

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 a gran escala. 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 envolturas fluidas de la Tierra: las aguas oceánicas y continentales 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 alturas que constituyen las montañas más elevadas del planeta.

En este sentido, Sierra Nevada se ha constituido en 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 variables climáticas y un contraste de factores ecológicos. 2. Las lagunas de Sierra Nevada se han convertido en centinelas del cambio global. 3. La localización meridional en Europa y su cercanía al continente africano convierten en un lugar privilegiado para el seguimiento de cambio global. 4. Estación de seguimiento de radiaciones electromagnéticas situada en la Loma del Mulhacén.



• 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 para el seguimiento del cambio global en general y del cambio climático en particular. Las montañas disponen de gradientes altitudinales que reproducen, en pocos kilómetros, los cambios que ocurren a lo largo de gradientes latitudinales de miles de kilómetros. Además son muy sensibles a cambios ambientales por los frágiles equilibrios en los que se desenvuelven las comunidades biológicas que se

han adaptado a la dura vida en las alturas. A estas características generales el macizo montañoso nevadense suma su localización meridional en Europa, a 'un paso' del continente africano y dispone de las mayores altitudes de la Península Ibérica con más de 3.000 metros por encima de los 3.000 metros que contrastan con los apenas 300 m de altitud de las estribaciones orientales, lo que posibilita un amplio rango de variables climáticas y un contraste de factores ecológicos. En los 30 km que van desde la desembocadura del Guadalfeo 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

sobre el planeta, con especial referencia a cambios en los procesos que determinan el funcionamiento del sistema Tierra'. Entre los problemas que quedan vinculados al Cambio Global encontramos los grandes cambios de usos 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.

En la estación de seguimiento de la radiación electromagnética Juan Antonio Morente, situada en la Loma del Mulhacén, a 2.500 metros de altitud, en la vertiente sur de Sierra Nevada, se registran las señales producidas por los rayos de las tormentas que se producen en diferentes lugares de la Tierra, particularmente en el cinturón tropical. Esta radiación se transmite por todo el globo terráqueo a través de la capa atmosférica existente entre la superficie terrestre y la ionosfera, que actúa como guía de ondas. Esta reciente instalación gestionada por un grupo de investigadores de la Universidad de Granada, constituye una he-

ramienta valiosa para hacer un seguimiento, desde Sierra Nevada, de los principales centros tormentosos del planeta.

Esta estación mide las llamadas resonancias de Schumann, que actúan como un termómetro global de la Tierra y podrá aportar datos relevantes sobre el cambio climático global. Los datos obtenidos también contribuirán al estudio de la incidencia de tormentas solares y precursoras sísmicas sobre la ionosfera que se sumarán a los de otras estaciones distribuidas en diferentes puntos de la Tierra y podrían servir, en un futuro próximo, para la predicción

GRANADA



IGNACIO HENARES

@ignaciohenares

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 estas 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



en un punto determinado puedan 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 aerosoles. La generación de aerosoles atmosféricos es un fenómeno creciente a escala global que transporta y dispersa a miles de kilómetros partículas, nutrientes, conta-

La generación de aerosoles atmosféricos es un fenómeno creciente a escala global

minantes y microorganismos.

Los cambios en la circulación atmosférica han aumentado la llegada de polvo del Sahara, ayudado por el avance del desierto, lo cual ha incrementado la cantidad de sustancias que se depositan en nuestras lagunas de origen glaciar, 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 Carga, La Ragna y Cañar muestran que el material particulado se deposita en más de un 70% en forma seca y sólo el restante se deposita junto con la lluvia. Este hecho refleja la singularidad del sur del Mediterráneo en relación con zonas más septentrionales del Hemisferio Norte donde la precipitación húmeda de aerosoles es predominante.

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



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**

GRANADA

SIERRA NEVADA LA HUELLA DEL CAMBIO GLOBAL



● Nieve 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

La nieve, de capa caída

SIERRA Nevada, debido a su gran altitud, es la montaña del sur de la Península donde la cubierta de nieve está presente durante más tiempo. Es conocida la relevancia de la explotación de la nieve como recurso de portivo recreativo para la economía granadina durante la temporada invernal y primavera pero además es un elemento físico clave para entender el funcionamiento de multitud de procesos en los ecosistemas de montaña.

El manto de nieve que cubre la Sierra funciona como un gran embalse natural de agua, que, tras su fusión, puede penetrar 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 hidrográficas. 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 antropogénico está acelerando el proceso natural de calentamiento del planeta y afectará,



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 han 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 la última década se extiende hasta el conocimiento del peso, la densidad, el número de capas y otras propiedades de la nieve (dureza, temperatura, tamaño de grano), lo que ha permitido diseñar modelos de estimación de la cantidad de nieve almacenada y su equivalencia en agua, y de paso valorar cuestiones de gran importancia como la estabilidad del manto o el cálculo del riesgo de aludes en las zonas más inestables.

La escala más detallada consiste en situar para evaluar 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

GRANADA



IGNACIO HENARES

@ignaciohenares



1. Imagen de la nieve sobre Sierra Nevada tomada desde el satélite de la NASA. 2. El inicio de la temporada ha requerido innovación 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 han 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.

Nieva menos, más tarde y se funde antes

"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 espesores de la capa de nieve que se desarrollan en el Observatorio de 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 tenden-

LA NIEVE DE LA SIERRA ES PARTICULAR

De este estudio detallado se extraen las peculiaridades de la nieve en Sierra Nevada frente a otros macizos montañosos situados a otras latitudes y altitudes. Por un lado, destacan unos espesores pequeños, salvo en aquellas zonas muy concavas de acumulación de nieve. Por otro, la enorme variabilidad, en el tiempo y en el espacio, con gran presencia de manchas de nieve y una considerable diferencia entre laderas coniguas en función de la orientación y/o vientos dominantes. Cabe señalar la excepcional acumulación de nieve durante la campaña 2010-2011 en comparación con el resto de años de la serie analizada, que fue hasta cuatro veces mayor que en un año normal.

cias negativas en la duración de la nieve desde que se disponen datos homologados. Desde hace unas décadas es evidente el retraso en la fecha de inicio de la temporada de nieve y el adelanto en la fecha de retirada 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 periodo 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 borrascas que nos llegan del oeste, las más frecuentes y de mayores precipitaciones. El mencionado gradiente 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, constatan la relación causal entre el clima y la cubierta de nieve.

En Sierra Nevada, la nieve es considerada 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 semáforos 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 también al de la agricultura, ganadería y otras 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 importantes efectos 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 viene que almacenarse en los pantanos o embalses gracias al sofisticado ancestral ingenio de las acequias 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 glaciar 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 circos 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 prominente 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 glaciar que, aparte de ser enclaves de extraordinaria belleza paisajística, funcionan como testigos del cambio climático, tanto del ocurrido de manera 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 Paleolimnología y Paleolimnología en torno a las lagunas glaciales y borreguiles de Sierra Nevada. Diferentes estudios muestran que en Sierra Nevada se ha producido una aridificación y deforestación progresiva a lo largo de los últimos 7.000 años.

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 y

LAGUNAS



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.

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.



cualquier palinomorfo actual o fósil a través de los diferentes estratos de sedimentos que permiten identificar la evolución de la vegetación existente en las inmediaciones de los lagos a lo largo del tiempo.

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

CENTINELAS

Las lagunas de origen glaciar de Sierra Nevada son sensores óp-

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 o variaciones 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.

Más de 40 años de estudio de las lagunas de alta montaña de Sierra Nevada evidencian que estos ecosistemas son extremadamente sensibles a estos cambios y nos permiten establecer vincu-

los entre el cambio global y la pérdida de diversidad (taxonómica y funcional) de las lagunas de Sierra Nevada.

Uno de los ejemplos más palpables de estos cambios lo encontramos en la progresiva fertilización de estos lagos provocada por un mayor aporte de nutrientes que viajan en las nubes de polvo, proveniente del norte de África, que transportan aerosoles capaces de alterar los ciclos biogeoquímicos de los ecosistemas.

El incremento de la entrada de nutrientes favorecido por el transporte atmosférico de los aerosoles saharianos, provoca el desarrollo de una comunidad de

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 zooplancton 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 pelágico en la Laguna de la Caldera. Sus análisis indican que el fitoplancton ha aumentado paralelamente al incremento en la intensidad y frecuencia de las partículas remotas que vienen del norte de África con un efecto fertilizador, 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 saharianas no refuerzan el control de abajo-arriba (*bottom-up*), es decir, el crecimiento de las algas no favorece el desarrollo de los herbívoros, lo que podrá conducir a una fertilización de las aguas indecisa 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 paraisos 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



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 emergente que amenaza 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 tratarse de un macizo montañoso 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 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.

Uno de los patrones más comunes, (en Sierra Nevada y en otros sistemas montañosos), entre di-

ferentes grupos taxonómicos consiste en un desplazamiento altitudinal hacia cotas superiores buscando entornos climáticos más frescos en los que resguardarse de unas temperaturas que están experimentando un incremento significativo.

LAS COMUNIDADES DE PAJAJOS

En el Observatorio de Cambio Global de Sierra Nevada se han estudiado con detalle los cambios en la composición y abundancia de las comunidades de paseriformes en un gradiente altitudinal, comparando los datos obtenidos por el profesor de la Universidad de Granada, Regino Zamora, mediante censos realizados en un gradiente altitudinal (1.450 a 3.000 metros) y en hábitats diferentes (roblezal, matorral espinoso, enebro-sabina y ambientes de altas cumbres) a principios de los años 80, con los transectos de seguimiento que se realizan, anualmente, desde el 2008 hasta la actualidad, por el parque nacional y natural de Sierra Nevada, bajo la coordinación de José Miguel Barea.

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 sí solos, no parecen explicar las sustanciales modificaciones en las comunidades de aves acaecidas a lo largo de los últimos 30-35 años. El desdoblamiento observado entre cambios ambientales y cambios en las comunidades se relaciona

con el carácter insaturado 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 había reducido a casi un tercio la densidad de aves en algunos ecosistemas como el roblezal o el matorral de alta montaña).

Este aumento actual parece en determinados temas como los robledales menos acentuado en la matorral espinoso. En los temas de alta montaña la tendencia es menos clara, tróncos estables en los sabinos y un predomino tendencias ligeramente negativas en las localidades de las altas cumbres.

Lo que sí parece común es la tendencia a que la densidad de aves nevadenses paises bioclimáticos o mediterráneo, va perdiendo carácter alpino, homogeneizándose con las condiciones tróficas de su entorno, y la matorralización de montaña y al efecto del cambio climático. En 1982 se localizó 3 especies reproductoras mientras que actualmente se localizan 5.

Por el contrario, la evidencia es que las especies más maduras ecitas más situadas a alta altitud, tanto por el número de los cultivos como efecto de las políticas de conservación y de gestión, están teniendo un efecto positivo sobre buenas estas aves paseriformes.



REPORTAJE GRUPO DEL DONACIO HENARES Y FERNANDO CORTES

AS aves son consideradas unas mensajeras y centinelas de los efectos del cambio global. Diversos estudios sobre el impacto del cambio climático en las aves europeas advierten de la reducción del área de distribución de la mayoría de las especies de aves, aumentando el riesgo de extinción de muchas de ellas. Además, muchas aves no podrán modificar su distribución a la velocidad con la que avanza el cambio climático, teniendo como resultado declives poblacionales. El primer indicador a escala mundial de los impactos del cambio climático sobre la fauna salvaje se ha encontrado en la variación de las poblaciones de aves europeas a causa del calentamiento global. Aquellas especies mejor adaptadas al cambio climático han registrado un incremento en sus poblaciones mientras que aquellas especies menos adaptadas al cambio climático han visto cómo sus poblaciones se veían reducidas. En todo caso se constata que el cambio climático generará más 'perdedores' que 'ganadores', ya que, según los informes de SEO-Birdlife, se calcula que hasta tres veces más de aves son afectadas negativamente por el cambio climático que las que se ven afectadas positivamente. Sierra Nevada tiene un comportamiento diferente debido a su peculiaridad de biogeográficas y a la combinación de los efectos del cambio climático y los cambios de uso del suelo. Estos últimos, en la media montaña, están favoreciendo ambientes forestales cada vez más maduros y densos, lo que permite la recuperación de especies como muchos páridos (carboneros común y garraños) y herrerillos común y capuchino, el chochín o la reciente colonización y expansión del trepador azul. Por el contrario, otras especies como el mirlo común o el zorzal charlo presentan una tendencia negativa. Eso es



1. En descenso (pierden). La collalba gris y el roquero rojo son dos ejemplos de especies en regresión en el macizo nevadense. 2. En aumento (ganan). El chochín y el carbonero son especies que han tenido un incremento fuerte en sus poblaciones en la última década. 3. Ascendiendo cota. El colirrojo tizón y el pardillo cuertan con un mayor número de territorios reproductores en las zonas altas y cada vez crean a mayor altitud. 4. En el matorral de alta montaña se está produciendo la sustitución de la curruca zarzera por su prima la curruca familiar, especie más termófila.



Unos ganan y otros pierden



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

Conforme ascendimos en altitud, los efectos del cambio climático se hacen más patentes y dominantes. El calentamiento está generando ambientes cada vez más propicios para especies generalistas de montaña como el colirrojo tizón o el pardillo. Por el contrario, especies tradicionalmente dominantes en esos ecosistemas y en los enebrales y sabinos de alta montaña van desapareciendo progresivamente como es el caso de la collalba gris. Ese migrador de larga distancia se está rarificando, no sólo en Sierra Nevada sino también en el resto de Europa. Los migradores transaharianos 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 extenuantes viajes a los que se enfrentan dos veces al año.

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.

GRANADA



SIERRA NEVADA LA HUELLA DEL CAMBIO GLOBAL



IGNACIO HENARES

@ignaciohenares



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 ascendemos, 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 este sentido un papel fundamental en la conservación de la biodiversidad, ya que las poblaciones pueden adaptarse a los cambios desplazándose altitudinalmente de acuerdo a sus requerimientos ecológicos y buscando nichos ecológicos más apropiados como vienen haciendo desde la última glaciación, 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

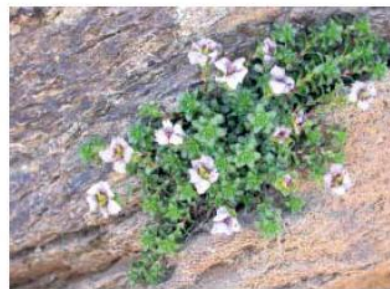
biodiversidad de la flora alpina que tuvo su origen en el año 2001 en 17 cordilleras europeas y que en la actualidad se ha extendido a un centenar de montañas de los cinco continentes.

En nuestro macizo se está haciendo un seguimiento exhaustivo muy en especial de cuatro climas 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 periodo de 7 años, han ascendido unos 3 metros su límite de distribución, movimiento 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 termófilas en las cumbres y cómo se rarifican las especies adaptadas al frío, siendo este 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 este fenómeno ocurre tanto en el límite del bosque como en los pisos bioclimáticos superiores del oro y del criomediterráneo, en los dominios de los matorrales 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.



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

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 cascayares o *Lepidium sylvaticum*, 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 llanén (*Plantago radicata* subsp. *granatensis*) o el cardo azul o cardo cuco de Sierra Nevada (*Eryngium glaciale*) o el cerrillejo (*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 en las localidades situadas por debajo de los 3.000 metros. Sin embargo por encima de esta cota la cobertura vegetal está descendiendo ligeramente en el periodo 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 calentamiento global lo que sería congruente con la historia evolutiva de estas especies y su gran resiliencia propia de especies que viven en ambientes de gran amplitud térmica y de 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**

GRANADA

SIERRA NEVADA LA HUELLA DEL CAMBIO GLOBAL

● 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



La trucha común es una especie muy sensible a las variaciones ambientales.

Los ríos de Sierra Nevada constituyen ambientes extremadamente sensibles a los cambios ambientales. La temperatura del agua de los ríos (muy correlacionada con la del aire) se ha incrementado en las últimas décadas alrededor de 2°C. Este calentamiento progresivo de los sistemas acuáticos se ve potenciado por un paulatino deterioro de la vegetación de ribera, que provee a los ambientes riparios de una barrera que amortigua las oscilaciones térmicas. Estos cambios tienen repercusiones de suma importancia sobre los procesos físico-químicos y las comunidades biológicas de los ríos.

Una especie que está siendo especialmente afectada por este fenómeno del cambio global es la trucha común, que además de estos condicionantes sufre los problemas de la introducción de la trucha arco iris procedente de Norteamérica. La suelta de truchas alótanas es muy perjudicial considerándose en la actualidad la introducción de especies

Las truchas miran al cielo

impropias de un ecosistema una de las amenazas más graves para la conservación de la biodiversidad.

Sierra Nevada alberga las poblaciones de trucha común más abundantes de toda Andalucía. Las mayores densidades y biomasa de trucha común en toda

la región se han localizado en Sierra Nevada, en las cuencas de los ríos Guadalfeo y Genil. De todas las poblaciones muestreadas, sólo las poblaciones de los ríos Chico de Sopordjir y Lanjarón se pueden considerar abundantes en términos de biomasa, lo que evidencia el delicado estado de este salmónido en Andalucía.

Además de la presión del cambio climático, con una clara tendencia al incremento de las temperaturas y a la disminución de las precipitaciones, los ríos nevadenses se encuentran sometidos a fenómenos de

deseccación de sus cauces por extracciones para su aprovechamiento en centrales hidroeléctricas (Dilary Monachil, por ejemplo) y para las tomas de las acequias (Trevélez, Bérchules, Mecina, Andarax...), lo que supone, aparte de otras consecuencias ecológicas, un

Los ríos se han de ver como cauces de vida y no sólo como 'tuberías' que conducen el agua

grave factor de amenaza para las menguadas poblaciones de trucha común.

Por estas razones cobran especial relevancia los estudios que se realizan en los últimos años, de manera sistemática, por parte del Observatorio de Cambio Global de Sierra Nevada sobre esta emblemática especie.

De ellos se ha podido establecer una relación clara entre el caudal de los ríos y la abundancia de truchas. La relación detectada entre el régimen pluviométrico anual y las variaciones en densidad de las poblaciones de trucha común parece indicar que esta especie es muy sensible a las variaciones ambientales, tal como demuestran la influencia de las sequías y lluvias torrenciales en el número de ejemplares detectados en los muestreos.

RESPUESTAS DIFERENTES

En los estudios realizados dentro del Programa de Seguimiento del Parque Nacional y Natural de Sierra Nevada, a cargo de los equipos de la Agencia de Medio Ambiente y Agua, se ha

GRANADA



IGNACIO HENARES

@ignaciohenares



menos, la presencia de ejemplares de tamaños mayores no consigue aumentar apenas. La escasa disponibilidad de refugio para los adultos durante determinadas épocas del año parece constituir la parte más importante de este factor limitante, a lo que habría que unir otros aspectos como las desecaciones debidas a acciones del hombre y la depredación por otras especies.

En un escenario en el que estos eventos meteorológicos extremos, lluvias cada vez más escasas y en determinadas ocasiones con carácter torrencial, se prevén más repetidos, la gestión del agua por los organismos de cuenca debe ser orientada a que la cantidad y calidad de las aguas que circula por nuestros ríos de montaña, respete siempre los caudales ecológicos, realizando un aprovechamiento sostenible y evitando los ríos como cauces de vida y no sólo como tuberías que conducen el agua.

UNA ESTRATEGIA ADAPTATIVA

Generalmente la trucha común se reproduce en otoño o invierno; tanto más pronto en el año cuanto mayor sea la latitud y altitud debido a las ba-

1. Ríos de aguas limpias y frescas son el hábitat óptimo para la trucha común. 2. Realización de pesca eléctrica para estudio de las poblaciones. 3. Una escala truchera realizada para eliminar barreras para el paso de la especie.

jas temperaturas del agua y los periodos de incubación más largos. En su área de distribución natural la fecha media de freza tiene lugar entre principios de octubre, en países del norte de Europa como Finlandia o Noruega, y febrero en poblaciones más meridionales como las de Picos de Europa o las andaluzas. En estudios realizados en el río Castil se observó un periodo de reproducción muy extenso (cinco meses), registrándose la construcción del último nido a principios de abril. En los trabajos realizados por la Consejería de Medio Ambiente en ríos de Sierra Nevada, se han detectado ejemplares reproductores, algunos incluso de pequeño tamaño, desde el mes de octubre hasta la primera quincena de mayo.

Este periodo reproductivo de las truchas en Sierra Nevada es el más extenso de los descritos en toda la literatura científica para la especie, y supone una ventaja en un régimen hidrológico altamente impredecible, como el de esta parte de la Región de Murcia.

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 dickhilleni*)
Rana común (*Pelodytes perezi*)
Sapillo pintajo (*Discoglossus jeanneae*)
Sapillo moteado (*Pelodytes ibeticus*)
Sapo de espuelas (*Pelobates cultripes*)
Ranita meridional (*Hyla meridionalis*)
Galipato (*Pleurodeles waltl*)
Extinta: Salamandra bética (*Salamandra salamandra longirostris*)

AÚN es pronto para conocer el verdadero papel del cambio climático en el declive generalizado de los anfibios. Pero parece claro que, a medida que conocemos más sobre sus efectos, podemos afirmar con rotundidad que el calentamiento global será sin duda la amenaza más seria a la que deberán enfrentarse estos grandes supervivientes de piel húmeda y ojos saltones.

La mayor pérdida 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 asemejará 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 es más corta y son menos abundantes, a lo que hay que añadir la transformación agrícola de amplias zonas de las provincias de Almería y Granada.

SUPERVIVIENTES AMENAZADOS

Los anfibios constituyen el primer grupo de vertebrados que ocupó con éxito el medio terrestre. Los actuales son especies supervivientes al cambio climático que se ha producido en los últimos miles de años pero ahora están amenazados seriamente por los cambios acelerados que estamos viviendo. Etimológicamente, anfibio significa doble vida, apelativo que describe uno de los rasgos más notables de este grupo de vertebrados: a su fase larvaria, generalmente acuática, le sigue una fase adulta totalmente terrestre a la que llegan por medio de una metamorfosis aunque en muchos casos siguen ligados al agua debido a sus mecanismos de reproducción desarrollados.

ESPECIES MUY SENSIBLES.

Los anfibios son quizás el grupo de vertebrados más sensible al cambio climático. En primer lugar porque su piel es extremadamente permeable y sus huecos no tienen pared protectora. La exposición directa con el suelo, agua y



luz solar los hacen muy vulnerables a la absorción de sustancias tóxicas a través de la piel, lo que los convierte en verdaderos termómetros de la salud de la tierra.

Al ser animales de sangre fría, no son capaces de producir calor propio para mantener la temperatura entre límites consoantes y su temperatura corporal depende en gran parte de la temperatura exterior.

Algunos de los efectos del cambio climático sobre los anfibios son ya evidentes. Por ejemplo el adelanto de la reproducción, motivado por el aumento de la temperatura, hace que los anfibios estén más expuestos a las heladas tardías, por lo que muchos animales mueren congelados al inicio de la estación reproductora. También, el aumento de las temperaturas provoca en muchas zonas la desecación temprana de las masas de agua, con la consiguiente muerte de las larvas que no tienen tiempo de completar su metamorfosis. Además, el aumento de la temperatura del agua provoca un adelanto en el desarrollo larvario, lo que hace disminuir la talla de los ejemplares recién metamorfoseados, comprometiéndolos su supervivencia.

Por otro lado los anfibios sufren intensamente los efectos de otros motores del cambio global, como la destrucción o fragmentación de hábitats o la contaminación del medio acuático en que se desarrollan.

EL HONGO ASESINO

El nuevo escenario climático puede facilitar indirectamente las epidemias de enfermedades infecciosas que ocasionarían declives poblacionales muy rápidos y, en ocasiones, extinciones de especies. Es el caso de la quitridiomycosis provocada por un hongo que está originando una morbilidad 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 elevando las temperaturas en las zonas altas de montaña de latitudes templadas, haciendo que estos ambientes, hasta demasiado fríos para el

GRANADA



IGNACIO HENARES

@ignaciohenares



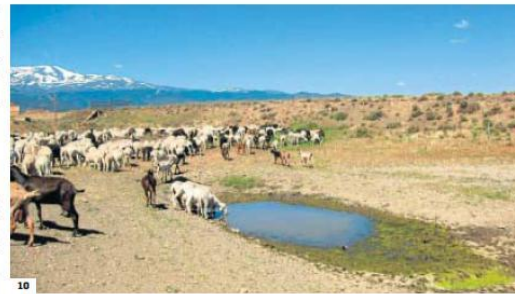
1. Sapo común. 2. Las acequias tradicionales son corredores ecológicos para los anfibios. 3 y 4. La ranita meridional y el galipato son especies muy escasas en Sierra Nevada. 5. Sapillo partero. 6. Sapillo pintajo. 7. Sapillo moteado. 8. Sapo corredor. 9. Rana común. 10. Las especies que viven en charcas temporales, víctimas del cambio climático.

desarrollo de este hongo, resulten ahora un ambiente más adecuado para su crecimiento. La enfermedad es la hula que está matando a muchos anfibios pero el cambio climático es quien está apretando el gatillo.

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 los últimos años se han estudiado diferentes aspectos de su ecología 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 entre los que destacan: un desplazamiento en altitud, mayor competencia entre especies que se reproducen en medios permanentes, modificaciones en el tamaño de los metamorfos y expansión de enfermedades emergentes.

En el seguimiento realizado de los anfibios presentes en el macizo nevadense durante las tres últimas décadas, se han observado cambios en la distribución de las especies. De las especies estudiadas, tres muestran un claro patrón ascendente superior a 100 metros (sapillo pintajo, sapo y rana común), dos no muestran un patrón definido (sapo partero bético y sa-



po corredor) y otras dos han tendido a rarefarse y desaparecer (rana meridional y sapillo moteado ibérico). Para el sapo partero bético y el sapo común existe un claro retraso fenológico conforme ascendemos en altitud que está claramente relacionado con la temperatura.

A nivel 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 lugares 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 negro y pupilados 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 roblel 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 armerías.

CICLO BIOLÓGICO

Vuela en una sola generación desde principios o mediados de junio hasta el mes de agosto, según la cota, versiente 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 y pasan el día patrullando en busca de hembras vírgenes. Las hembras son sedentarias, suelen estar permanentemente en reposo en el suelo o encima de piornos y enebros rastroños, desplazándose solamente para alimentarse. La cópula puede durar hasta 3-4 horas. Suele hibernar como huevo con la oruga desarrollada en su interior, aunque algunos huevos pueden eclosionar en otoño. Tras la hibernación completan su desarrollo y crisalidan bajo piedras, a finales de mayo o principios de junio, en el interior de un rudimentario capullo sedoso. Unas 3 semanas después emerge el imago o adulto.

EN IMÁGENES



JOSÉ MIGUEL BARRA

CICLO BIOLÓGICO. El adulto vuela desde junio hasta a agosto. Los machos nacen antes que las hembras y pasan el día 'patrullando' en busca de hembras vírgenes. La cópula puede durar hasta 3-4

horas. Suele hibernar como huevo con la oruga desarrollada en su interior. Tras la hibernación completan su desarrollo y crisalidan 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 (Convención 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, dado 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 diurnas 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-Pilabres —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 este caso, la diferencia fundamental es el color

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

LLUGO 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 atrasan sus periodos 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 larvares.

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.

PROVINCIA

SIERRA NEVADA LA HUELLA DEL CAMBIO GLOBAL

La gestión de este espacio natural protegido 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 proactiva orientada 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 ofrecen a la sociedad, empleando para ello técnicas novedosas de carácter experimental.

Hace ya una década que se viene realizando un trabajo coordinado entre los gestores 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 relacionados con el 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 (Intergovernmental 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 misma, ético y ecológico, es la mejor forma que tenemos de asegurar la resiliencia y la resiliencia 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.



REPORTAJE QUÉ TAL PROYECTO EL LIFE ADAPTAMED

PROVINCIA



IGNACIO HENARES

@ignaciohenares

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 2014-2020, (Subprograma: Acción por el Clima) se aprobó un ambicioso y pionero 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. Este proyecto demostrativo pretende desarrollar y divulgar un manual de buenas prácticas para los gestores de los espacios naturales protegidos que permita 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 Estación Biológica de Doñana y las universidades de Granada y Almería, el Centro Mediterráneo de la Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza y el Parque de las Ciencias, estos dos últimos especialmente dedicados a las tareas 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 gradientes: 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 azufar en Cabo de Gata, los bosques relictos de robledales de *Quercus pyrenaica* y los matorrales 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 pinares 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,

que tiene entre sus objetivos la creación de una Red de Observatorios de Cambio Global de Andalucía, creada por el Programa Andaluz de Adaptación al Cambio Climático.

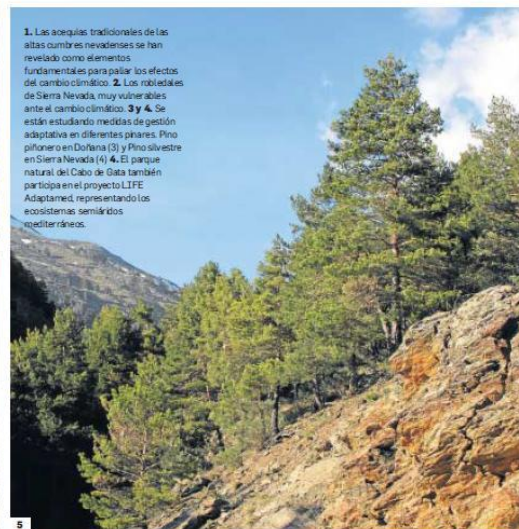
Los Espacios Naturales Protegidos tienen una importancia estratégica clave para poner en marcha proyectos pioneros multidisciplinares orientados a conocer las consecuencias del cambio global, así como para desarrollar experiencias piloto de gestión para la adaptación y la protección de servicios ecosistémicos, exportables al resto del territorio.



3



4



5

1. Las acacias tradicionales de las altas cumbres nevadas se han revelado como elementos fundamentales para paliar los efectos del cambio climático. 2. Los robledales de Sierra Nevada, muy vulnerables ante el cambio climático. 3 y 4. Se están estudiando medidas de gestión adaptativa en diferentes pinares: Pino piñonero en Doñana (3) y Pino silvestre en Sierra Nevada (4). 5. El parque natural de Cabo de Gata también participa en el proyecto LIFE Adaptamed, representando los ecosistemas semidesérticos mediterráneos.

CONCEPTOS CLAVES

- **GESTIÓN ADAPTATIVA:** Es el proceso iterativo de planificación, implementación y modificación de las estrategias de gestión en un contexto de incertidumbre y de cambio constante. 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 o indirectamente de los ecosistemas. Se consideran beneficios 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 relacionan con el funcionamiento de procesos del ecosistema que genera los servicios directos (servicios de apoyo), tales como el proceso de fotosíntesis y la formación y almacenamiento de materia orgánica, ciclos biogeoquímicos y la neutralización de desechos tóxicos. Los ecosistemas por otro lado también ofrecen beneficios no materiales, como los valores estéticos, espirituales y culturales, o las oportunidades recreativas y de ecoturismo.

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

Lucha contra el cambio climático: mitigación y adaptación

Hay dos maneras de luchar contra el cambio climático: mitigación y adaptación. Por MITIGACIÓN entendemos aquellas acciones tendientes a frenar el proceso de acumulación de gases de efecto invernadero, bien disminuyendo las emisiones bien incrementando el almacenamiento o "secuestro" de carbono. La ADAPTACIÓN al cambio climático por otra parte serían aquellas acciones orientadas a paliar los efectos del cambio climático, facilitando el ajuste de los ecosistemas a los escenarios climáticos previstos y sus efectos. La adaptación al cambio climático en espacios naturales persigue ecosistemas más resilientes y más resistentes a diferentes agentes agresivos favorecidos por el cambio climático (incendios, plagas, sequías extremas).

Hay dos maneras de luchar contra el cambio climático: mitigación y adaptación. Por MITIGACIÓN entendemos aquellas acciones tendientes a frenar el proceso de acumulación de gases de efecto invernadero, bien disminuyendo las emisiones bien incrementando el almacenamiento o "secuestro" de carbono. La ADAPTACIÓN al cambio climático por otra parte serían aquellas acciones orientadas a paliar los efectos del cambio climático, facilitando el ajuste de los ecosistemas a los escenarios climáticos previstos y sus efectos. La adaptación al cambio climático en espacios naturales persigue ecosistemas más resilientes y más resistentes a diferentes agentes agresivos favorecidos por el cambio climático (incendios, plagas, sequías extremas).