en las comunidades de anfibios nevadenses y entre los que descienden de altitud y de menor altitud, mayor competencia entre especies que se reproducen en medios permanentes, modificaciones en el tamaño de los metamórficos y expansión de enfermedades y emergentes.

EN EL SEGUIMIENTO REALIZADO DE LOS ANFIBIOS PRESENTES EN EL MACIZO NEVADENSE DURANTE LAS ÚLTIMAS DÉCadas, SE HA OBSERVADO CAMBIO EN LA DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES. DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS, TRES MUESTRAN UN CLARO PARÓN ASCENDENTE SUPERIOR A 100 METROS (SAPILLO PINTOJO, SAPO Y RANA COMÚN), DOS NO MUESTRAN UN PARÓN DEFINIDO (SAPO PARERO BÉTICO Y SA-

PO CORREDOR) Y OTRAS DOS HAN TENDIDO A DIFUNDIRSE Y DESAPARECER (RANA MERIDIONAL Y SAPILLO MOTEADO IBÉRICO). PARA EL SAPILLO BÉTICO Y EL SAPO COMÚN EXISTE UN CLARO PUNTO FENÓLOGICO: COMPARA-SE ASCENDEREN EN ALTURA QUE ESTÁ CLARAMENTE RELACIONADO CON LA TEMPERATURA.

EN GENERAL, MIENTRAS QUE LAS POBLACIONES DE ALTA MONTAÑA PODRÍAN VERSE BENEFICIADAS POR UN AUMENTO DE LA TEMPERATURA, LAS DE BAJA Y MEDIA MONTAÑA CORREN SERIO RIESGO DE DESAPARECER, ESPECIALMENTE LAS QUE UTILIZAN MEDIOS TEMPORALES.

Metodología

MUESTRAS EN LUGAR DE REPRODUCCIÓN Y PUESTA, OBSERVACIÓN DIRECTA Y RECORRIDOS NOCTURNOS CON PARADAS DE ESCUCHA.

La Apolo huye hacia arriba

Esta mariposa, llamada ‘pavón diurno’, llegó con las últimas glaciaciones del Cuaternario y ahora busca su refugio climático más adecuado remontando por las cumbres de Sierra Nevada.

- Hábitat, ciclo biológico, conservación
- Llegó del frío

GRANADA



SIERRA NEVADA LA HUELLA DEL CAMBIO GLOBAL



IGNACIO HENARES

@ignaciohenares

● Esta mariposa, llamada 'pavón diurno', llegó con las últimas glaciaciones del Cuaternario y ahora busca su refugio climático más adecuado remontando por las cumbres de Sierra Nevada

La Apolo huye hacia arriba

La Apolo es una mariposa de gran tamaño, entre 6 y 8 centímetros de envergadura alar. Conocida también como pavón diurno, es una de las exclusivas 5 especies de la familia de los papilionidos existentes en la península (4 de ellas presentes en nuestro macizo montañoso). Las alas tienen aspecto apergaminado, translúcidas en los márgenes, por la ausencia de escamas. El color dominante es blanco con presencia de manchas negras. Se caracteriza por la presencia de ocelos en las alas posteriores de color canela-anaranjado, con un borde ne gro y punteado en blanco.

Hay un ligero dimorfismo sexual; las hembras son un poco mayores, con los ocelos ligeramente más grandes y tienen más concentración de escamas negras en ambas alas.

HÁBITAT

En Sierra Nevada se encuentra entre los 1.700 metros, en el límite superior del robledal en la vertiente norte, hasta unos 3.300 metros, en la ladera sur del Pico del Mulhacén. Muy ligada a su planta nutricia, las larvas de la subespecie nevadense casi siempre se alimentan de *Sedum tenuifolium*, una planta de la familia de las crasuláceas. Los adultos utilizan diferentes fuentes de néctar, habitualmente en Sierra Nevada es fácil observarlos en flores de cardos, tomillos o armerias.

CICLO BIOLÓGICO

Vuela en una sola generación desde principios o mediados de junio hasta el mes de agosto, según la cota, vertiente y las circunstancias climáticas del año. Los adultos suelen tener una longevidad que oscila entre las 2 y 4 semanas.

Los machos nacen antes que las hembras pasan el día *paratallando* en busca de hembras vírgenes. Las hembras son sedentarias, suelen estar permanentemente en reposo en el suelo o encima de piornos y enebros rasierros, desplazándose solamente para alimentarse. La cúpula puede durar hasta 3-4 horas. Suelen hibernar como huevos con la oruga desarrollada en su interior. Tras la hibernación completan su desarrollo y crísalan bajo piedras, a finales de mayo o principios de Junio.

CONSERVACIÓN

Está declarada como Vulnerable en la lista Roja de Invertebrados de Andalucía. Sus colonias gozan además de la protección que les confiere vivir en el interior del Parque Nacional de Sierra Nevada. Está incluida también en la Directiva Europea Hábitat y en el Convenio de Berna así como en CITES (Convenio sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres).

Hasta hace unas décadas el mayor riesgo estaba provocado por la captura de ejemplares, dando el interés de los coleccionistas por hacerse con los adultos por su rareza y belleza. Entre las amenazas actuales destacamos las consecuencias del cambio climático, los cambios en los usos ganaderos tradicionales y la presión del creciente uso público en determinadas zonas de este espacio natural protegido.

Se han descrito cuatro subespecies diferentes de Apolo, (cuyo nombre científico es *Parnassius apollo*), a lo largo de su distribución en las Cordilleras Béticas. Estas localidades se encuentran actualmente aisladas geográficamente, entre ellas y mucho más aún de las poblaciones de los sistemas montañosos del centro y norte de la Península. En Sierra

nevada vuela una subespecie endémica (*P. apollo nevadensis*) que fue descrita a finales del siglo XIX, cuyo carácter morfológico más llamativo es la presencia de ocelos de color canela-anaranjado, que se vuelven amarillos en ejemplares algo volados. Esta característica aparece también en los ejemplares descritos de las cercanas Sierra de Baza-Filabres –una única población conocida– y de Gádor, aunque desde mediados de los años 80 del siglo pasado se considera extinta esta última subespecie. Una cuarta subespecie se ha citado para la Sierra de María, en ese caso, la diferencia fundamental es el color

rojizo de los ocelos, algo similar a los del resto de subespecies ibéricas y europeas.

LLEGÓ DEL FRÍO

Sierra Nevada participa en la Red Europea de Seguimiento de Mariposas (Butterfly Monitoring Scheme, conocida por sus siglas BMS) a través del Observatorio de Cambio Global, donde se realiza un seguimiento muy especial de la Apolo, un lepidóptero que puede considerarse como una reliquia de las últimas glaciaciones. Las poblaciones nevadenses se encuentran en el límite meridional de distribución de esta interesante y atractiva mariposa, por lo que se ha convertido en un bioindicador muy adecuado para el seguimiento del cambio climático.

Los estudios que se están realizando persiguen ver cómo afectará el escenario previsto, a lo largo del siglo, de elevación de las temperaturas y disminución de las precipitaciones a las poblaciones de este símbolo de la fauna nevadense que deberá buscar su hábitat óptimo adaptándose a esas nuevas condiciones climáticas.

Entre el 5 y el 10% de las mariposas diurnas en España están amenazadas

Como la mayor parte de las mariposas diurnas, las apolos arrasan sus períodos de vuelo en las localidades situadas a mayor altitud. Se ha comprobado que las primaveras cálidas, sobre todo las temperaturas altas del mes de mayo, reducen el retraso altitudinal de la Apolo de Sierra Nevada provocando un adelanto del periodo de vuelo. También se está analizando el impacto de los otoños cálidos que podría provocar cambios importantes en el desarrollo de las primeras fases larvarias.

Podemos decir parafraseando a Lorca que la única salida que tienen estas mariposas asociadas a los sistemas montañosos es "ascendiendo en busca de las estrellas", ya que el cambio global está afectando negativamente a todas las poblaciones españolas, provocando el ascenso cada vez a mayor altitud en las montañas en busca de un hábitat adecuado para ellas.

Científicos españoles afirman que entre el 5 y el 10 por ciento de las mariposas diurnas que viven en España están amenazadas o en peligro de extinción debido a la destrucción de hábitats y al cambio climático, entre ellas la propia Apolo y la Niña de Sierra Nevada.



JOSE MIGUEL BARBA

CICLO BIOLÓGICO. El adulto vuela desde junio hasta agosto. Los machos nacen antes que las hembras y pasan el día 'patrullando' en busca de hembras vírgenes. La cúpula puede durar hasta 4 horas. Suelen hibernar como huevos con la oruga desarrollada en su interior. Tras la hibernación completan su desarrollo y crísalan bajo piedras, a finales de mayo o principios de Junio.



Agencia de ese espacio natural, proseguido se orienta en la actualidad a "preparar" sus ecosistemas ante el cambio climático. Tras la realización en los últimos años de diversos proyectos piloto sobre naturalización de pinares de repoblación, de robledales o de los matorrales de alta montaña, se ha pasado a una gestión preventiva que responde a lo que los expertos han denominado "construir capacidad de adaptación frente al cambio global". Se trata de un nuevo modo de abordar la gestión de los ecosistemas, mejorando su capacidad de adaptación para asegurar que en un escenario cambiante sigan suministrando los bienes y servicios que precisan la sociedad, evitando para ello las estrategias pioneras de carácter experimental.

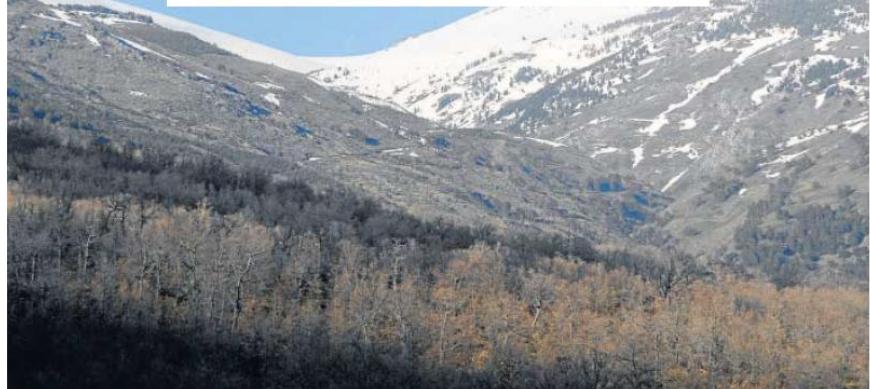
Hace ya una década que se viene realizando un trabajo coordinado entre los gesores del Espacio Natural de Sierra Nevada y diferentes grupos científicos, especialmente de la Universidad de Granada y bajo la coordinación del Centro Andaluz de Medio Ambiente, que investigan aspectos sociosanitarios y ambientales del cambio global. Esta colaboración estrecha está sirviendo para dar respuesta a problemas reales de gestión y para el desarrollo de una gestión activa, flexible y abierta que incorpora, sobre la marcha, los últimos avances científicos.

Adaptar para conservar

● El Parque Nacional y Natural de Sierra Nevada se ha convertido en un referente nacional e internacional en gestión adaptativa ante el cambio climático



1



2

En el mejor de los escenarios climáticos pronosticados por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, conocido como IPCC (Intergubernamental Panel on Climate Change), incluso si se cumplen los objetivos aprobados en la reciente Cumbre del Clima de París, la temperatura ascenderá varios grados a lo largo del siglo y se producirán cambios en el régimen de precipitaciones, lo que exige un replanteamiento de la gestión de los

Iniciar una gestión anticipadora permitirá ayudar a preservar los servicios ecosistémicos

espacios naturales protegidos para que sigan cumpliendo sus fines y objetivos. La conservación de la biodiversidad aparece de un fin en sí mismo, ético y ecológico, es la mejor forma que tenemos de asegurar la resistencia y la permanencia de los ecosistemas naturales ante el cambio global producido por la acción humana. Una gestión anticipadora permitirá ayudar a preservar los servicios ecosistémicos en las nuevas condiciones climáticas y a aprovechar, en su caso, sus posibles ventajas.



En marcha 'Life adaptamed', un proyecto ambicioso

Además de Sierra Nevada, participan el Parque Nacional de Doñana y el Natural de Cabo de Gata

El año pasado dentro del Programa Europeo LIFE 2104-2020. (Subprograma: Acción por el Clima) se aprobó un ambicioso proyecto en el que participa el Espacio Natural de Sierra Nevada que tiene como objetivo general la aplicación de medidas de gestión para el fortalecimiento

a medio y largo plazo de la persistencia de servicios ecosistémicos especialmente vulnerables al cambio climático. Esse proyecto demuestra prever y desarrollar estrategias para los servicios de los espacios naturales protegidos que permiten afrontar los riesgos de la pérdida de servicios ecosistémicos causados por el cambio climático en todo el ámbito mediterráneo.

En el proyecto participan también el Parque Nacional de Doñana y el Parque Natural de Cabo de Gata, y están implicadas la Esta-

ción Biológica de Doñana y las universidades de Granada y Almería, el Centro Mediterráneo de la Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza y el Instituto de las Ciencias, estos dos últimos especialmente dedicados a las áreas de divulgación de los resultados al conjunto de la sociedad.

En el proyecto se aprovecha que la región andaluza es un gran laboratorio natural con dos grandes: el que va desde la costa atlántica hasta la mediterránea y el que va desde el nivel del mar hasta las mayores cumbres de la Península. Por un lado se han diseñado actuaciones en ecosistemas que se consideran singulares como el azufraífero en Cabo de Gata, bosques relictos de robles y encinas de alta montaña en Sierra Nevada y el monte mediterráneo en Doñana. Por otro lado se han programado actuaciones de manejo de diferentes tipos de pinarres en los tres espacios naturales protegidos.

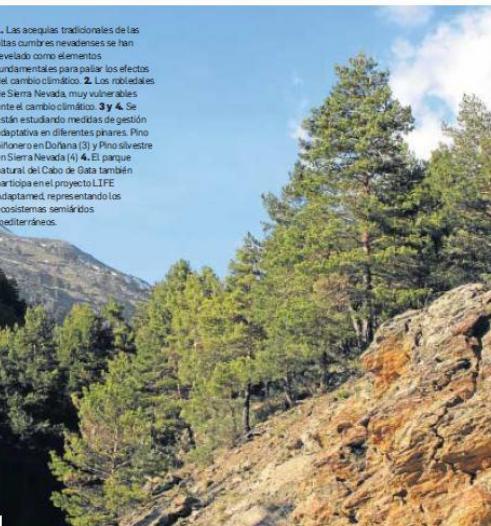
El proyecto LIFE Adaptamed tiene un valor añadido ya que forma parte de la Estrategia Andaluza ante el Cambio Climático, así como para desarrollar experiencias piloto de gestión para la adaptación y la protección de servicios ecosistémicos, exportables al resto del territorio.



3



4



5

CONCEPTOS CLAVES

● **GESTIÓN ADAPTATIVA:** Es el proceso iterativo de planificación, implementación y modificación de las estrategias de gestión a medida que se incrementa y cambia el entorno. El objetivo final es mantener la capacidad de los ecosistemas de proveer de bienes y servicios a la sociedad.

● **RESILIENCIA:** Capacidad de los ecosistemas de recuperar su función y estructura previas a perturbaciones como el cambio climático.

● **SERVICIOS ECOSISTÉMICOS:** Se definen como los beneficios que obtenemos los seres humanos directa e indirectamente de los ecosistemas. Los servicios directos los servicios de aprovisionamiento -madera, caza y pesca, ganadería extensiva, apicultura- o los servicios de regulación como provisión y regulación de recursos hídricos, regulación climática, degradación de los suelos, desecación y salinización y enfermedades. Los beneficios indirectos se rela-

cian con el funcionamiento de procesos del ecosistema que genera los servicios directos (servicios de apoyo), tales como la producción de oxígeno y la formación y almacenamiento de materia orgánica, ciclos biogeoquímicos y la neutralización de desechos tóxicos. Los ecosistemas por otro lado ofrecen beneficios no materiales, como los valores estéticos, espirituales y culturales, o las oportunidades recreativas y de ecoturismo.

Hay dos maneras de luchar contra el cambio climático: mitigación y adaptación. MITIGACIÓN entendemos aquellas acciones tendentes a frenar el proceso de acumulación de gases de efecto invernadero, bien disminuyendo las emisiones bien incrementando el almacenamiento de carbono. La ADAPTACIÓN al cambio climático por otra parte serían aquellas ac-