

Seminario Integración de la adaptación al cambio climático en la planificación y gestión de las áreas protegidas



“Sensibilización ante el cambio climático: la experiencia del parque nacional y natural de SIERRA NEVADA”

Ignacio Henares Civantos

Conversador. Conservador.





2005

GLOCHAMORE

Global Change and Mountain Regions
Research Strategy



Developed in the course of a Specific Support Action under the EU Framework Program Contract No. 506476: Global Change and Mountain Regions: An Integrated Assessment, Causes and Consequences (November 2003 - October 2005).

SIERRA

SIERRA
NEVADA
PARQUE NACIONAL
PARQUE NATURAL



Observatorio de Cambio Global
Sierra Nevada
Metodologías de seguimiento

Febrero 2012



Universidad de Granada



Seguimiento de Cambio Global

En 2007 se puso en marcha en Sierra Nevada un Observatorio de Cambio Global en el que se distingue la aportación de actores institucionales en tres escalas diferentes: Internacional, a través de la iniciativa GLOCHAMORE (*Global Change in Mountain Regions*) de la UNESCO; Nacional, mediante el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente y Regional, mediante la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía.

Sobre la base de una estrecha colaboración entre el mundo científico y el de la gestión, el Observatorio se sustenta en cuatro pilares básicos:

- **Programa de Seguimiento** exhaustivo a largo plazo de sistemas, especies y procesos.
- **Sistema de Información**, herramienta específica de almacenaje, tratamiento y consulta de la información generada para garantizar la accesibilidad y utilidad de la misma para científicos y gestores.
- **Laboratorio de campo** de ensayo de medidas de **gestión activa** para la adaptación de la biodiversidad y de los hábitats a los impactos del cambio global y para minimizar el perjuicio que éste puede tener sobre el aprovechamiento de los recursos naturales.
- **Foro de Comunicación** como lugar de encuentro para el debate, la divulgación del conocimiento y la sensibilización.



...a luchar contra el cambio climático.

Se revisan en detalle y con profundidad los impactos del cambio global sobre los socioecosistemas de Sierra Nevada.

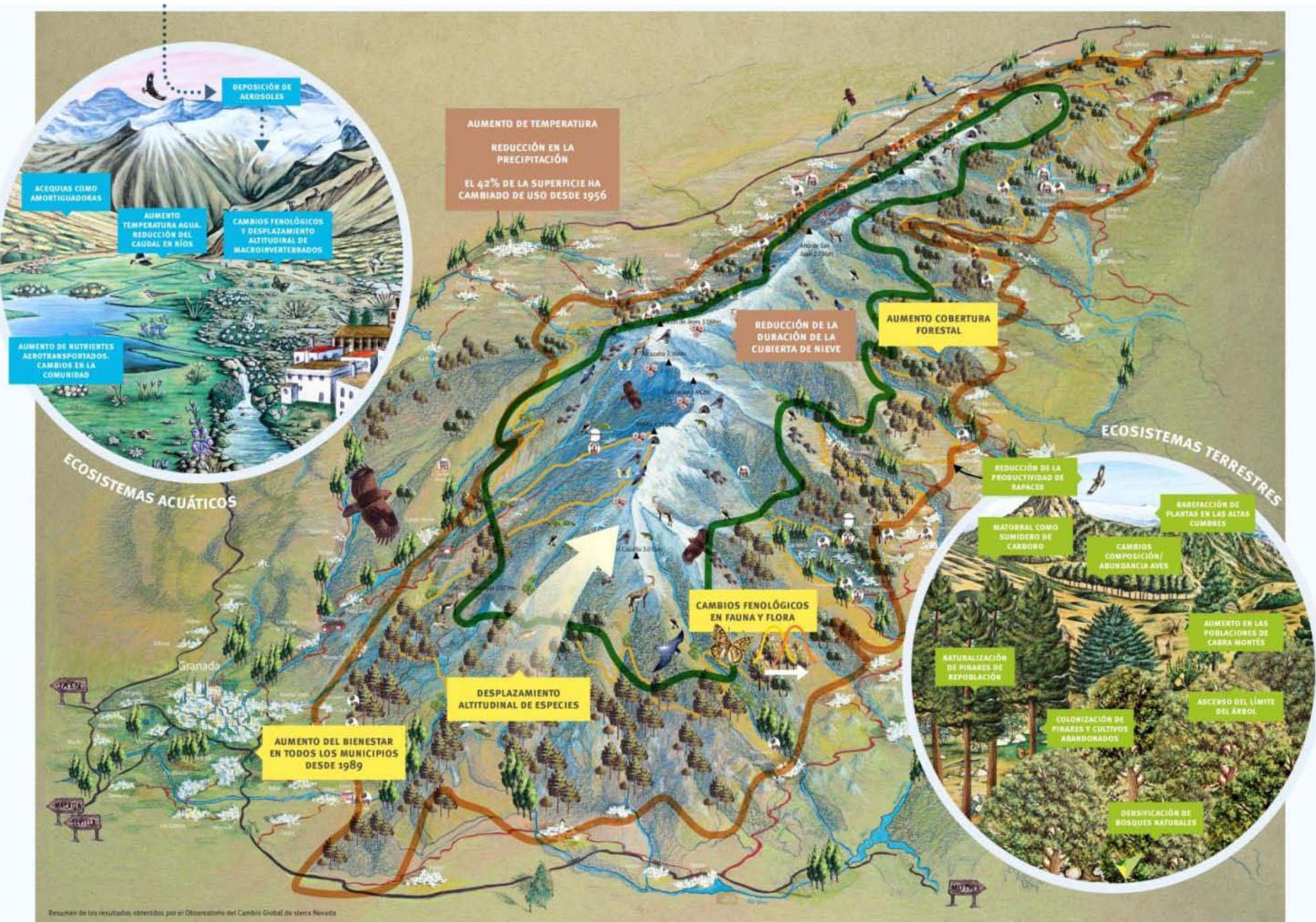
84 evidencias relevantes de las repercusiones del cambio global sobre la funcionalidad de los sistemas ecológicos de esta alta montaña mediterránea.

Los impactos del cambio global sobre la biodiversidad son los que acumulan un mayor número de evidencias.

69 autores, investigadores y gestores.

Trabajo sintético, concreto y conciso que pretende llegar a toda la sociedad con un formato amigable desde el punto de visual, para facilitar su comprensión.





ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

- DEPOSICIÓN DE AEROSÓLES
- ACEQUIAS COMO AMORTIGUADORAS
- AUMENTO TEMPERATURA AGUA, REDUCCIÓN DEL CAUDAL EN RÍOS
- CAMBIOS FENOLÓGICOS Y DESPLAZAMIENTO ALTITUDINAL DE MACROINVERTEBRADOS
- AUMENTO DE NUTRIENTES ACROTTRANSPORTADOS, CAMBIOS EN LA COMUNIDAD

AUMENTO DE TEMPERATURA
REDUCCIÓN EN LA PRECIPITACIÓN
 EL 42% DE LA SUPERFICIE HA CAMBIADO DE USO DESDE 1956

REDUCCIÓN DE LA DURACIÓN DE LA CUBIERTA DE NIEVE

AUMENTO COBERTURA FORESTAL

ECOSISTEMAS TERRESTRES

REDUCCIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE RAÍCES

RAREFACCIÓN DE PLANTAS EN LAS ALTAS CUMBRES

MATORRAL COMO SUMIDERO DE CARBONO

CAMBIOS COMPOSICIÓN/ABUNDANCIA AVES

AUMENTO EN LAS POBLACIONES DE CABRA MONTÉS

CAMBIOS FENOLÓGICOS EN FAUNA Y FLORA

DESPLAZAMIENTO ALTITUDINAL DE ESPECIES

AUMENTO DEL BIENESTAR EN TODOS LOS MUNICIPIOS DESDE 1989

NATURALIZACIÓN DE PINARES DE REPOBLACIÓN

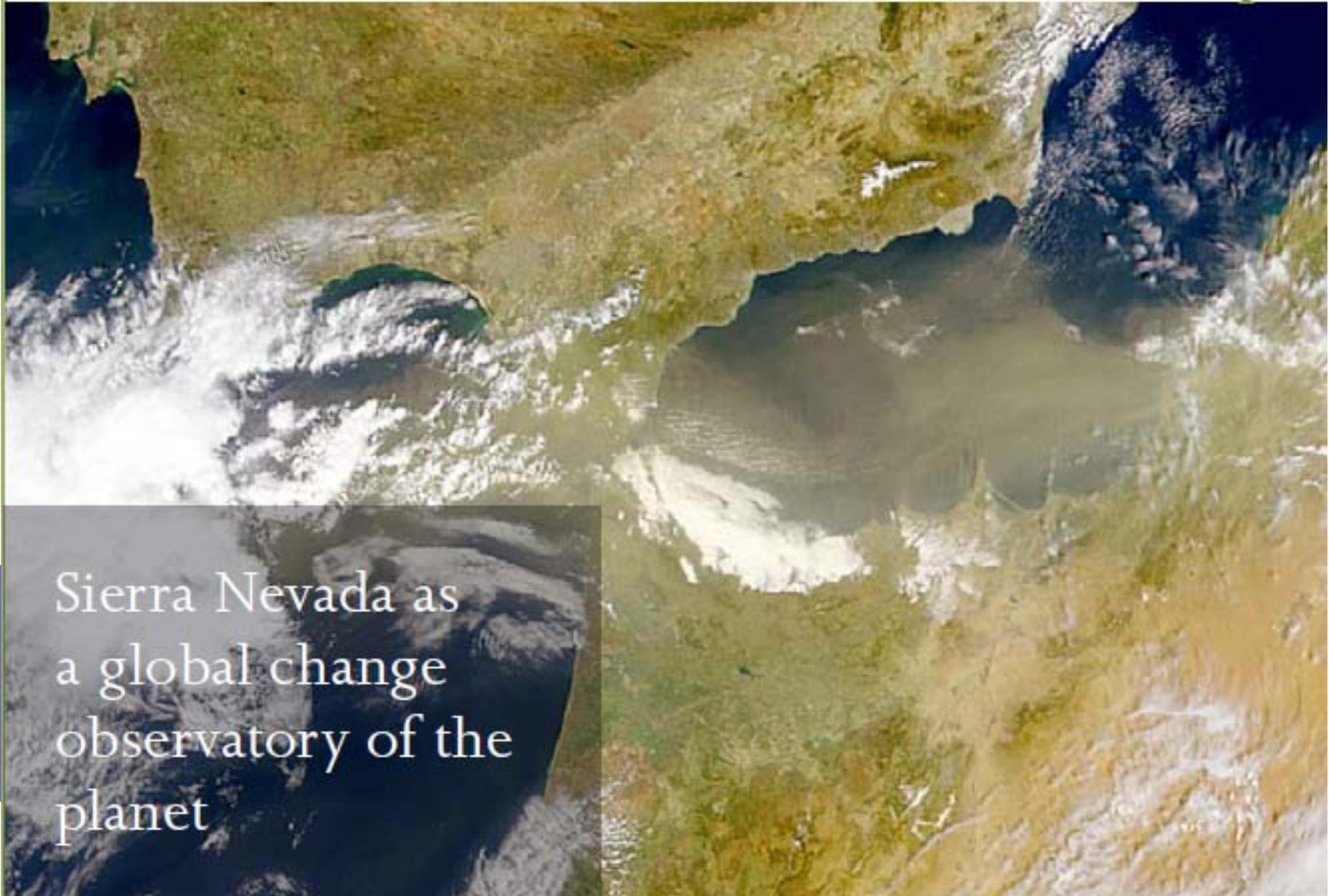
COLONIZACIÓN DE PINARES Y CULTIVOS ABANDONADOS

ASCENSO DEL LÍMITE DEL ÁRBOL

DENSIFICACIÓN DE BOSQUES NATURALES

Chapter 10

Cloud of Saharan dust over the Alboran Sea. Image taken by the SeaWiFS sensor of NASA 23 March 1999



Sierra Nevada as
a global change
observatory of the
planet

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 evoluciones 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 las 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 20 picos por encima de los 3000 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 Morenó, 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 herramienta 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



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, incorporados 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 se alzado 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 Cortijuela, La Ragua 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



Chapter 2

The summits of Sierra Nevada from La Carlusca.



Snow cover
dynamics at the
summits of Sierra
Nevada

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 porvenir para la economía granadina durante la temporada invernal y primaveral 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,



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 media 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 situar para evaluar las características físicas de la nieve (peso, densidad, estructura) y su capacidad de almacenar agua. También a esa escala de detalle se realizan mediciones periódicas de la temperatura del suelo y substrato a varias



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 innivación 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 nos 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 la última década se extiende hasta el conocimiento del peso, la densidad, el número de capas o 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 y el cálculo del riesgo de aludes en las zonas más inestables.

Nieva menos, más tarde y se funde antes

"Cada vez viene 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 concretas de acumulación de nieve. Por otro, la enorme variabilidad, en el tiempo

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 bonrascas 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 una propiedad de 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 semicírculos o diámetros, 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 tiene que almacenarse en los pantanos o embalses gracias al sofisticado y 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.

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 periglaciar 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 glaciares y borreguiles de Sierra Nevada. Diferentes estudios muestran que en Sierra Nevada se ha producido una artificialización 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 permite 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 víncu-

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 zooplankton 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 a bajo-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 indeseadas 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 paradas en las que se ha desarrollado una de las más estudiadas en diferentes disciplinas científicas.

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 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.

Las comunidades de pájaros

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 autidunal (1.450 a 3.000 metros) y en hábitats diferentes (robleal, matorral espinoso, enebreal-sabinar 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 desacople observado entre cambios ambientales y cambios en las comunidades se relaciona

Este aumento actual patente en determinados temas como los robledales menos acentuado en los temas de alta montaña, donde la tendencia es menos clara, troncos estables en los robledales ligeramente en las localidades en las altas cumbres.

Lo que sí parece común es la tendencia a que la llegada de aves nevadenses puros bioclimáticos o mediterráneos, va perdiendo carácter alpino, homogeneándose con las condiciones tróficas de su entorno, y la matorralización de cambio global y al efecto del clima. En 1982 se localizó sólo 3 especies reproductoras mientras que actualmente frutal asciende a 5.

Por el contrario, la etapa más madura de los ecosistemas situados a baja altitud, tanto por el número de cultivos como efecto de las políticas de conservación y de gestativa, están teniendo un efecto positivo sobre buena parte de las paseriformes



GRANADA

IGNACIO HENARES

@ignaciohenares



1. En descenso (pierden). La colibita gris y el roquero rojo son dos ejemplos de especies en regresión en el macizo nevadense.



2. En ascenso (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 cuentan con un mayor número de territorios reproductores en las zonas altas y cada vez colan 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.

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 biogeográfica 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 garraínos) 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



2. En el matorral de alta montaña se está produciendo la sustitución de la curruca zarzera por su prima la curruca familiar, especie más termófila.



3. Ascendiendo cota. El colirrojo tizón y el pardillo. Por el contrario, especies tradicionalmente dominantes en estos ecosistemas y en los enebrales y sabinares de alta montaña van desapareciendo progresivamente como es el caso de la colibita 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 los 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.

Unos ganan y otros pierden



3. Ascendiendo cota. El colirrojo tizón y el pardillo.



3. Ascendiendo cota. El colirrojo tizón y el pardillo.



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.



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.

● Esta mariposa, llamada 'pavón diurno', llegó con las últimas glaciaciones y ahora busca su refugio climático más adecuado remontando por las curvas

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 papilionídeos 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 las alas.

HÁBITAT

En Sierra Nevada se encuentra entre los 1.700 metros, en el límite superior del roblelinal 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 rupestris*, 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 zona, 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 y pasan el día *parulando* en busca de hembras vírgenes. Las hembras son sedentarias, suelen estar permanentemente en reposo en el suelo o encima de p troncos 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



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



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 crecimiento urbano 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*) fue descrita a finales del XIX, cuyo carácter morfológico más llamativo es la presencia de ocelos de color canela-anaranjado, que se vuelven amarillos al volar. Su característica aparece tanto en los ejemplares descritos cerca de Sierra de Baza —una única población con y de Gádor, aunque desde los años 80 del siglo se considera extinta una subespecie. Una cu subespecie se ha citado por parte de María, en este caso



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 Gloconia (Global Observation Research Initiative in Alpine Environments), una Red de Seguimiento de los efectos del cambio climático sobre la

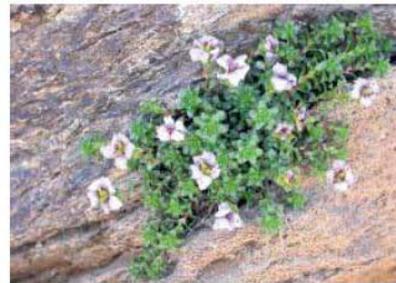
biodiversidad de la flora alpina que tuvo su origen en el año 2001 en 17 cordilleras europeas y que en la actualidad se ha extendido a un centenar de montañas de los cinco continentes.

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 como 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-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 de bosque como en los pisos bioclimáticos superiores del oro y del crioromediterráneo, 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 cascajares o *Lepidium sylvatum*, 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*), el cardo azul o cardo cuco de Sierra Nevada (*Eryngium glaciale*) o el cerriljo (*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 o 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.

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 alóticas 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 Soportéjar y Lanjarón se pueden considerar abundantes en términos de biomasa, lo que evidencia el delicado estado de ese 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



JOSÉ MIGUEL SÁNCHEZ



IN CALAMITA FERNÁNDEZ

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 desecciones 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 entendiendo los ríos como cauces de vida y no sólo como 'tuberías' que conducen el agua.

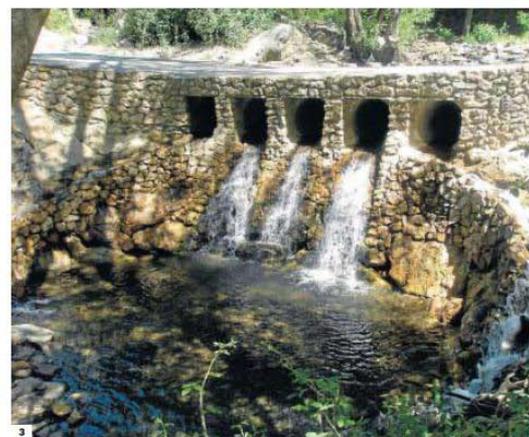
UNA ESTRATEGIA ADAPTATIVA

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 frescos son el hábitat óptimo para la trucha común. 2. Realización de pesca eléctrica para estudio de las poblaciones. 3. Una escalera truchera realizada para eliminar barreras para el paso de la especie.

observado que la respuesta poblacional de las truchas a las variaciones en el caudal de los ríos no es inmediata, sino que presenta un retraso de dos años. Es decir, ante un año de sequía, la población de truchas disminuye durante los dos años siguientes, mientras que ocurre el proceso inverso tras un año lluvioso. Del mismo modo, los datos recabados por el Observatorio de Cambio Global también han podido constatar el efecto nocivo de las lluvias torrenciales sobre la disminución de las poblaciones de trucha común. En este caso, la recuperación de las poblaciones tras las avenidas (que producen descensos bruscos en las comunidades estudiadas) se produce de manera prácticamente inmediata. Estas respuestas probablemente se deban a la adaptación de las poblaciones de trucha común a estos fenómenos relativamente frecuentes en Sierra Nevada.

Sin embargo hay factores que limitan esta recuperación de la especie, ya que aunque aumente considerablemente el número de alevines tras estos fenó-



IGNACIO HENARES

jas temperaturas del agua y los periodos de incubación más largos. En su área de distribución natural la fecha media de fieza 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 Castril 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 desiertos 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 Medierránea.

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



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.



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, esos dos últimos especialmente dedicados a las tareas de divulgación de los resultados al conjunto de la sociedad.

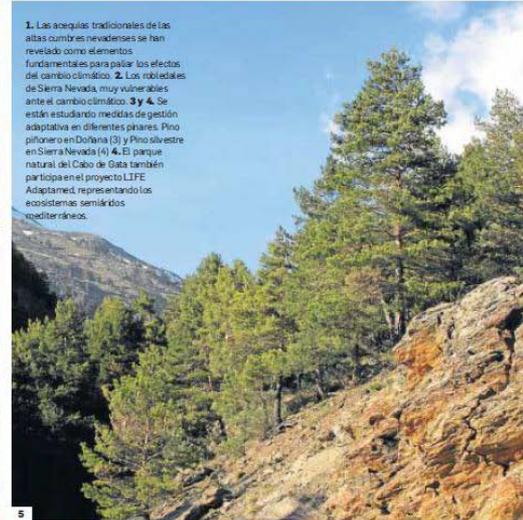
En el proyecto se aprovecha que la región andaluza es un gran laboratorio natural con dos gradientes: el que va desde la costa atlántica hasta la mediterránea y el que va desde el nivel del mar hasta las mayores cumbres de la

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 del 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.



1. Las acequias tradicionales de las altas cumbres nevadenses se han revisado 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 semiáridos mediterráneos.

CONCEPTOS CLAVES

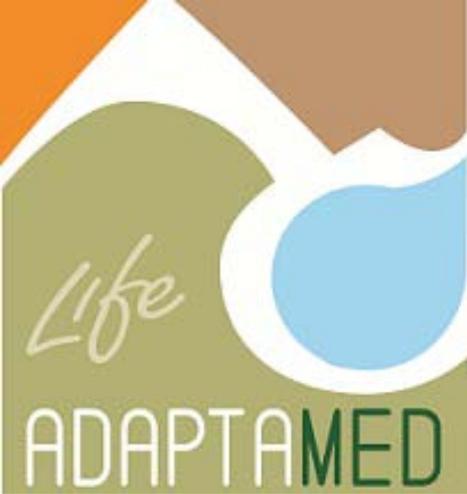
- **GESTIÓN ADAPTATIVA:** Es el proceso iterativo de planificación, implementación y modificación de las estrategias de gestión en un contexto de incertidumbre y de cambio constante. El objetivo final es mantener la capacidad de los ecosistemas de proveer de bienes y servicios a la sociedad.
- **RESILIENCIA:** Capacidad de los ecosistemas de recuperar su función/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 rela-

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 aquéllas ac-

ciones 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)



Objetivo general:

Aplicar medidas de gestión para el fortalecimiento a medio y largo plazo de la persistencia de servicios ecosistémicos especialmente vulnerables al Cambio Climático mediante el incremento de la resiliencia de ecosistemas clave.

Objetivo específico:

Desarrollar y difundir herramientas que permitan a gestores y otros grupos de interés afrontar los riesgos de pérdida de servicios ecosistémicos causados por el Cambio Climático en otras áreas mediterráneas con riesgos equiparables
(Proyecto Demostrativo)



ÁMBITO DE ACTUACIÓN

RED DE OBSERVATORIOS DE CAMBIO GLOBAL DE ANDALUCÍA



Sierra Nevada

Escala nacional e internacional

LTER

UICN

SER-Europe

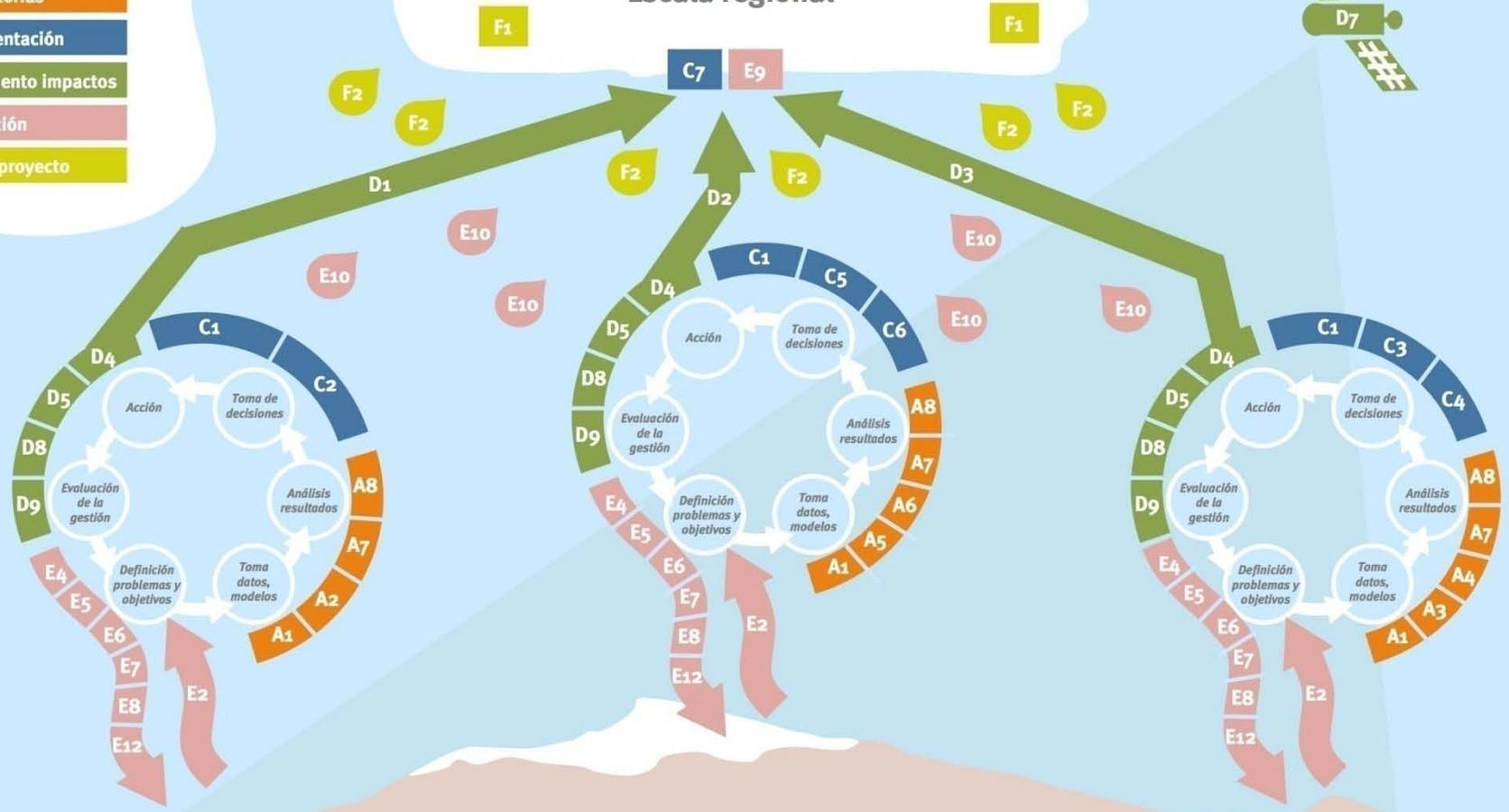
Life

MAGRAMA

Acciones de LIFE ADAPTAMED

- A: Preparatorias
- C: Implementación
- D: Seguimiento impactos
- E: Divulgación
- F: Gestión proyecto

Escala regional



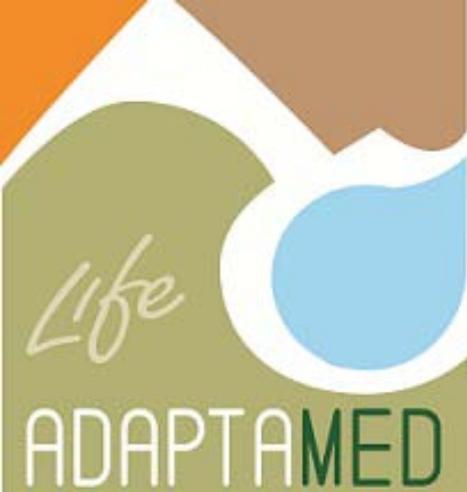
O. Atlántico

Doñana

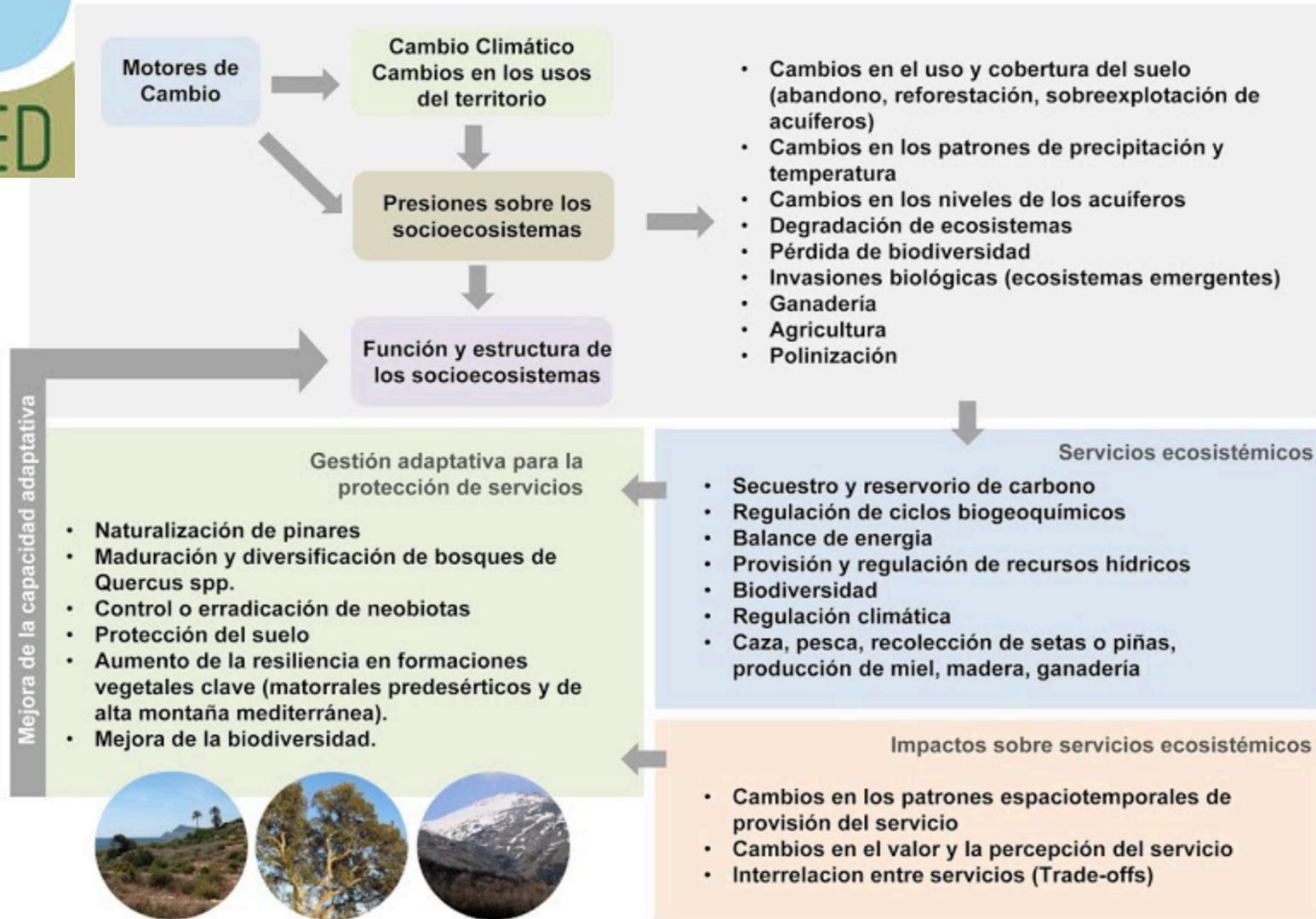
Sierra Nevada

Cabo de Gata

Mediterráneo



Esquema conceptual de Life Adaptamed



Acciones de seguimiento.

- Seguimiento mediante combinación de teledetección y trabajo de campo de las acciones centrales.
- Seguimiento de la efectividad de las acciones de divulgación: estudios socioeconómicos de impacto, encuestas, etc.

Acciones de comunicación y difusión: Fundamentales, dado el carácter demostrativo del proyecto y la vocación de extensión del conocimiento obtenido en el ámbito mediterráneo.

- Plan de comunicación y material divulgativo
- Divulgación local y mejora de gobernanza
- Educación ambiental y programa de voluntariado
- Simposio euromediterráneo de difusión y formación sobre metodologías de adaptación al cambio climático y gobernanza, encuentros científicos-gestores...
- Ventana a la ciencia
- Plataforma web LIFE ADAPTAMED: Difusión, acceso a la información y “Ciencia Ciudadana” sobre Cambio Climático en Andalucía y el Mediterráneo

Acciones de coordinación del proyecto.

Sierra Nevada, una montaña de beneficios



Conoce los beneficios que nos proporciona Sierra Nevada

Formas parte del ecosistema. ¡Adáptate!



PROVISIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Sierra Nevada constituye un enorme reservorio de agua, tanto superficial como subterránea, lo cual repercute tanto a escala local como a escala regional.

⚠️ La reducción en la cantidad y calidad de la capa de nieve de Sierra Nevada está mermando la capacidad para retener recursos hídricos y su aportación posterior a lo largo del periodo de deshielo. Las reservas de agua en los acuíferos también se reducirán.

CAPTACIÓN DE CARBONO

Los ecosistemas de Sierra Nevada contribuyen a la fijación de miles de toneladas de carbono anuales.

⚠️ La ausencia de gestión y los procesos de desertificación y desertización pueden mermar la capacidad de los bosques de Sierra Nevada como sumideros de carbono.

PREVENCIÓN DE CATÁSTROFES NATURALES

Las masas forestales de Sierra Nevada contribuyen a prevenir la erosión en laderas y la pérdida de suelo. Esto tiene importantes repercusiones en el ecosistema y también en la prevención de catástrofes naturales.

DETERIORO DE LAS MASAS FORESTALES

El cambio climático provoca una mayor incidencia de plagas forestales, así como fenómenos de decaimiento forestal e incendios. Este deterioro incrementará la frecuencia de deslizamientos de ladera y grandes avenidas ante episodios de lluvias torrenciales.

FOMENTO DE LA BIODIVERSIDAD

Permite la presencia de una comunidad diversa de polinizadores silvestres (por ejemplo abejas) y de especies que contribuyen a la función ecológica de la dispersión de semillas y la regulación de especies-presa. Los ecosistemas más diversos son más resistentes al cambio climático.

PÉRDIDA DE HABITATS NATURALES

La pérdida de hábitats naturales y la entrada de especies exóticas e invasoras implican una pérdida neta de biodiversidad. Con ella, desaparecerán funciones ecológicas tan sustanciales como la polinización, la dispersión de semillas y multitud de equilibrios biológicos.

USOS RECREATIVOS

Un ecosistema equilibrado y mejor gestionado es un lugar más atractivo y con mayor capacidad de albergar usos recreativos. Es necesario incrementar el valor paisajístico, mejorar la biodiversidad e introducir la componente humana en la gestión de los ecosistemas. El ecoturismo sostenible es un motor de desarrollo económico y también de adaptación cambio climático.

PÉRDIDA DE USOS TRADICIONALES

La paulatina desaparición del pastoreo, la ganadería y la agricultura tradicionales, así como los cambios en las técnicas ancestrales de manejo del agua y en los usos del territorio pueden suponer un menoscabo considerable para la biodiversidad y el valor paisajístico.



Superficie
172.238 Ha

Población
96.019 Hab

Municipios
60

Servicio **Amenaza**

Foto: José Miguel Barea

El cambio climático está afectando a la calidad de los servicios que prestan los espacios protegidos a la sociedad. El objetivo de Life ADAPTAMED es desarrollar medidas de gestión que ayuden a los ecosistemas de Cabo de Gata-Níjar, Doñana y Sierra Nevada a adaptarse a estos cambios.



Universidad de Granada



ÍNDICE

I.- PRESENTACIÓN

II.- INTRODUCCIÓN

1. Sierra Nevada espacio protegido
2. Educación ambiental en Espacios Naturales Protegidos

III.- PROPUESTA DIDÁCTICA

1. Descripción
2. A tener en cuenta
3. Objetivo
4. Destinatarios
5. Contenidos
6. Descripción de las Competencias Básicas
7. Metodología
8. Temporalización
9. Evaluación
10. Criterios de Evaluación
11. Descripción de las actividades

11.1. Actividades para la formación

- Para el conocimiento de Sierra Nevada
 - 1ª. Introducción
 - 2ª. Biodiversidad
 - 3ª. Presencia humana
- Para el estudio de sus problemas ambientales
 - 1ª. Introducción
 - 2ª. Nuevos usos del suelo
 - 3ª. Especies desaparecidas
 - 4ª. Incendios forestales
 - 5ª. Cambio climático

11.2. “Trabajamos por Sierra Nevada”

- 1ª Tarea: Haz un informe-diagnóstico del Parque Natural y Nacional de Sierra Nevada en tu municipio
- 2ª Tarea: Realiza acciones para resolución de problemas detectados
- 3ª Tarea: Da a conocer tu estudio y propuestas al resto de la comunidad



Objetivos didácticos	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Aumentar la riqueza en el vocabulario específico del área.	X						
Saber construir un discurso: ser cuidadoso en la precisión de términos, encadenamiento de ideas, expresión verbal.	X						
Adquirir la terminología específica sobre seres vivos y sobre objetos y fenómenos naturales.	X						
Utilizar herramientas matemáticas tales como medidas, escalas, tablas o representaciones gráficas.		X					
Interpretar el mundo físico a través de los conceptos aprendidos.			X				
Saber definir problemas, estimar soluciones y elaborar estrategias.			X				
Diseñar pequeñas investigaciones.			X				
Analizar resultados y comunicarlos.			X				
Observar el mundo físico, obtener información y actuar de acuerdo con ella.			X				
Conocer las implicaciones de la actividad humana en el medio ambiente.			X				
Buscar soluciones para avanzar hacia el logro de un desarrollo sostenible.			X				
Participar en la toma de decisiones en torno a problemas locales y globales planteados.				X			
Saber utilizar un ordenador de forma básica.				X			
Saber buscar en internet de forma guiada.				X			
Utilizar las tecnologías de la comunicación y la información para tener una visión actualizada de la actividad científica.				X			
Comprender la realidad social en la que se vive.				X			
Ser conscientes del papel de la sociedad en el avance de la ciencia.				X			
Conocer las manifestaciones culturales de nuestro entorno.					X		
Valorar la diversidad cultural de nuestro entorno.					X		
Desarrollar técnicas para aprender, organizar, memorizar y recuperar la información.						X	
Hacer resúmenes, esquemas o mapas mentales y conceptuales.						X	
Reflexionar sobre qué y cómo se ha aprendido.							X
Adquirir procedimientos de análisis de causas y consecuencias.							X
Participar en la construcción de soluciones.							X
Tener habilidad para iniciar y llevar a cabo proyectos.							X

• Actividades para el estudio de los problemas ambientales de Sierra Nevada

1º jornada. Introducción. 40 minutos

- Ficha de evaluación previa
- El juego del valle

2ª jornada. Nuevos usos del suelo. 85 minutos

- Lluvia de ideas sobre algunas actividades
- Relato "La Gran Barrera"
- Análisis poesía "Laguna de las Yeguas"

3ª jornada. Especies desaparecidas. 75 minutos

- Trabajo sobre especies desaparecidas
- Relato "El lobo Serón"
- Trabajo sobre especies amenazadas

4ª jornada. Incendios forestales. 85 minutos

- Relato "El pájaro enterrabellotas"
- El juego del fuego
- Análisis poesía "Tello"

5ª jornada. Cambio climático. 55 minutos más la actividad de fuera de clase

- Trabajo sobre dos aves de Sierra Nevada
- Il parte del juego de los pisos bioclimáticos
- Recopilación de anécdotas e historias.



TAREA 1: HAZ UN INFORME-DIAGNÓSTICO DEL PARQUE NATURAL Y NACIONAL DE SIERRA NEVADA EN TU MUNICIPIO

Actividades	Ejercicios
a) Itinerario por la zona del parque más próxima a nuestro municipio	Toma de datos sobre el estado de los ecosistemas visitados
b) Encuesta sobre el conocimiento de Sierra Nevada entre familiares	Elabora y realiza encuesta y analiza resultados
c) Entrevista sobre Sierra Nevada a acequero, empresario turístico y agente de medio ambiente.	Elabora, realiza entrevista y analiza resultados

Temporalización	Recursos	Escenario	Metodología
a) 1 día	Mochila y cuaderno de notas	Medio natural del pueblo	Investigación guiada
b) 1 día	Ordenador e impresora	Aula y casa	Trabajo grupal guiado
c) 1 día	Ordenador e impresora	Aula y pueblo	Trabajo grupal guiado

TAREA 3: DA A CONOCER TU ESTUDIO Y PROPUESTAS AL RESTO DE LA COMUNIDAD

Actividades	Ejercicios
a) Charla sobre Sierra Nevada	Prepara y realiza charla informativa sobre Sierra Nevada a sus vecinos
b) Utiliza nuevas tecnologías para publicitar el trabajo	Realiza un blog para publicar lo trabajado

Temporalización	Recursos	Escenario	Metodología
a) 2 días	Ordenador y cañón	Salón de actos	Trabajo grupal guiado
b) 1 día	Ordenador	Aula	Trabajo grupal



Propuesta Didáctica "Cambio Global en Sierra Nevada"



PROPUESTA DIDÁCTICA "CAMBIO GLOBAL EN SIERRA NEVADA"

Primer curso de Bachillerato



Propuesta Didáctica "Cambio Global en Sierra Nevada"



ÍNDICE

- 1º Introducción
- 2º Presentación
- 3º Objetivo
- 4º Destinatarios
- 5º Contenidos
- 6º Metodología y temporalización
- 7º Evaluación
- 8º Descripción de las actividades
 - Actividades en el aula
 - 1.- Ficha de evaluación previa
 - 2.- Lectura de relato
 - 3- Juego de las culturas
 - 4.- Presentación de diapositivas
 - 5.- Análisis de artículos de prensa
 - Itinerario. Descripción de las paradas



JUNTA DE ANDALUCIA

CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO