



SIERRA  
NEVADA  
PARQUE NACIONAL  
PARQUE NATURAL

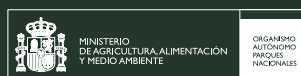


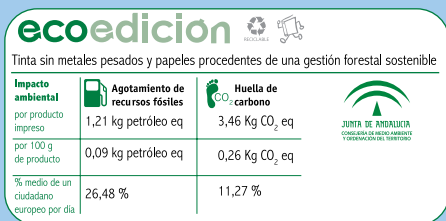
## La huella del Cambio Global en Sierra Nevada: Retos para la conservación

Octubre 2015



Colaboran:





## LA HUELLA DEL CAMBIO GLOBAL EN SIERRA NEVADA: RETOS PARA LA CONSERVACIÓN

**Edita:** Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Junta de Andalucía

**Editores:** Regino Jesús Zamora Rodríguez, Antonio Jesús Pérez Luque, Francisco Javier Bonet García, José Miguel Barea Azcón, Rut Aspizua Cantón.

**Coordinadores Técnicos:** Fco. Javier Sánchez Gutiérrez, Ignacio Henares Civantos.

**Coordinador Científico:** Regino Jesús Zamora Rodríguez.

**Dirección Facultativa:** Blanca Ramos Losada y Fco. Javier Cano-Manuel León.

**Diseño gráfico y maquetación:** Creados Visual S.L.

### Como citar este documento:

Zamora, R., Pérez-Luque, A.J., Bonet, F.J., Barea-Azcón, J.M. y Aspizua, R. (editores). 2015. *La huella del cambio global en Sierra Nevada: Retos para la conservación*. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Junta de Andalucía. 208 pp.

### Una ficha debe citarse como:

Galiana-García, M., Rubio, S. y Galindo, F.J. 2015. Seguimiento de las poblaciones de trucha común. Pp.: 77-80. En: Zamora, R., Pérez-Luque, A.J., Bonet, F.J., Barea-Azcón, J.M. y Aspizua, R. (editores). 2015. *La huella del cambio global en Sierra Nevada: Retos para la conservación*. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Junta de Andalucía.

### Referencias legales específicas:

Decreto 24/2007, de 30 de enero, por el que se declara el Espacio Natural de Sierra Nevada y se regulan los órganos de gestión y participación de los Espacios Naturales de Doñana y Sierra Nevada.

Decreto 238/2011, de 12 de julio, por el que se establece la ordenación y gestión de Sierra Nevada.

Acuerdo de 3 de septiembre de 2002, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba la adopción de una estrategia autonómica ante el cambio climático.

Acuerdo de 5 de junio de 2007, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Plan Andaluz de Acción por el Clima: Programa de Mitigación.

Acuerdo de 3 de agosto de 2010, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Programa Andaluz de Adaptación al Cambio Climático.

Acuerdo de 31 de enero de 2012, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Plan Andaluz de Acción por el Clima: Programa de Comunicación.

### Créditos fotográficos:

José Antonio Algarra Ávila: 17 (inf., izda.); Carmelina Alvares Guerrero: 60; Enrique Ávila López: 32; Rut Aspizua Cantón: 152 (izp.), 155, 163 y 174; José Miguel Barea Azcón: 4, 29, 51, 68, 69, 72, 89, 108, 124, 130, 131, 135, 148, 162, 173, 177 y 204; Francisco Javier Bonet García: 20 y 61; M<sup>a</sup> Teresa Bonet García: 62; CMAOT: 18 y 158; Eva M<sup>a</sup> Cañadas Sánchez: 83; Fernando Castro Ojeda: 180; Antonio Extremera Salinas: 192; Antonio Gómez Ortíz: 38; Emilio González Miras: 104 y 105; Antonio José Herrera Martínez: 115; Javier Herrero Lantarón: 17(sup. e inf., dcha.); José Antonio Hódar Correa: 160.; José Enrique Larios López: 77; Alexandro B. Leverkus: 156; Francisco Megías Puerta: 80; Ricardo Moreno Llorca: 138 y 185; José Miguel Muñoz Díaz: 101, 150; Fco. Javier Navarro Gómez-Menor: 152 (dcha.); Manuel Otero Pérez: 92 y 112; José Vicente Pérez: 175; Antonio Jesús Pérez Luque: 65 y 170; Enrique Pérez Sánchez Cañete: 145 (izda.); Juan Carlos Poveda Vera: 117; Borja Ruiz Reverter: 145 (dcha.); Ramón Sánchez Arana: 46; Cristina P. Sánchez Rojas: 96; Penélope Serrano Ortíz: 145 (centro) y Manuel Villar Argai: 85.

© de la presente edición 2015, Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Junta de Andalucía.

**Depósito Legal:** Gr/1308-2015

**I.S.B.N.:** 978-84-338-5814-6

**Imprime:** Imprenta Luque



# La huella del Cambio Global en Sierra Nevada: Retos para la conservación

Octubre 2015



# Índice

---

## 08 > INTRODUCCIÓN

### OBSERVATORIO DEL CAMBIO GLOBAL DE SIERRA NEVADA: PRIMEROS RESULTADOS

---

## 20 > 1. TENDENCIAS DEL CLIMA PASADO Y PREDICCIONES A FUTURO: RESULTADOS PRELIMINARES

22 > 1.1 Evolución del clima en los últimos 50 años en Sierra Nevada

25 > 1.2. El clima en Sierra Nevada: presente y futuro

30 > Bibliografía

---

## 32 > 2. CARACTERIZACIÓN DE LA CUBIERTA DE NIEVE Y DEL RÉGIMEN TÉRMICO EN LAS CUMBRES DE SIERRA NEVADA

34 > 2.1. Seguimiento de las características físicas de la capa de nieve

37 > 2.2. Degradación de hielos glaciares relictos y *permafrost* en Sierra Nevada

39 > 2.3. Régimen térmico del suelo

41 > 2.4. Análisis de tendencias (2000-2014) en la cubierta de nieve mediante satélite (sensor MODIS)

45 > Bibliografía

---

## 46 > 3. CAMBIOS DE USO DEL SUELO Y DE LA CUBIERTA VEGETAL EN SIERRA NEVADA

48 > 3.1. Reconstrucción de la vegetación a partir del análisis palinológico

51 > 3.2. Análisis de indicadores paleolimnológicos en las lagunas de Sierra Nevada

54 > 3.3. Evolución de los usos del suelo en Sierra Nevada en los últimos 50 años y cambios en el paisaje

57 > 3.4. Análisis histórico de los cambios socio-ecológicos en el municipio de Cádiz (Alpujarra de Sierra Nevada) en los últimos 5 siglos

61 > 3.5. Sistemas históricos de regadío y paisajes culturales de Sierra Nevada

64 > 3.6. La importancia de los usos del suelo pasados en la regeneración natural de quercíneas bajo repoblaciones de coníferas

66 > Bibliografía

---

#### 68 > 4. IMPACTOS DEL CAMBIO GLOBAL EN LOS RÍOS Y LAGOS DE MONTAÑA

- 70 > 4.1. Seguimiento de factores físico-químicos y caudales en los ríos de Sierra Nevada
- 73 > 4.2. Cambios en la riqueza, abundancia y composición de las comunidades de invertebrados bentónicos
- 77 > 4.3. Seguimiento de las poblaciones de trucha común
- 81 > 4.4. Centinelas del cambio global (I): las algas mixotróficas en La Laguna de La Caldera
- 84 > 4.5. Centinelas del cambio global (II): los consumidores herbívoros en La Laguna de La Caldera
- 90 > Bibliografía

---

#### 92 > 5. TENDENCIAS POBLACIONALES

- 94 > 5.1. Comunidades vegetales de alta montaña: GLORIA
- 97 > 5.2. Tendencias de la flora de Sierra Nevada
- 102 > 5.3. Anfibios y cambio global en Sierra Nevada
- 106 > 5.4. Cambios en las comunidades de aves de Sierra Nevada
- 109 > 5.5. Dinámica temporal de las poblaciones de aves rapaces rupícolas en Sierra Nevada
- 113 > 5.6. Demografía de poblaciones de ungulados silvestres y prevalencia de enfermedades
- 118 > 5.7. Cambio en los rangos altitudinales de insectos en Sierra Nevada: evidencias del cambio climático
- 121 > Bibliografía

---

#### 124 > 6. FENOLOGÍA

- 126 > 6.1. Cambios temporales en la diversidad, abundancia y fenología de las comunidades vegetales: un estudio de 25 años en los borreguiles
- 128 > 6.2. Cambios en la floración a lo largo de gradientes ambientales
- 131 > 6.3. Fenología de mariposas diurnas en Sierra Nevada
- 136 > Bibliografía

---

#### 138 > 7. CUANTIFICACIÓN DE FLUJOS DE CARBONO EN SISTEMAS NATURALES Y PERTURBADOS: EVALUACIÓN DE FUENTES Y SUMIDEROS DE CO<sub>2</sub>

- 140 > 7.1. Cambios en la productividad de la vegetación mediante teledetección
- 144 > 7.2. Intercambios de CO<sub>2</sub> y vapor de agua a escala de ecosistema
- 147 > Bibliografía

---

## 148 > 8. HACIA UNA GESTIÓN QUE FAVOREZCA LA ADAPTACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES NEVADENSES AL CAMBIO GLOBAL

- 151 > 8.1. Historia reciente de la gestión forestal en Sierra Nevada: Implicaciones para la adaptación al cambio global
- 155 > 8.2. Diseño y seguimiento de la restauración post-incendio en Lanjarón
- 159 > 8.3. Dinámica poblacional de la procesionaria del pino: respuestas a los cambios en el clima y en el manejo forestal
- 162 > 8.4. Naturalización de pinares de repoblación: preparando el bosque para el cambio
- 167 > 8.5. Impactos del cambio global en los robledales de Sierra Nevada: algunas evidencias y recomendaciones de manejo
- 174 > 8.6. Análisis de la susceptibilidad frente a inestabilidades de ladera en el Parque Nacional de Sierra Nevada
- 178 > Bibliografía

---

## 180 > 9. SOCIOECONOMÍA Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

- 182 > 9.1. Evolución y distribución espacial de los flujos de servicios de los ecosistemas del sistema socioecológico del Espacio Natural de Sierra Nevada
- 184 > 9.2. Análisis temporal del bienestar en los municipios del Espacio Natural de Sierra Nevada
- 186 > Bibliografía

---

## 188 > 10. SIERRA NEVADA COMO OBSERVATORIO DEL CAMBIO GLOBAL A ESCALA PLANETARIA

- 190 > 10.1. Seguimiento de la actividad tormentosa en el sistema Tierra a través de la estación ELF “Juan Antonio Morente” de Sierra Nevada
- 193 > 10.2. Seguimiento de contaminantes atmosféricos
- 198 > 10.3. Seguimiento de la deposición atmosférica de aerosoles en Sierra Nevada
- 200 > Bibliografía

---

## 202 > AUTORES

---

## 205 > ÍNDICE DE TÉRMINOS

---

## 207 > AGRADECIMIENTOS





### 3.3. Evolución de los usos del suelo en Sierra Nevada en los últimos 50 años y cambios en el paisaje

Jiménez-Olivencia, Y.<sup>1</sup> ; Porcel-Rodríguez, L. <sup>1</sup> ; Caballero-Calvo, A. <sup>1</sup> y Bonet, F.J.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Granada <sup>2</sup>Instituto Interuniversitario de Investigación del Sistema Tierra en Andalucía, Universidad de Granada

## Resumen

Las diversas estrategias de intervención del hombre en la naturaleza que se han sucedido a través del tiempo han contribuido, en cada periodo histórico, a definir un particular modelo de relaciones hombre-medio. Cada uno de estos modelos influye decididamente en la ordenación del espacio y en la configuración de los paisajes del macizo nevadense. El propósito de esta investigación es hacer un seguimiento de las grandes transformaciones que han tenido lugar en la ocupación del suelo y en la estructura de los paisajes a consecuencia de los profundos cambios que pueden reconocerse entre el contexto social y económico de los años 50 y el contexto actual. Estos cambios han sido muy notables en Sierra Nevada, donde se observa un incremento en la superficie forestal provocado por el abandono de los cultivos y posterior recolonización de la vegetación leñosa por la implantación de las repoblaciones forestales y por la densificación de las masas forestales naturales (encinares y robledales).

#### > Objetivos y metodología

Este estudio persigue tres objetivos concretos:

- Cuantificar la magnitud de las transformaciones que han tenido lugar en los usos del suelo entre 1956 y 2006.
- Identificar las principales dinámicas de cambio relacionándolas con los procesos de transformación del contexto social y económico.
- Establecer la forma en que han afectado estos cambios a la configuración de los distintos tipos de paisaje.

El método utilizado para identificar los cambios en los usos del suelo ha sido la interpretación a escala de detalle de las ortofotografías digitales de los años 1956, 2006 y 2011 [11-13, 15]. A partir de ahí se elaboran sendas cartografías de usos del suelo a escala 1:15.000 para toda Sierra Nevada y a escala 1:5.000 para formaciones vegetales concretas.

Este enfoque diacrónico ha permitido analizar la importancia de la superficie ocupada por cada tipo de cobertura del suelo en cada año, determinando sus variaciones, cuantificando

y localizando dónde se han producido las mayores transformaciones. Todo ello utilizando las herramientas propias que ofrecen los sistemas de información geográfica.

Con objeto de determinar el efecto que estas transformaciones han tenido en el paisaje se han identificado 4 grandes tipos paisajísticos en Sierra Nevada [12], en cada uno de los cuales los cambios en la distribución de los usos del suelo han contribuido a modificar la composición del paisaje en un determinado sentido.

Figura 1



Mapa que muestra los cambios de uso del suelo ocurridos en Sierra Nevada (naranja) desde 1956 hasta 2006.

#### > Resultados

Los cambios experimentados por los paisajes en el último medio siglo afectan al 42,8% de la superficie del Espacio Protegido (Figura 1)

Los mapas de dinámicas de cambio elaborados para cada tipo de cobertura del suelo nos muestran (Figura 2):

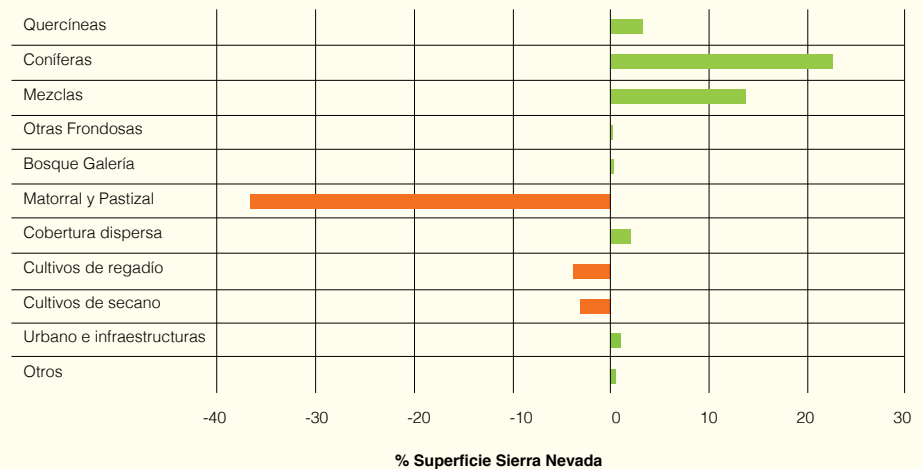
- Un aumento de la superficie de las formaciones arboladas que han pasado de un 15% a un 51,23% de la superficie total del Espacio Protegido.

- Mayor progresión de los pinares sobre los bosques de vegetación autóctona de modo que las quercíneas pasan del 9,92% de la superficie total al 13,29%, en tanto que las coníferas pasan del 2,47% al 24,97%.
- Densificación del arbolado disperso y de los bosques naturales.
- Un desarrollo de las formaciones de ribera en los principales barrancos de la Sierra.
- Una disminución de la superficie ocupada por los campos de cultivo, los cuales ocupaban el 17,08% de la superficie total del Espacio Protegido en 1956, pero sólo el 4,72% en 2006.
- Crecimiento de los espacios urbanos cons-truidos, desde el 0,09% hasta el 0,64%.

Las transformaciones en la distribución de los usos del suelo afectan de manera diferente a los distintos tipos de paisaje de la Sierra:

1. Los paisajes naturales de la alta montaña (zona alpina sin vegetación arbórea):
  - Reforestación con coníferas en espacios potencialmente ocupables por el enebro y el pastizal de alta montaña.
  - Abandono de los cultivos de altura o cultivos de sierra y colonización de los campos por comunidades seriales oromediterráneas.
  - Construcción de la estación invernal y extensión posterior del área urbanizada y de la zona esquiable.
2. Los paisajes forestales de las vertientes umbrías (vertiente norte):
  - Sustitución de matorrales y pastizales de media y alta montaña por grandes extensiones de pinares de repoblación muy densas.
  - Progresión y consolidación del bosque autóctono a partir de formaciones de matorral y pastizal con encinas dispersas. También se observa un ascenso altitudinal en el límite del árbol.
  - Abandono de las prácticas agrícolas de secano y recolonización vegetal espontánea.

**Figura 2**

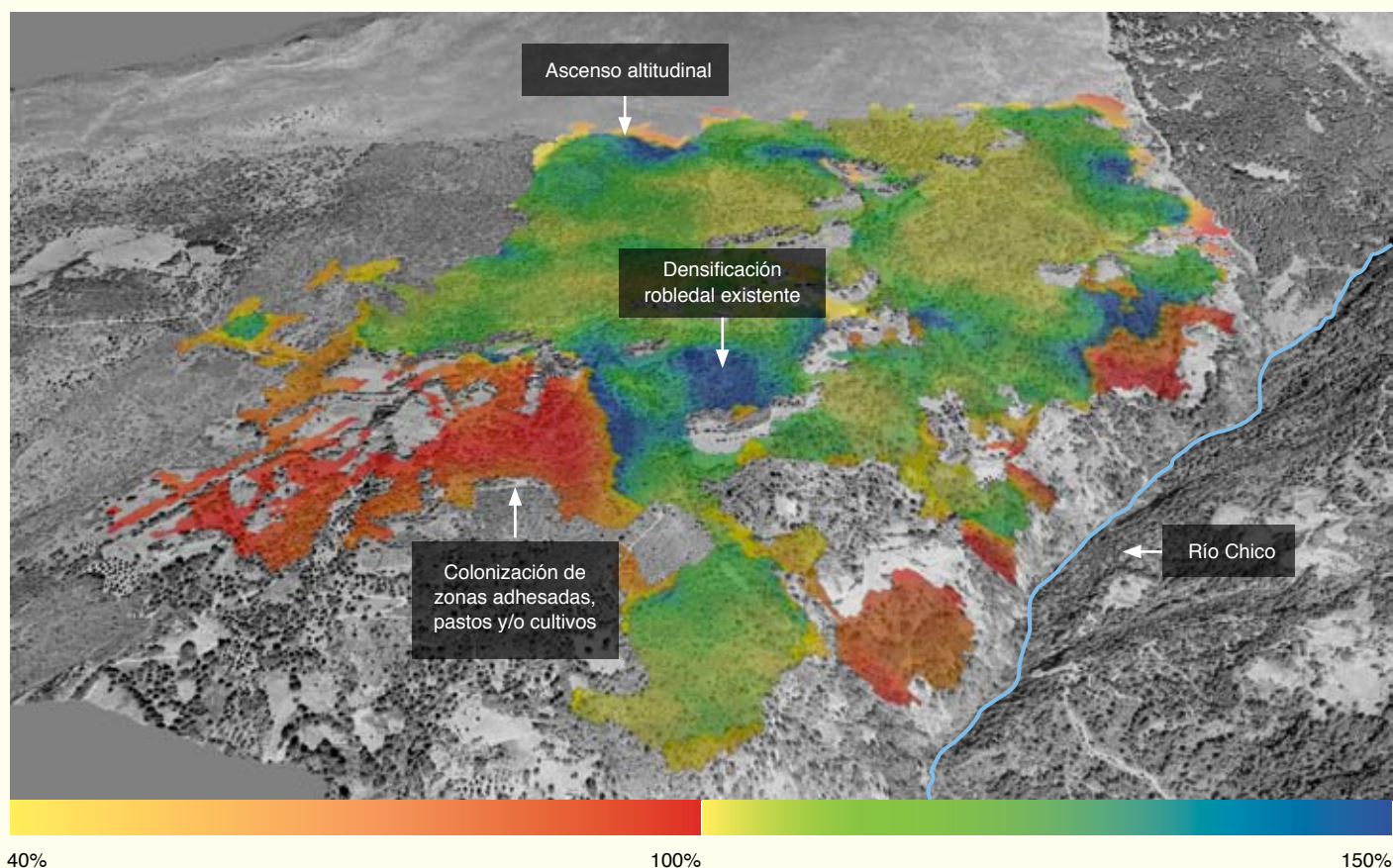


Se muestran los cambios en el porcentaje de ocupación superficial de las formaciones vegetales más importantes de Sierra Nevada. El gran aumento de la superficie de pinares de repoblación y de bosques de *Quercus* parece estar acoplado al descenso en la superficie de matorral y pastizal.

3. Los paisajes calcáreos y agro-forestales de los valles occidentales:
    - Gran extensión de pinares de repoblación que engloban por completo a las masas relictas de *Pinus sylvestris* subsp. *nevadensis*. Sin embargo, estas masas relictas ahora muestran una mayor densidad y superficie arbolada.
    - Consolidación de algunas masas de bosquetes de encinas y robles en las cabeceras de los ríos.
    - Colonización de vegetación natural arbolada en ámbitos agrícolas en abandono.
    - Sustitución de los cultivos mixtos por una arboricultura monoespecífica de olivos o almendros.
    - Ocupación urbana de la zona de contacto con el área metropolitana de Granada (espacios libres del espacio metropolitano).
  4. Los paisajes agro-forestales de la solana de Sierra Nevada (Alpujarra y ladera sur):
    - Reforestación en los espacios cubiertos por matorral y pastizal con grandes extensiones de coníferas.
- Aumento de la superficie ocupada por encinares y robledales de *Quercus pyrenaica*. Además se ha producido una densificación del estrato arbóreo de los robledales y un ascenso altitudinal del límite del árbol en algunas ocasiones (Figura 3)
  - Abandono de gran parte del espacio agrario que se transforma en espacio de colonización de la vegetación natural.
  - Frecuente sustitución de los tradicionales cultivos de herbáceos y mixtos por cultivos arbóreos.
  - Crecimiento de los núcleos de población que afecta a la estructura urbana tradicional y al perfil que éstos muestran desde el exterior.



**Figura 3**



Cambios de densidad y extensión del robleal de Cañar (ladera sur de Sierra Nevada). Los colores amarillos-azules muestran cambios de densidad en lugares en los que tanto en 1956 como en 2006 había un robleal. Se observa una clara densificación de la masa provocada probablemente por la disminución de las actividades agropecuarias. Los colores rojizos muestran cambios de densidad en lugares en los que apenas había robles en 1956 pero sí en 2006. Se trata de lugares donde el robleal ha extendido su distribución. Destaca el ligero ascenso altitudinal en el límite del árbol y el notable proceso de colonización de cultivos y pastizales abandonados.

## ➤ Discusión y conclusiones

Los procesos de reforestación llevados a cabo en el macizo y el abandono del espacio agrícola tradicional constituyen la causa de los cambios más significativos en el periodo estudiado. Junto a ello se observa un incremento de los espacios transformados a causa de la expansión de las actividades de ocio deportivo en la alta montaña occidental y de turismo rural en las poblaciones de la vertiente sur.

Los patrones de cambio observados a escala de Sierra Nevada están fuertemente condicionados por las actividades humanas [14]. Esta actividad secular ha modificado y modificará tanto el funcionamiento de los ecosistemas naturales como su capacidad para producir servicios ecosistémicos, especialmente en un contexto de cambio climático. La interacción de ambos motores de cambio (usos del suelo

+ clima) da lugar a un escenario complejo que deberá ser tenido en cuenta para diseñar mecanismos de adaptación en el futuro inmediato.

## 3.4. Análisis histórico de los cambios socio-ecológicos en el municipio de Cáñar (Alpujarra de Granada) en los últimos 5 siglos

Moreno-Llorca, R.A.; Pérez-Luque, A.J.; Bonet, F.J. y Zamora, R.

Instituto Interuniversitario de Investigación del Sistema Tierra en Andalucía, Universidad de Granada

### Resumen

Para entender los factores que han influido en la distribución y dinámica de la vegetación en la actualidad, es necesario mirar atrás en el tiempo y preguntarnos sobre el manejo humano pretérito en el territorio. En este sentido, la recopilación de información histórica tanto de los usos del suelo como de la distribución de la vegetación constituye un aspecto clave para comprender las implicaciones del cambio global en ámbitos mediterráneos.

#### ➤ Objetivos y metodología

Se ha llevado a cabo un análisis histórico detallado de los cambios de uso del territorio en el municipio de Cáñar (Alpujarra granadina). Se han revisado las fuentes documentales desde 1568 hasta la actualidad (Figura 1), para recabar información acerca de la distribución de la vegetación y cultivos, usos del territorio, y demás variables que pueden estar relacionadas. Se han seleccionado una serie de variables

que permiten describir los cambios ocurridos en la dinámica socioeconómica del municipio y las consecuencias ecológicas de los mismos: población, uso del suelo (superficie de cultivo en regadío, en secano y superficie forestal), densidad arbórea, ganado ovino, uso apícola y sectores económicos (primario, secundario y terciario). Todas las variables se han recopilado a escala municipal a excepción de

las relacionadas con los sectores económicos que son de ámbito provincial. El rango temporal de cada variable difiere según la disponibilidad de datos. Posteriormente mediante una aproximación multidisciplinar se han inferido los cambios ocurridos en el uso del suelo y la dinámica de la vegetación (Figura 2).

#### ➤ Resultados

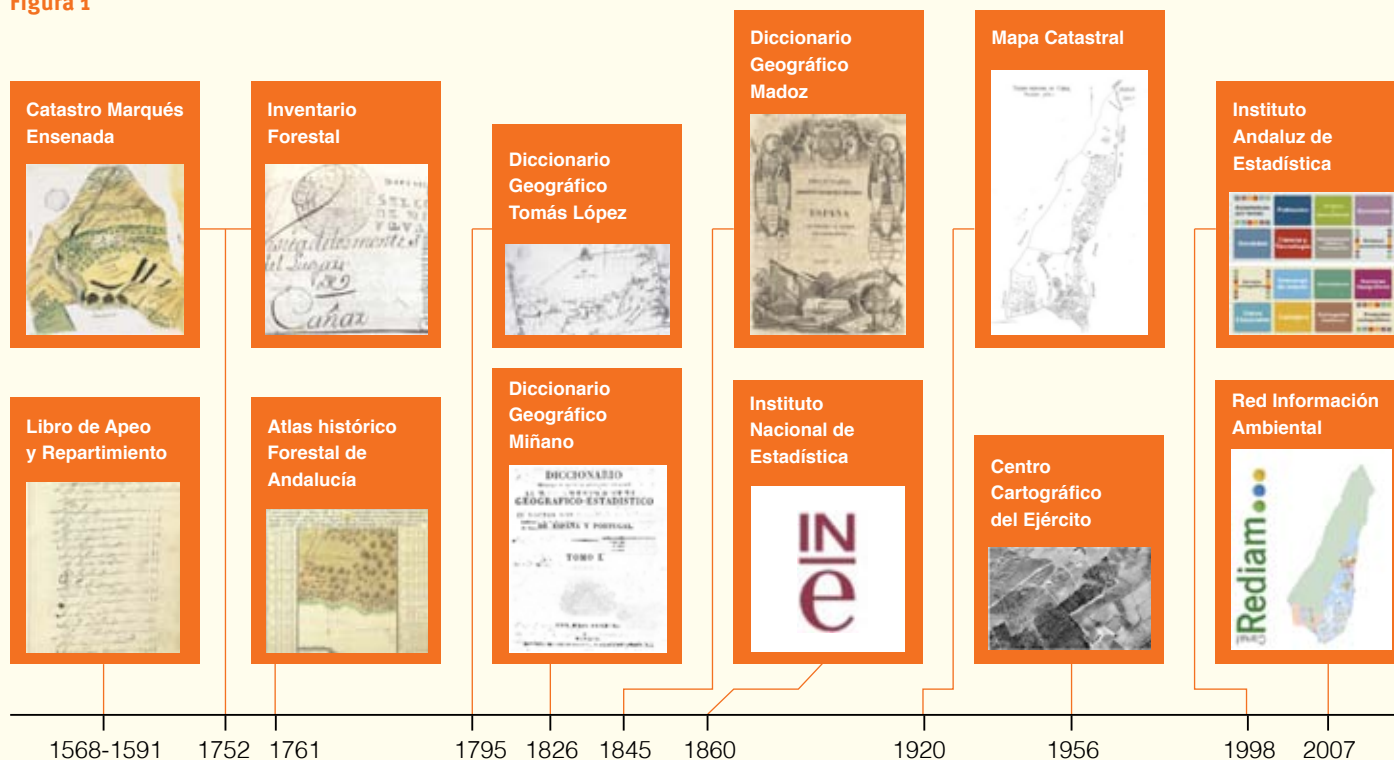
El trabajo de recopilación realizado nos permite reconstruir la evolución de una serie de variables socioeconómicas que están íntimamente relacionadas con los cambios observados en la estructura del paisaje y la vegetación. Estas relaciones se mantienen en la actualidad. Su descripción y análisis nos ayudarán a mejorar la forma en la que se manejan los recursos naturales en un contexto de cambio global. Desde la repoblación que llevaron a cabo los Reyes Católicos en 1571 tras la expulsión de los moriscos se produce un repunte continuado de la población hasta alcanzar el máximo a finales del siglo XIX. A partir de este momento el número de habitantes se mantiene con ciertas

oscilaciones hasta la década de 1960. Desde entonces y coincidiendo con la crisis de la montaña española [16] la población en Cáñar y resto de la Alpujarra comienza un descenso muy acusado.

La fecha de inicio del declive demográfico coincide con un descenso muy marcado en los aprovechamientos ganaderos y apícolas (Figura 2). Esta tendencia se mantiene hasta la actualidad. Los campos de cultivo abandonados han sido colonizados por formaciones de vegetación natural, observándose un aumento en la superficie forestal desde mediados del siglo XX hasta la actualidad.

Las tendencias anteriores también se muestran en indicadores económicos por sectores: el sector primario se reduce drásticamente. Mientras que en el resto de la provincia este declive se hace a favor del sector secundario y terciario, en el caso de Cáñar y la Alta Alpujarra tiene más relación con la emigración fuera de Granada (norte de España y extranjero).

Figura 1



Conjunto de fuentes documentales empleadas en el trabajo.

## ➤ Discusión y conclusiones

Los cambios en la población y sus costumbres han marcado la huella del hombre en Sierra Nevada. Estos cambios han provocado sucesivas alteraciones en los patrones de aprovechamientos de los recursos naturales y también de los usos del suelo. Los primeros datos de población disponibles datan de la época del levantamiento de los moriscos y la guerra posterior (1568-1571). En esta etapa se practicó por ambos bandos la técnica de “la tierra quemada” que consistía en la destrucción de las infraestructuras, que afectó gravemente a la compleja red de riego por acequias [17]. Este hecho sumado al desconocimiento de las técnicas de riego y careo por parte de los pobladores que vinieron y a su cultura cerealística y ganadera, provocó un abandono importante del regadío. En 1571 tras la expulsión de los moriscos se implantó una agricultura ex-

tensiva basada en cultivos herbáceos y se rotaron amplias zonas boscosas para ello [18].

Esta agricultura de secano se prolonga hasta finales de siglo XVIII cuando se produce un cambio de modelo agrícola. El riego vuelve a retomar el protagonismo a través de la sustitución del cultivo herbáceo por el viñedo. Se trata de una época donde aumenta significativamente la producción agrícola.

La actividad agrícola se intensifica desde finales del siglo XVIII hasta finales del XIX, cuando se exportan fuera de Cañar la seda y los productos elaborados en la fábrica de aguardiente y en cuatro molinos harineros [19]. En esta época, Cañar llega a su máximo poblacional (1.063 habitantes). A partir de ahí, la llegada de la filoxera

(plaga que afecta a la vid) y de la epidemia de cólera (1885), hicieron fluctuar a la población con fuertes emigraciones a Argentina y Brasil. La fuerte presión antrópica, traducida en roturación de espacios forestales, explotación de madera e incendios forestales provocaron la desaparición del 90% de la superficie ocupada por frondosas (encinares y robledales) que se presentaban en laderas medias y bajas [12]. La última tala masiva se produjo en 1930. Esta situación provocó unos procesos erosivos y continuas inundaciones que hicieron que las propias administraciones locales y los afectados reclamaran actuaciones que paliaran estas catástrofes continuas en el Guadalfeo desde 1860 [12]. Las primeras obras de reforestación comenzaron en 1929 en los ríos Sucio (Lanjarón) y Chico (Cañar y Soportújar) principalmente con

*Pinus pinaster* y *Pinus uncinata*. En la actualidad los pinares de repoblación son un elemento importante del paisaje.

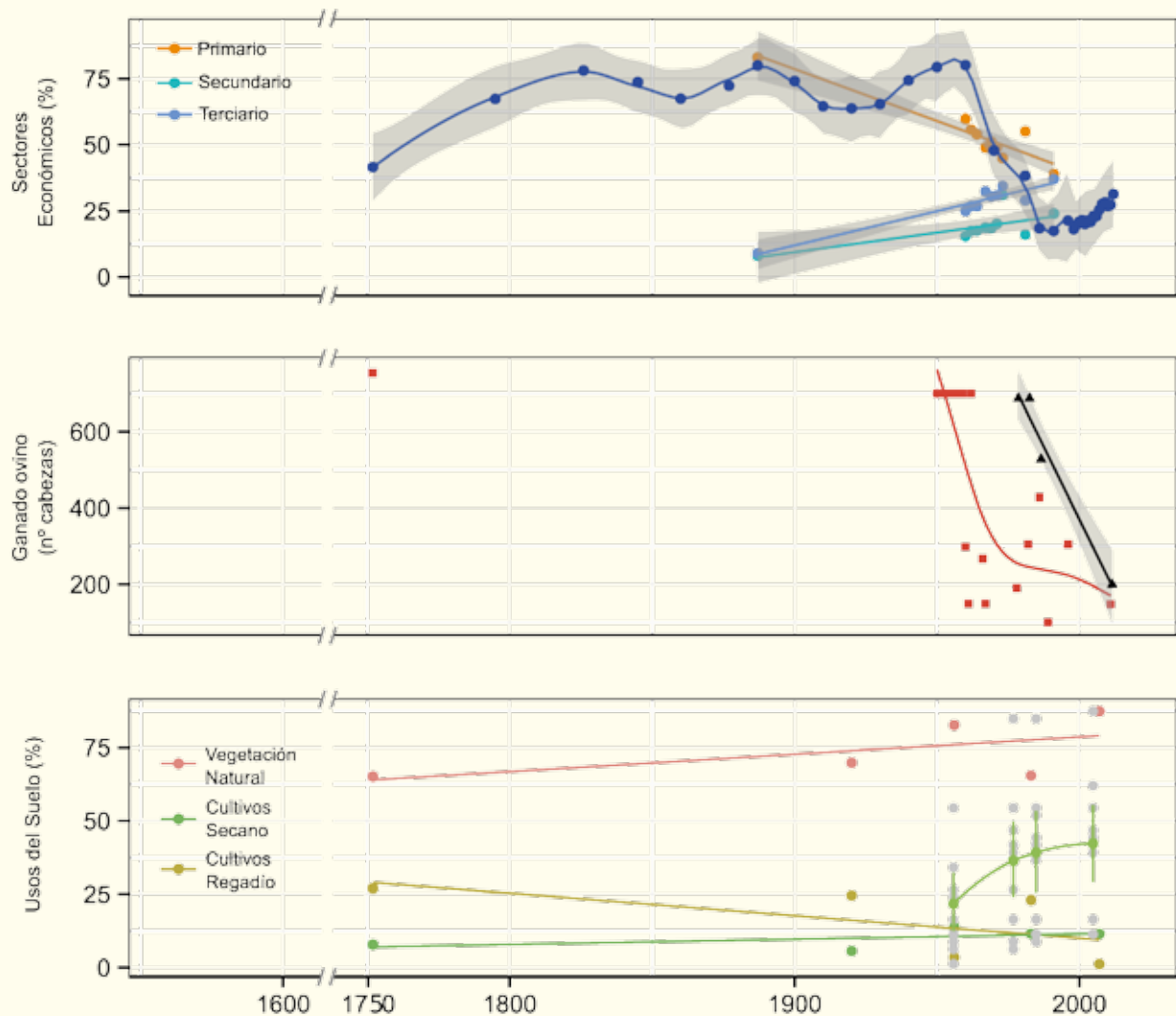
La situación de guerra y postguerra sufrida en España ayudó a mantener la población hasta finales de 1960, dada la dificultad de emigrar y la posibilidad de mantener una vida de

subsistencia a base de ganadería y agricultura [20].

A partir de esta fecha, se produce una fuerte emigración y abandono masivo de la agricultura y ganadería. Entre finales de los cincuenta hasta finales de los setenta se produce el abandono de las parcelas de cultivos más altas y menos accesibles. A partir de 1974

comienza el abandono de parcelas de laderas más bajas. Este abandono se modera en los años 80, donde nos encontramos con mucha frecuencia mosaicos de cultivos con parcelas abandonadas. Esta situación propicia que los encinares y robledales se regeneren en los campos abandonados. Por lo tanto, hay dos momentos en los que los cultivos herbáceos

**Figura 2**



Evolución de diferentes variables estudiadas desde 1568 hasta la actualidad.



dan paso a nuevas formaciones: a finales del siglo XVIII en cotas más bajas donde son sustituidos artificialmente por cultivos leñosos (viñedo en su mayoría) y a partir de 1957 donde lo que se produce es un abandono generalizado de los usos agroganaderos y un comienzo de la recolonización de los campos abandonados por la vegetación nativa.

En la Figura 2 podemos observar la coincidencia en el tiempo del aumento de la superficie forestal

con el abandono agrícola y ganadero. Otros usos similares como el apícola reflejan también el abandono del sector primario.

En las últimas dos décadas, coincidiendo con la declaración del Parque Natural, la población de Cañar comienza una leve recuperación. En esta época, en el valle del Poqueira (en gran parte por el auge del turismo) y en el río Chico, se ha visto renacer una cierta actividad ligada a la plantación de árboles frutales y su puesta en regadío [18].

Los resultados obtenidos no solo contribuyen a mejorar nuestra comprensión de la historia del territorio, sino que nos permiten conocer la situación del sistema a la hora de enfrentar los impactos del cambio global. Diversas funciones ecológicas clave para la generación de servicios ecosistémicos (producción de biomasa, creación de suelo, etc.) están condicionadas por el uso del suelo en el pasado.



Cultivos en la subida al Robledal de Cañar en los años 70.

## 3.6. La importancia de los usos del suelo pasados en la regeneración natural de quercíneas bajo repoblaciones de coníferas

Pérez-Luque, A.J.; Navarro, I.; Bonet, F.J. y Zamora, R.

Instituto Interuniversitario de Investigación del Sistema Tierra en Andalucía, Universidad de Granada

### Resumen

La regeneración natural bajo repoblaciones forestales depende del grado de degradación del sitio, la proximidad a las fuentes semilleras, la disponibilidad de dispersores y de las características intrínsecas de las plantaciones (densidad, altitud, radiación, etc.). Sin embargo, hasta la fecha, ningún trabajo ha analizado explícitamente la influencia simultánea del uso del suelo en el pasado y de los factores ecológicos en la regeneración del bosque autóctono en repoblaciones forestales. Esto es de gran importancia en ecosistemas mediterráneos que han estado sometidos a una larga historia de intervención humana, como ocurre en Sierra Nevada. En este trabajo se ha analizado la regeneración natural de *Quercus* en repoblaciones de coníferas en función del uso del suelo en el pasado y de factores ecológicos. Los resultados obtenidos indican que el uso del suelo en el pasado tiene más importancia en la regeneración natural que la distancia a la fuente semillera y la densidad de la plantación. De hecho, existe un gradiente de regeneración natural en función del gradiente de intensidad de uso en el pasado: a mayor intensidad de uso en el pasado (cultivos) menor regeneración natural se observa en la actualidad y viceversa. Estos resultados ponen de relieve la importancia de considerar el uso del suelo en el pasado cuando se valore el potencial de recuperación de vegetación autóctona en las plantaciones de pinos.

### ➤ Objetivos y metodología

La hipótesis de partida es que la regeneración del bosque natural en las repoblaciones forestales depende en gran medida del uso del pasado (*legacies*) anterior al establecimiento de la repoblación. En este sentido, se pretende comprender la importancia del uso del suelo y de factores ecológicos en la regeneración natural. Para ello se ha analizado la cantidad de regeneración natural de quercíneas en pinares de repoblación en función del uso del suelo

en 1956 y de factores ecológicos: densidad de la repoblación y distancia a la fuente semillera [26, 29]. Se seleccionaron 168 parcelas, procedentes del inventario forestal de Sierra Nevada (*Sinfonevada*, [27]), que presentaban una cobertura arbórea de pinos superior al 75 % y localizadas por debajo de 1.900 msnm (límite fisiológico para quercíneas). Mediante fotointerpretación se asignó a cada parcela su uso del suelo en 1956. Se establecieron cuatro

niveles (gradiente de intensidad de uso): bosques de quercíneas, matorrales, pastos y cultivos. La distancia a la fuente semillera se calculó como la distancia media de cada parcela a la fuente semillera en 1956 y en la actualidad. Para determinar la contribución de cada factor (usos del suelo en 1956; densidad de la plantación y distancia a fuente semillera) a la regeneración natural se llevaron a cabo modelos individuales y combinados.

### ➤ Resultados

El modelo que mejor explica la regeneración natural es aquel que incluye todos los factores analizados (modelo completo): usos del suelo en 1956, distancia a fuente semillera y densidad del pinar. El análisis de los modelos individuales mostró que el tipo de uso en 1956 es el factor que mejor explica la regeneración natural bajo pinares de repoblación [29, 30].

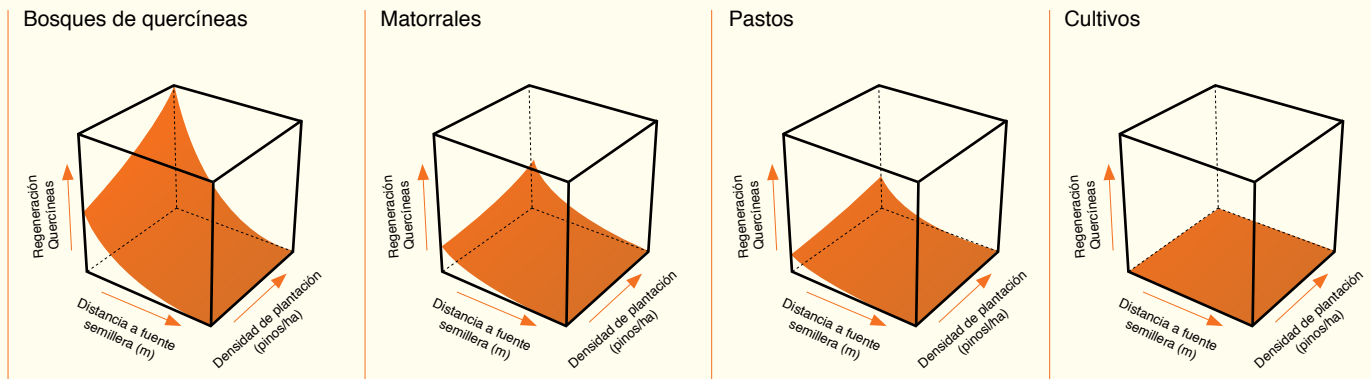
La probabilidad de encontrar regeneración es mayor en las parcelas que eran monte de quercíneas en el año 1956, que en aquellas parcelas

que presentaban otro tipo de uso (matorrales, pastos y cultivos). Por otro lado, la densidad de regenerados (número de plántulas por m<sup>2</sup>) está muy influenciada por el tipo de uso de suelo en 1956. A valores óptimos de densidad de pinos (ver [26]) y a distancia cero de la fuente semillera, los valores esperados de regeneración de quercíneas fueron de 0,01 plántulas/m<sup>2</sup> para parcelas que en 1956 eran cultivos (mas degradado), 0,11 plántulas/m<sup>2</sup> si eran pastos, 0,17 plántulas/m<sup>2</sup> para aquellas que eran matorrales y 0,38 plántulas/m<sup>2</sup> cuando eran encinares

(menos degradado) (Figura 1). La distancia a la fuente semillera afecta significativamente tanto a la probabilidad de encontrar regeneración natural bajo los pinares como a la abundancia de regenerado. Los valores esperados de regeneración disminuyen exponencialmente con la distancia a la fuente semillera (Figura 1). Por otro lado, la densidad de los pinares influye significativamente en la cantidad de regenerado natural que encontramos (Figura 1).



Figura 1



Regeneración natural de quercíneas bajo pinares de repoblación en función del tipo de uso de suelo en el pasado (uso en 1956: bosques de quercíneas, matorrales, pastos y cultivos), de la distancia al fuente semillera y de la densidad de la repoblación forestal.

## ➤ Discusión y conclusiones

Se han identificado diversos factores ecológicos que afectan a la regeneración natural bajo repoblaciones de coníferas [26, 28], como la proximidad a la fuente semillera, las características internas de plantación (densidad, altitud, radiación, heterogeneidad espacial). Sin embargo ningún trabajo hasta la fecha ha puesto de manifiesto la importancia del uso del pasado en la regeneración natural. Nuestros resultados indican que la regeneración natural en repoblaciones forestales depende más del tipo de uso de suelo

en el pasado que de factores ecológicos. Además se ha encontrado un gradiente de regeneración que coincide con el gradiente de intensidad de uso, o dicho de otro modo, la intensidad de uso en el pasado afecta a la regeneración natural en el presente.

Estos resultados indican que el peso del pasado (usos del suelo) determina en gran medida la regeneración natural bajo pinares, aparte de otros factores ecológicos como las condiciones

abióticas, estructura del paisaje y la composición de la vegetación [26, 28]. En este sentido, las actuaciones de gestión en repoblaciones de coníferas han de tener en cuenta no solo los factores ecológicos actuales de las repoblaciones, sino también el uso anterior al establecimiento de la repoblación.



Regeneración de roble melojo (*Quercus pyrenaica*) bajo pinares de repoblación.

# Bibliografía

➤ Más referencias en [http://refbase.iecolab.es/ref\\_dossier\\_resultados.html](http://refbase.iecolab.es/ref_dossier_resultados.html)

## 3.1 Reconstrucción de la vegetación a partir del análisis palinológico

- [1] Anderson, R.S.; Jiménez-Moreno, G.; Carrión, J.S. & Pérez-Martínez, C. (2011). Postglacial history of alpine vegetation, fire, and climate from Laguna de Río Seco, Sierra Nevada, southern Spain. *Quaternary Science Reviews*, 30: 1615–1629.
- [2] Jiménez-Moreno, G. & Anderson, R.S. (2012). Holocene vegetation and climate change recorded in alpine bog sediments from the Borreguiles de la Virgen, Sierra Nevada, Southern Spain. *Quaternary Research*, 77: 44–53.
- [3] Jiménez-Moreno, G.; García-Alix, A.; Hernández-Corbalán, M.D.; Anderson, R.S. & Delgado-Huertas, A. (2013). Vegetation, fire, climate and human disturbance history in the southwestern Mediterranean area during the late Holocene. *Quaternary Research*, 79 (2): 110–122.
- [4] Pons, A. & Reille, M. (1988). The holocene and upper pleistocene pollen record from Padul (Granada, Spain): A new study. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 66 (3-4): 243–263.
- [5] Fernández, S.; Fuentes, N.; Carrión, J.S.; González-Sampériz, P.; Montoya, E.; Gil, G.; Vega-Toscano, G. & Riquelme, J.A. (2007). The Holocene and Upper Pleistocene pollen sequence of Carihuela Cave, southern Spain. *Geobios*, 40 (1): 75–90.

## 3.2 Análisis de indicadores paleolimnológico en las lagunas de Sierra Nevada

- [6] Battarbee, R.W.; Jones, V.J.; Flower, R.J.; Cameron, N.G.; Bennion, H.; Carvalho, L. & Juggins, S. (2001). *Diatoms*. Pp: 155-202. En: Smol, J.P., Birks, H.J.B., Last, W.M. (Eds.), *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments, Terrestrial, Algal, and Siliceous Indicators*, vol. 3. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- [7] Michelutti, N.; Wolfe, A. P.; Vinebrooke, R. D.; Rivard, B. & Briner, J. (2005). Recent primary production increases in Arctic lakes. *Geophysical Research Letters* 32, L19715.
- [8] Smol, J.P. & Douglas, M. S. V. (2007). From controversy to consensus:

Making the case for recent climatic change in the Arctic using lake sediments. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5: 466–474.

- [9] Rühland, K.M.; Paterson, E.M.; Hargan, K.; Jenkin, A.; Clark, B.J. & Smol, J.P. (2010). Reorganization of algal communities in the lake of the woods (Ontario, Canada) in response to turn-of-the-century damming and recent warming. *Limnology and Oceanography*, 55 (6): 2433–2451.
- [10] Sorvari, S.; Korhola A. & Thompson, R. (2002). Lake diatom response to recent arctic warming in finnish lapland. *Global Change Biology*, 8: 171–181.

## 3.3 Evolución de los usos del suelo en Sierra Nevada en los últimos 50 años y cambios en el paisaje

- [11] Jiménez Olivencia, Y.J. & Porcel Rodríguez, L. (2008). Metodología para el estudio evolutivo del paisaje: aplicación al espacio protegido de Sierra Nevada. *Cuadernos Geográficos*, 43: 151–179.
- [12] Jiménez Olivencia, Y. (1991). *Los paisajes de Sierra Nevada: cartografía de los sistemas naturales de una montaña mediterránea*. Monografía Tierras del Sur. Universidad de Granada.
- [13] Jiménez Olivencia, Y.; Porcel Rodríguez, L. & Píñar Álvarez, A. (2010). *Evolución histórica de los paisajes del Parque Nacional de Sierra Nevada y su entorno*. Pp: 109-128. En: Ramírez, L. & Asensio, B. (Eds.) *Proyectos de investigación en Parques Nacionales: 2006-2009*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid.
- [14] Alario, M.; Baraja, E. & Silva, R. (2011). *Medio siglo de transformaciones agrarias en España. Factores económicos, sociales y políticos como clave de la dinámica de los paisajes agrarios*. Pp: 127-142. En: Molinero, F.; Ojeda, J.F. & Tort, J. (Eds.) *Los paisajes agrarios de España. Caracterización, evolución y tipificación*. Ministerio de Medio Ambiente Rural y Marino. Madrid, 127–142.
- [15] Lasanta-Martínez, T.; Vicente-Serrano, S.M. & Cuadrat-Prats, J.M. (2005). Mountain Mediterranean landscape evolution caused by the abandonment of traditional primary activities: a study of the Spanish Central Pyrenees. *Applied Geography*, 25 (1): 47–65.

### 3.4 Análisis histórico de los cambios socio-ecológicos en el municipio de Cañar (Alpujarra de Sierra Nevada)

- [16] Collantes, F. (2001). El declive demográfico de la montaña española, 1860-1991: revisión crítica de propuestas teóricas. *Historia Agraria*, 24: 203–225.
- [17] Bañuelos, A. (2008). Repoblación y demografía del concejo de Cástaras y Nieles. En: *Cuadernos Culturales de Cástaras y Nieles nº 4*. Asociación Cultural de Cástaras y Nieles.
- [18] Camacho Olmedo, M.T.; García Martínez, P.; Jiménez Olivencia, Y.; Menor Toribio, J. & Paniza Cabrera, A. (2002). La transformación de un paisaje de montaña: el proceso de abandono de la agricultura en la Alta Alpujarra granadina. Pp: 547-559. En: *Los espacios rurales entre el hoy y el mañana*. XI Coloquio de Geografía Rural. AGE. Universidad de Cantabria.
- [19] Madoz, P. (1846). *Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de ultramar*.
- [20] García Martínez, P. (1999). *Transformación del paisaje y la economía rural en la montaña mediterránea andaluza: la alta Alpujarra occidental*. Granada. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Granada.

### 3.5 Sistemas históricos de regadío y paisajes culturales de Sierra Nevada

- [21] Barceló, M. (1989). *El diseño de los espacios irrigados en al-Andalus: un enunciado de principios generales*. En: El agua en las zonas áridas. Arqueología e Historia. Actas del I Coloquio de Historia y Medio Físico, Almería, 14-16 de Diciembre. Almería.
- [22] Kirchner, H. & Navarro, C. (1993). Objetivos, métodos y práctica de la Arqueología Hidráulica. *Archeologia Medievale*, 20: 159-182.
- [23] Martín-Civantos, J.M. (2007). *Poblamiento y territorio medieval en el Zenete (Granada)*. Editorial Universidad de Granada, 773 pp.
- [24] Martín-Civantos, J.M. (2011). *Archaeology of medieval irrigated spaces in south-east Spain*. Pp: 11-29. En: VIIIth Ruralia International Conference: Processing, storage, distribution of food – Food in the medieval rural environment. Bélgica.
- [25] Trillo San José, M.C. (1994). *La Alpujarra antes y después de la conquista castellana*. Editorial Universidad de Granada, 500 pp.

### 3.6 La importancia del pasado en la regeneración natural bajo repoblaciones de coníferas

- [26] Gómez-Aparicio, L.; Zavala, M.A.; Bonet, F.J. & Zamora, R. (2009). Are pine plantations valid tools for restoring Mediterranean forests? An assessment along abiotic and biotic gradients. *Ecological Applications*, 19 (8): 2124–2141.
- [27] Pérez-Luque, A.J.; Bonet, F.J.; Pérez-Pérez, R.; Aspizua, R.; Lorite, J. & Zamora, R. (2014). Sinfonevada: Dataset of Floristic diversity in Sierra Nevada forests (SE Spain). *PhytoKeys*, 35: 1–15.
- [28] González-Moreno, P.; Quero, J.L.; Poorter, L.; Bonet-García, F.J. & Zamora R. (2011). Is spatial structure the key to promote plant diversity in Mediterranean forest plantations?. *Basic and Applied Ecology*, 12 (3): 251–259.
- [29] Navarro-González, I.; Pérez-Luque, A.J.; Bonet, F.J. & Zamora, R. (2013). The weight of the past: Land-use legacies and recolonization of pine plantations by oak trees. *Ecological Applications*, 23 (6): 1267–1276.
- [30] Navarro-González, I.; Pérez-Luque, A.J.; Bonet, F.J. & Zamora, R. (2014). The Weight of the Past. *Bulletin of the Ecological Society of America*, 95 (2): 64–67.

## 8.1. Historia reciente de la gestión forestal en Sierra Nevada: implicaciones para la adaptación al cambio global

Bonet, F.J.<sup>1</sup>; Aspizua, R.<sup>2</sup> y Navarro, J.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Interuniversitario de Investigación del Sistema Tierra en Andalucía, Universidad de Granada <sup>2</sup> Agencia de Medio Ambiente y Agua <sup>3</sup> Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio

### Resumen

La puesta en marcha de planes de gestión adaptativa de los recursos forestales requiere, entre otras cosas, la evaluación de la eficacia de la gestión forestal. Esto es más importante aún en un contexto de cambio global, ya que la incertidumbre sobre la respuesta de los ecosistemas a las actuaciones es mayor. En este sentido, se ha diseñado un catálogo espacializado de actuaciones forestales llevadas a cabo en Sierra Nevada desde 1935 hasta 2014. Dicha información permite evaluar la evolución temporal de variables de interés como la superficie repoblada por año, la densidad de las repoblaciones, o el ratio superficie frondosas / superficie coníferas en las repoblaciones. La superficie repoblada por año sigue una tendencia claramente descendente desde la década de los 70 hasta la actualidad. Se observa también una tendencia ascendente en el ratio frondosas / coníferas en las repoblaciones. Por último, se ha diseñado un índice global de gestión forestal en Sierra Nevada. Este índice tiene en cuenta el tipo de actuación, su intensidad y también el tiempo transcurrido desde su realización hasta la fecha de cálculo del índice. Dicho índice muestra de manera sintética la intensidad de la gestión forestal realizada en Sierra Nevada, que ha ido decreciendo desde la década de los 60.

### ➤ Objetivos y metodología

El objetivo de este trabajo es analizar las actuaciones forestales realizadas en Sierra Nevada teniendo en cuenta la componente temporal (serie de datos desde 1935 hasta 2014), la espacial (representación espacial de los rodales de actuación) y temática (tipos de actuación: repoblaciones, claras, restauraciones post-incendio). Esto permite conocer los distintos patrones espacio-temporales de las actuaciones forestales, evaluar su relación con las políticas forestales imperantes en cada momento [1] y mejorar el conocimiento sobre los cambios de

uso del suelo [2]. Para ello se sigue una metodología con dos fases: a) Recopilación de la información sobre las actuaciones forestales e integración en una base de datos, teniendo en cuenta que dicha información se encuentra en distintos formatos y en diferentes dependencias de las administraciones públicas competentes en materia forestal. Desde 1990 hay un registro en formato papel de las actuaciones forestales realizadas. Se ha procedido a digitalizar toda la información disponible y a integrarla en una base de datos relacional. En dicha base de da-

tos hay información sobre los distintos rodales de actuación (repoblaciones, claras, clareos, podas, etc.), así como de sus características (intensidad de la actuación, especies plantadas, etc.). b) Análisis e interpretación de la información existente. Mediante consultas a la anterior base de datos se ha construido una historia de la gestión forestal reciente de Sierra Nevada. Los resultados de este trabajo se muestran a continuación.

### ➤ Resultados

Se han analizado las siguientes variables relacionadas con la gestión de las masas forestales de Sierra Nevada durante las últimas décadas (la representación gráfica se muestra en la Figura 1):

#### **Repoblaciones forestales:**

- Evolución de la superficie repoblada por año. Esta variable permite conocer cómo cambia el esfuerzo repoblador por parte de la Administración Ambiental. Se observa un máximo entre la década de 1960 y 1970.

En esa época se plantaron unas 3.000 ha al año. En la actualidad la tasa de repoblación es mucho menor, no llegando en ningún caso a las 500 ha por año.

- Evolución temporal de la relación entre superficie repoblada con frondosas y con coníferas. Los resultados muestran claramente un aumento del número de especies de frondosas utilizadas en las repoblaciones.
- Evolución temporal de la densidad de

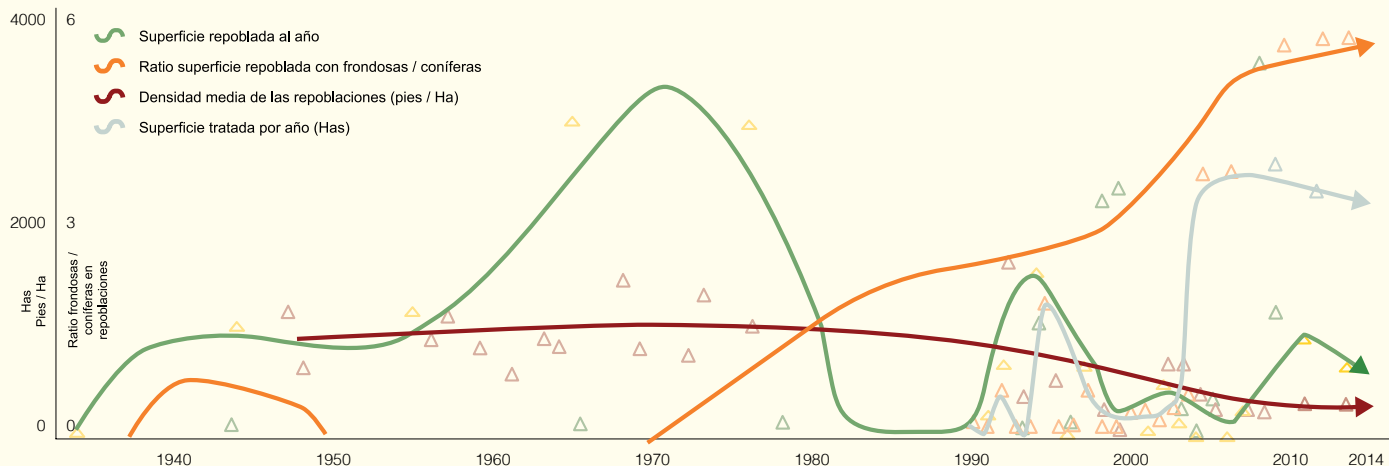
plantación. Con los datos disponibles, se observa también una clara tendencia hacia una menor densidad de las repoblaciones. Esto da idea de la existencia de proyectos cada vez más específicos y adaptados a las necesidades concretas de cada territorio.

#### **Tratamientos selvícolas:**

- Se analiza la evolución temporal de la superficie tratada mediante claras/clareos y podas desde 1990 hasta la actualidad.



**Figura 1**



Evolución temporal de la superficie repoblada por año (naranja claro), ratio superficie repoblada con frondosas/coníferas (naranja oscuro), densidad media de las repoblaciones (pies / Ha) (rojo) y superficie aclarada por año (gris) en Sierra Nevada desde 1930 hasta la actualidad.

Esta variable sufre una oscilación muy intensa, probablemente debida a los pulsos de financiación específica recibida por la Administración autonómica para abordar este tipo de trabajos. No se observa una tendencia clara.

#### **Índice de gestión forestal de Sierra Nevada:**

- Se propone la creación de un índice que muestre la “intensidad” de la gestión forestal realizada en Sierra Nevada. Este indicador representa el “grado de gestión” al que están sometidos los ecosistemas

forestales de Sierra Nevada por parte de la Administración Ambiental. El interés de este indicador está en tener una herramienta sencilla, fácilmente comprensible, para visualizar la intensidad de la gestión en el territorio. Para calcular este índice se asume que el grado de gestión es tanto mayor cuanto más intensa fue la actuación en el momento de ejecutarse (Repoblación > clara/clareo > Roza matorral > Resalveo > Poda > Eliminación de residuos). Este efecto se atenúa linealmente con el tiempo. Es decir, a más tiempo transcurrido, menos

intensidad de gestión en un tiempo determinado. La Figura 2 muestra la distribución espacial del índice de gestión forestal en 2014. Los lugares más rojos son aquellos que o bien han sufrido actuaciones más intensas o éstas son más recientes. Se observa cómo la mayoría de las zonas de actuación tienen un grado de gestión bajo (tonos verdes). Corresponden con las grandes repoblaciones realizadas en las décadas de los 60-70 del siglo XX.



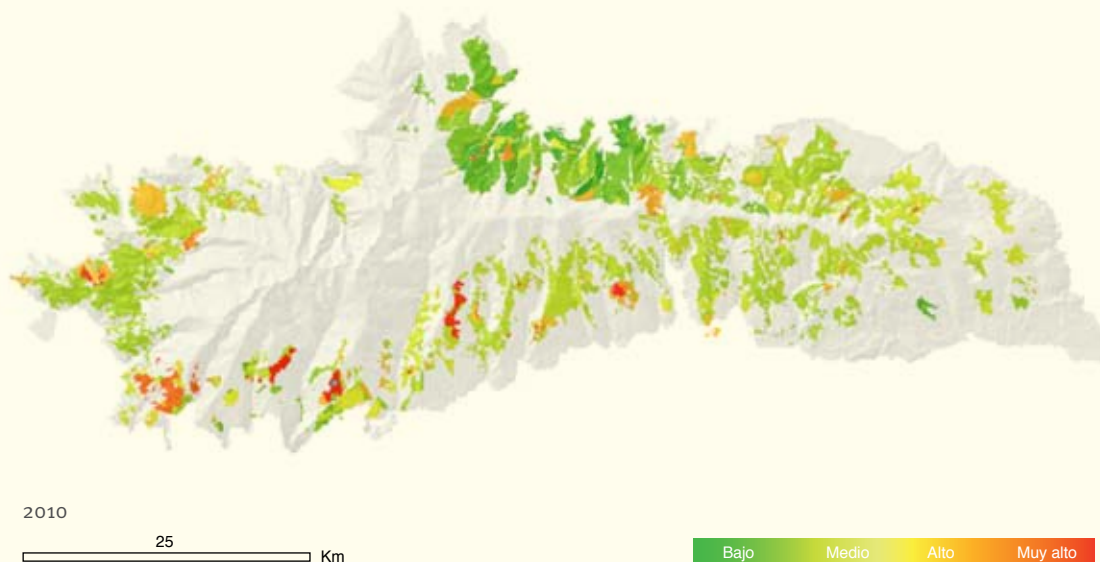
Aspecto del pinar de repoblación del Marquesado del Zenete.



Distribución de planta con caballería en Laujar de Andarax, Abril 2009.



Figura 2



Mapa que muestra el índice de gestión forestal de Sierra Nevada en 2010. Los tonos verdes indican una baja intensidad de gestión. Los rojos lo contrario. La gráfica muestra la evolución temporal del índice propuesto desde 1935 hasta 2010. Se observa un máximo en el índice de gestión durante la década de los 60-80 del siglo XX, coincidiendo con el máximo de superficie repoblada al año en Sierra Nevada.

## ➤ Discusión y conclusiones

La Figura 1 muestra que las primeras repoblaciones se llevaron a cabo en la década de los 30-40 en el Marquesado y en la Alpujarra granadina por parte del Patrimonio Forestal del Estado [3]. A partir de 1954, con la creación del Servicio Hidrológico Forestal, tuvieron lugar dos décadas de gran intensidad reforestadora, en las que se llegaron a plantar más de 2.000 ha al año. En fechas más recientes los únicos picos de repoblaciones considerables se dan para restaurar zonas incendiadas, como ocurrió en 1995, cuando se repoblaron más de 1.300 ha de las 2.000 que resultaron afectadas por un incendio forestal en 1994 ocurrido en la Alpujarra granadina, o tras el incendio de más de 3.000 ha ocurrido en la zona de Lanjarón, Lecrín y Nigüelas en Septiembre de 2005. Desde finales de 1970 hasta la actualidad ha habido un cambio de tendencia en la política reforestadora. Las grandes repoblaciones se hacían con el objetivo específico de reducir la pérdida de suelo en el territorio, al mismo tiempo que se fomentaba el empleo rural [4]. Actualmente se entiende la repoblación como una respuesta a impactos sobre la cubierta vegetal, como incendios u otros sucesos de carácter

catastrófico, pero también como una forma de diversificar y reforzar la masa forestal. Por otro lado, también resulta evidente (Figura 1) el aumento de la relación entre frondosas y coníferas repobladas. Salvo esporádicas plantaciones de bellotas en la década de los 40 [5], el resto de las repoblaciones hasta bien entrados los 90 tenían a las coníferas como especie mayoritaria, situación que se ha invertido en la actualidad, predominando las frondosas sobre las coníferas. La mayor disponibilidad de recursos para abordar las repoblaciones, la menor superficie repoblada por año y los avances en los conocimientos científicos-técnicos sobre la ecología del bosque mediterráneo, podrían explicar el aumento en el uso de frondosas y la diversificación consiguiente de las repoblaciones. También se observa una clara tendencia a la reducción de la densidad de las plantaciones, pasando de una densidad superior a los 2.000 pies/ha en las décadas de los 60 y 70, hasta densidades en torno a 500-600 en la actualidad.

Por último, el índice de gestión forestal (Figura 2) sintetiza fielmente las tendencias de gestión ya

comentadas. Se observa cómo la intensa actividad repobladora de las décadas 60 y 70 del siglo XX se traduce en un aumento del índice de gestión, que desde ese punto comienza un descenso paulatino hasta la actualidad. Este descenso se debe no sólo a que se realizan actuaciones sobre una superficie menor, sino también a que éstas son menos intensas (menor densidad de repoblación, menor tasa de repoblaciones frente a otro tipo de actuaciones selvícolas a las que se les ha supuesto una menor intensidad de actuación, etc.). Sin embargo, en cuanto a actuaciones recientes, cabe destacar las actuaciones destinadas a clarear extensas superficies de pinares en Sierra Nevada entre 2005 y 2014, financiadas fundamentalmente por la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio con cofinanciación Europea a través de fondos estructurales. Por otra parte, en el índice no se incluyen los tratamientos lineales preventivos contra incendios (manuales o mecanizados, fundamentalmente en fajas cortafuegos), que se realizan de manera regular y distribuidas por todos los montes.



## Evolución de las principales actuaciones de gestión forestal en S. Nevada

A partir del análisis de la base de datos de actuaciones forestales y de información procedente de entrevistas a Agentes de Medio Ambiente, gestores y responsables de las principales actuaciones

llevadas a cabo, se resumen a continuación las diferencias cualitativas más significativas encontradas entre la gestión forestal pasada y actual en el espacio natural protegido.

### Segunda mitad siglo XX

### Primera década siglo XXI

#### REPOBLACIONES

<ul style="list-style-type: none"> <li>Mayor superficie repoblada. Objetivo: restauración hidrológico-forestal a nivel de cuenca, acompañada de obras de ingeniería en el cauce.</li> <li>Primera fase: plantación manual. Segunda fase: preparación mecanizada del terreno (aterrazado)</li> <li>Mayor densidad de plantación (&gt;2.000 pies/ha)</li> <li>Distribución regular de la plantación (a marco cuadrado o al tresbolillo, frecuentemente por terrazas)</li> <li>Predominio de coníferas frente a frondosas, principalmente <i>Pinus halepensis</i> y <i>P. pinaster</i> en las zonas bajas y en las zonas altas <i>P. nigra</i> (solanas) y <i>P. sylvestris</i> (umbrías). Empleo casi exclusivo de especies arbóreas.</li> <li>A menudo se combinaba plantación (1-2 saviás) con siembra en el mismo hoyo.</li> <li>Predominio de planta procedente de semilla autóctona.</li> <li>Planta procedente de viveros ubicados en el propio monte, con sistemas de producción rudimentarios. Aclimatación previa a las condiciones locales.</li> <li>Ejecutadas directamente por la Administración Forestal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menor superficie repoblada. Objetivo: fundamentalmente restauraciones tras incendios forestales y núcleos de dispersión para diversificación de masas.</li> <li>Plantación manual o mecanizada según condicionantes del terreno, sin aterrazamiento.</li> <li>Densidades de plantación menores.</li> <li>Distribución de plantación irregular, a menudo por bosquetes.</li> <li>Mayor proporción de frondosas y de especies leñosas (arbóreas y arbus-tivas) propias del cortejo florístico acompañante a la asociación vegetal natural de la zona.</li> <li>Predominio de plantación frente a siembra.</li> <li>Planta de procedencia controlada, con priorización de variedades locales.</li> <li>Planta procedente de viveros centralizados, provinciales o regionales, con sistemas de producción más avanzados. Planta sin aclimatación previa a las condiciones locales.</li> <li>Ejecutadas a través de empresas públicas o privadas.</li> </ul>
---	--

#### TRATAMIENTOS SELVÍCOLAS SOBRE PINAR

<ul style="list-style-type: none"> <li>Clareos pocos significativos durante las primeras edades del repoblado: eliminación de pies dobles y podas con hacha, especialmente junto a caminos.</li> <li>Puntualmente, claras con fines comerciales en la década de los 80 y 90.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A partir de la década de los 90 claras y clareos sobre mayor superficie, predominando los objetivos de conservación (dosificación de la competencia y diversificación de la masa) y preventivos.</li> <li>Gradualmente el patrón se vuelve más irregular, intentando romper la homogeneidad de la masa. La corta sistemática gradualmente da paso a la combinación de cortas de diferente intensidad, con predominio de 30-50% de pies extraídos.</li> </ul>
---	---

#### RESALVEO Y PODA DE FRONDOSAS (ENCINAS Y ROBLES)

<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizada por la población local para obtención de combustible.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizada mayoritariamente por la administración con objetivo de conservación o preventivo. Aprovechamiento secundario como combustible.</li> </ul>
---	--

#### INFRAESTRUCTURAS DE APOYO A LA GESTION Y TERRENOS FORESTALES (NO INCLUIDOS EN EL ÍNDICE DE GESTIÓN FORESTAL)

<ul style="list-style-type: none"> <li>Construcción de apriscos por encima de la línea de la repoblación para apoyo al aprovechamiento ganadero de las cumbres.</li> <li>Apertura de prácticamente toda la red de caminos y vías de saca para apoyo a las actuaciones forestales.</li> <li>Adquisición de terrenos, en su mayoría tierras agrícolas abandonadas, para patrimonio de la Administración del Estado y reforestación. Consorcio con los Ayuntamientos que dará lugar a los Montes Públicos de los Ayuntamientos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Construcción puntual de apriscos. Mantenimiento, mejora y adecuación paisajística de los existentes.</li> <li>Mantenimiento y mejora de la red de caminos y vías de saca existentes.</li> <li>Compra de fincas con especial interés para la conservación con la creación del Parque Nacional de Sierra Nevada (en total 6.184 ha)</li> </ul>
---	---

## 8.4. Naturalización de pinares de repoblación: preparando el bosque para el cambio

Aspizua, R.<sup>1</sup>; Bonet, F.J.<sup>2</sup>; Zamora, R.<sup>2</sup> y López-Onieva, M.R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Agencia de Medio Ambiente y Agua <sup>2</sup> Instituto Interuniversitario de Investigación del Sistema Tierra en Andalucía, Universidad de Granada

### Resumen

Buena parte de las 36.700 ha de pinares de repoblación existentes en el macizo de Sierra Nevada tienen una dinámica sucesional estancada, siendo muy vulnerables frente a las perturbaciones. Por ello es un objetivo prioritario de la gestión el favorecer la evolución de estas formaciones hacia una comunidad forestal que presente una mayor diversidad florística, estructural y funcional. Los estudios realizados hasta la fecha ponen de manifiesto la importancia de las variables ambientales (clima, altitud), la estructura del paisaje (fragmentación del pinar, tamaño, densidad, posición y contacto con las manchas de vegetación autóctona) y de la gestión pasada en la composición, estructura y capacidad de regeneración de los pinares de repoblación. En el marco del Observatorio del Cambio Global de Sierra Nevada se está evaluando la eficacia de varios tipos de tratamientos en masas de diferente tipología mediante una red de parcelas experimentales. Dicho seguimiento nos permite plantear recomendaciones de gestión activa encaminadas a promover la naturalización de las repoblaciones en una amplia gama de condiciones ambientales, dosificando la competencia, favoreciendo las estructuras en mosaico de la vegetación y respetando los individuos con una alto potencial vegetativo y reproductivo. En repoblaciones de densidad intermedia, se recomienda diversificar el dosel y la estructura favoreciendo la regeneración natural de especies leñosas y la existencia de madera muerta. Por último, en zonas alejadas más de 2 km de parches de vegetación autóctona se proponen plantaciones y/o siembras de enriquecimiento con especies adaptadas a los hábitats potenciales según las actuales previsiones de cambio climático.



En la comarca del Marquesado del Zenete se localizan las mayores extensiones de pinares de repoblación de Sierra Nevada.

## ➤ Objetivos y metodología

El objetivo de este trabajo es profundizar en el conocimiento aplicable a la naturalización de los pinares de repoblación en Sierra Nevada mediante la recopilación de información procedente de experiencias locales. Para ello, se describen algunos aspectos importantes de la estructura y capacidad de regeneración de los pinares de repoblación en función de distintas variables ambientales (clima, altitud), de estructura del paisaje (fragmentación del pinar, tamaño/densidad de las manchas y contacto con otras manchas de vegetación autóctona) y de la gestión en el pasado. Esto se complementa con la evaluación de la eficacia de diferentes tipos de tratamientos de naturalización de pinares a través de una red de parcelas permanentes de seguimiento distribuidas por los pinares más representativos de macizo. Esta metodología puede consultarse en [23].

El Parque Nacional y Natural de Sierra Nevada cuenta con más de 52.000 ha de formaciones arboladas densas, de las cuales 36.700 son pinares de repoblación, en su mayoría plantados entre los años 60 y 70 sobre zonas desarboladas sometidas a fuertes procesos erosivos.

Aunque gran parte de la superficie de los pinares debía haber constituido una etapa de transición hacia formaciones de frondosas o mezcla de frondosas y pinos, la falta de tratamientos selvícolas en edades intermedias ha supuesto que la evolución de una parte importante de estas masas se encuentre prácticamente estancada. Se trata de pinares homogéneos, a menudo monoespecíficos, de densidad excesiva para su edad y donde los árboles no han podido desarrollar su vuelo ni su sistema radical de manera adecuada debido a un exceso de competencia por agua, luz y nutrientes. En muchos casos no existe sotobosque de especies leñosas o éste es muy pobre, siendo en general muy baja la diversidad tanto florística como estructural. Todo ello implica que estas masas se encuentren sometidas a un continuo estrés fisiológico que las hace muy vulnerables frente a perturbaciones de todo tipo (sequías, plagas, etc.).

La estrategia para mejorar su estado pasa por favorecer la evolución hacia una etapa de la sucesión vegetal más acorde con las condiciones ecológicas actuales y futuras, con una mayor diversidad florística, estructural (diversos tipos

de vegetación formando un paisaje en mosaico) y funcional que mejore la resiliencia de estos sistemas.

Una de las cuestiones clave para fomentar la naturalización de los pinares es identificar los lugares más adecuados en los que realizar los tratamientos, lo que requiere un conocimiento profundo del funcionamiento de los pinares de repoblación. Otro aspecto clave es evaluar los resultados de las actuaciones realizadas, para conocer con detalle el efecto de los distintos tratamientos sobre la vegetación según las características de la formación de partida.

En este capítulo se analiza el efecto en la regeneración y diversidad florística bajo el pinar de los gradientes bióticos y abióticos, de la configuración espacial del pinar y, por último, de los usos del suelo en el pasado. Los resultados mostrados aquí se basan en un inventario forestal con casi 600 parcelas realizado en Sierra Nevada en 2004 del que se han derivado diversas publicaciones ([16-17], ver capítulo 3.6), así como en otros muestreos específicos realizados por los autores.

## ➤ Resultados

El análisis de diversas fuentes de información (el inventario forestal realizado en 2004, los resultados derivados del análisis de estos datos publicados en revistas científicas y la puesta en marcha de parcelas experimentales con sus seguimientos asociados) ofrece información muy valiosa sobre la estructura y funcionamiento de los pinares de repoblación. Estos resultados se pueden agregar atendiendo a los siguientes aspectos estructurales y funcionales:

### **Gradientes en factores abióticos:**

- **Altitud y regeneración:** Las plantaciones situadas a altitudes bajas ( $\approx 1.300$  msnm) o moderadas ( $\approx 1.700$  msnm) mostraron un banco de reclutas diverso y abundante dominado por especies del género *Quercus*, mientras que las plantaciones más altas ( $\approx 2.100$  msnm) mostraron un banco de reclutas monoespecífico de pino silvestre (*Pinus sylvestris*) [16].



Vista de un pinar de repoblación antes y después de los tratamientos de naturalización en la Cortijuela (Monachil).

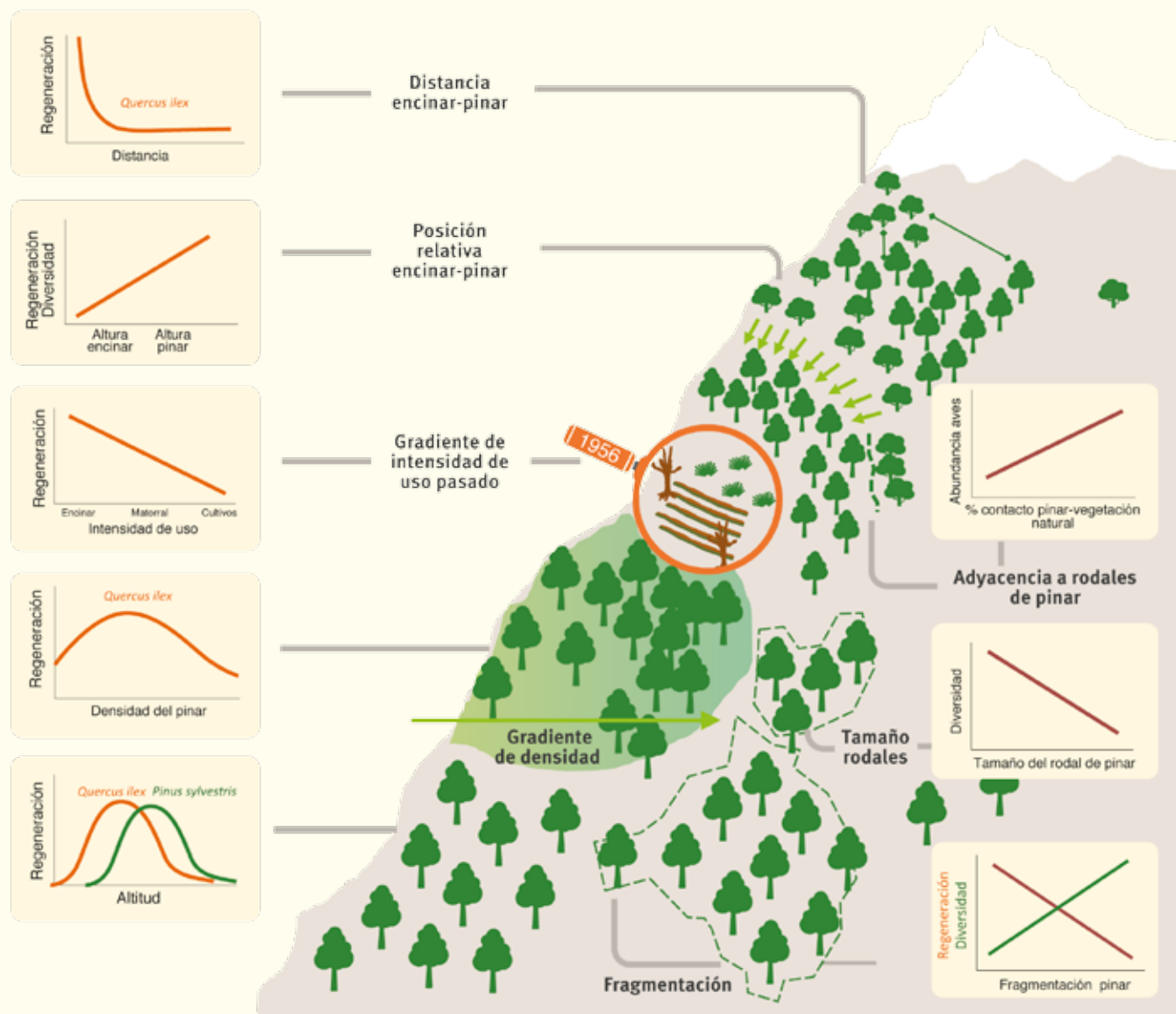
- Distancia a manchas de encina y regeneración de encina bajo el pinar: se constató una disminución exponencial en el reclutamiento de encina al aumentar la distancia al encinar más cercano, disminuyendo la regeneración al 50% a partir de los 250 m y hasta el 80% a partir de 1 km (ver Figura 1).

#### Estructura del pinar y usos del suelo:

- Densidad del pinar y regeneración: la regeneración fue nula por encima de los 1.500 pinos/ha, mientras que a densidades moderadas (500-1.000 pinos/ha) se constató mayor regeneración, tanto de pino como de otras especies, en comparación con doseles arbóreos abiertos. Sólo el pino carrasco

(*Pinus halepensis*), registró las mayores densidades de regeneración a valores muy bajos de densidad del pinar (0-100 pinos/ha), mientras que la mayor abundancia de regenerado de encina se produjo entre 1.100 y 1.300 pinos/ha, coherente con la necesidad de sombra de esta especie en sus primeras edades [16].

Figura 1



Resumen esquemático de los principales resultados obtenidos en relación a la naturalización de pinares. Se muestra el papel de los factores abióticos (altitud), y bióticos: densidad de los pinares, fragmentación y tamaño de los rodales de pinar, posición relativa de las manchas donadoras de bellotas, distancia fuente-sumidero, adyacencia de vegetación natural a los pinares y efecto de los usos del suelo en el pasado.



- Tamaño de los parches de pinar y diversidad florística: se observó mayor diversidad florística a medida que disminuía el tamaño de los parches de pinar estudiados [17].
- Tipo de vegetación adyacente al pinar: cuanto mayor es el porcentaje de contacto de los pinares de repoblación con parches de vegetación natural, más abundantes son las aves dispersantes en el pinar, así como la dispersión de semillas de plantas zoócoras en su interior [18].
- Uso del suelo en el pasado: la probabilidad de encontrar regeneración de encina en el suelo es inversamente proporcional a la intensidad de manejo en el uso del suelo en el pasado, siendo progresivamente mayor en pastos, cultivos, matorral de media montaña y formaciones del género *Quercus* (ver ficha 3.6).

## ➤ Discusión y conclusiones

Los diversos gradientes ecológicos de la montaña mediterránea condicionan enormemente las dinámicas de regeneración en las plantaciones de pinos, que deben entenderse (y gestionarse) como sistemas dinámicos donde las trayectorias sucesionales y los niveles de diversidad están determinados por condicionantes abióticos, balances complejos de interacciones de competencia y facilitación, la configuración espacial de las fuentes de semilla natural y las características y temperamento de las especies [16].

En los estudios realizados en Sierra Nevada, se ha demostrado que la naturalización de pinares de repoblación depende tanto de la historia del rodal (que condiciona la disponibilidad del legado de usos del suelo) como de las características ecológicas actuales (distancia a fuente de semillas de otras especies, densidad del pinar y tamaño, densidad, fragmentación y porcentaje de contacto con vegetación natural del parche de pinar). Para estudiar el efecto de estos gradientes bióticos y abióticos en la respuesta de las masas a los diferentes tratamientos se ha establecido una red de parcelas permanentes de seguimiento en Sierra Nevada que permitirá evaluar dentro de unos años qué actuaciones son más eficaces en cada tipo de masa, considerando su historia previa de uso y su contexto ecológico actual, para la consecución de los objetivos buscados.

Teniendo en cuenta los resultados descritos, se incluyen aquí una serie de recomendaciones de gestión para fomentar la naturalización en repoblaciones de características similares a las estudiadas en Sierra Nevada: origen artificial, mediana edad (40-60 años), con regeneración escasa o nula, homogeneidad en el estrato arbóreo, estrato arbustivo escaso o inexistente y espesura excesiva. Se propone:

I. En plantaciones de densidad excesiva (>1.500 pies/ha): Urge realizar una gestión activa enfocada a dosificar la competencia, al mismo tiempo que permita la entrada de luz, semillas y dispersantes. Para ello:

- Aplicar claras de diferentes intensidades de corta por bosquetes para favorecer el parcheo de la vegetación: desde pequeños claros cuyo tamaño dependerá de la ecología de la especie que se quiera favorecer, hasta zonas sin aclarar, pasando por zonas aclaradas con diferentes intensidades. Además de variar el número de pies a cortar en los diferentes bosquetes, puntualmente también se pueden aplicar claras altas (cortando pies de diámetros mayores) para favorecer perturbaciones naturales posteriores y dinámicas de instalación de matorral, siempre con la precaución de no favorecer en exceso el matorral colonizador heliófilo, lo que implicaría una dinámica sucesional regresiva y aumentaría el riesgo de incendios.
- Respetar tanto a los individuos senescentes, secos, caídos como a los que muestran un alto potencial vegetativo y reproductivo. Respetar también los posibles pies existentes de otras especies.

II. En plantaciones de densidad intermedia (500-1.000 pies/ha): Realizar tratamientos de diversificación del dosel para conseguir masas mixtas e irregulares, ajustando la intensidad de la clara a las condiciones ecológicas del rodal. Para ello:

- Favorecer la regeneración natural mediante cortas de regeneración de entresaca por bosquetes.
- Si existe regeneración de especies más umbrófilas, se favorecerá su liberación de manera proporcional al tamaño de los

reclutas establecidos, respetando su temperamento, mediante un plan de claras de rotación corta y peso moderado-débil.

- Obtener árboles de gran porte a partir de una selección de los dominantes y la liberación del espacio de su entorno (unos 100-150 árboles/ha, de los cuales unos 50 se mantendrán sin podar) [19].

III. Favorecer la existencia de madera muerta (máximo el 5% de los pies), tal como recomiendan diversos estudios [19].

IV. En plantaciones de densidad baja o moderada se realizará en principio una gestión pasiva, excepto para los casos contemplados en el punto V.

V. Se buscará maximizar la superficie de contacto del pinar con los parches de vegetación natural, ya sea arbolada o de matorral, que ha demostrado influir positivamente en la dispersión zoócora [18].

VI. Donde se estime que el proceso natural de reclutamiento va a ser muy lento, por excesiva lejanía a las fuentes naturales de semillas o por un uso intensivo del suelo en el pasado que haya eliminado todos los restos de vegetación natural, será preciso recurrir a plantaciones o siembras de enriquecimiento. Se emplearán para ello especies adaptadas a los hábitats potenciales según las previsiones de cambio climático. Si es necesario realizar claras previamente, éstas se harán cortando los pies de menor diámetro.



## Parcelas de evaluación de las actuaciones de naturalización en Sierra Nevada

Para estudiar el efecto de los gradientes bióticos y abióticos en la respuesta a las claras, y poder valorar así qué intensidad es más adecuada para la naturalización de los pinares en cada emplazamiento, se ha establecido una red de parcelas permanentes de seguimiento en Sierra Nevada.

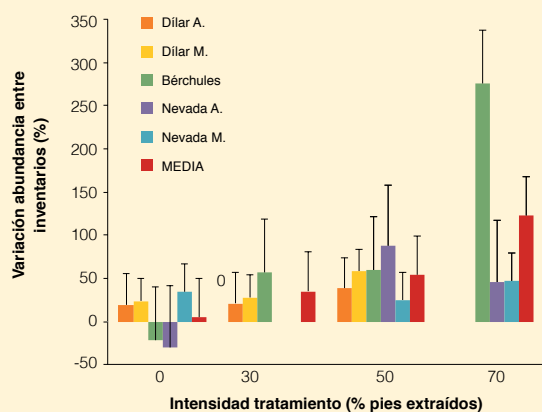
En cinco zonas diferentes en cuanto a exposición, altitud, tipo de suelo y especie principal de masa, se han ensayado claras de diferente intensidad en base al porcentaje de pies extraídos: intermedia (30%), fuerte (50%), muy fuerte (70%) y sin tratamiento (parcelas control), con tres réplicas por tratamiento en cada zona. Cada parcela (50 x 50 m), combina un inventario dasométrico con un inventario de especies leñosas. Con esta red de parcelas, se han sentado las bases para evaluar el efecto de la intensidad de los tratamientos realizados en la evolución de las masas. Se estudia la supervivencia, crecimiento y regeneración de la vegetación existente en el rodal, junto a variaciones en la diversidad florística y estructural del mismo. Se presta especial atención al estableci-

miento y desarrollo de vegetación leñosa arbustiva y arbórea, por su importante papel como facilitador de la dinámica sucesional del ecosistema.

El poco tiempo transcurrido desde su instalación (2-3 años según zonas) no permite aún obtener resultados concluyentes, aunque ya puede apreciarse que, a medida que aumenta la intensidad de la clara, aumenta la abundancia de individuos de matorral en el conjunto de las parcelas (Figura 2). Además, en Nevada se ha podido constatar un aumento importante de la cobertura de matorral (Figura 3). También se observa un aumento en la riqueza tras el tratamiento utilizando imágenes estereoscópicas hemisféricas. En concreto, en la zona de Dílar ha habido una mayor respuesta de la masa cuando se han aplicado claras moderadas (Figura 4) [20].

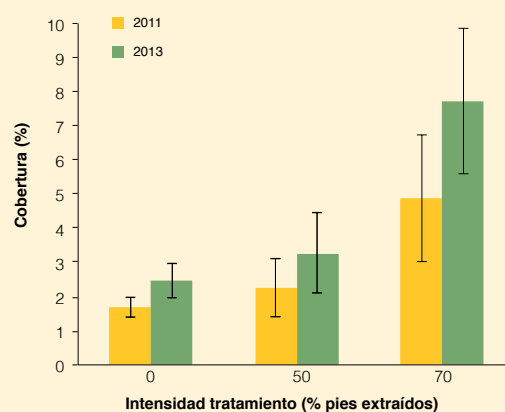
En cualquier caso, es necesario repetir el seguimiento en el futuro para valorar la evolución de los pinares.

**Figura 2**



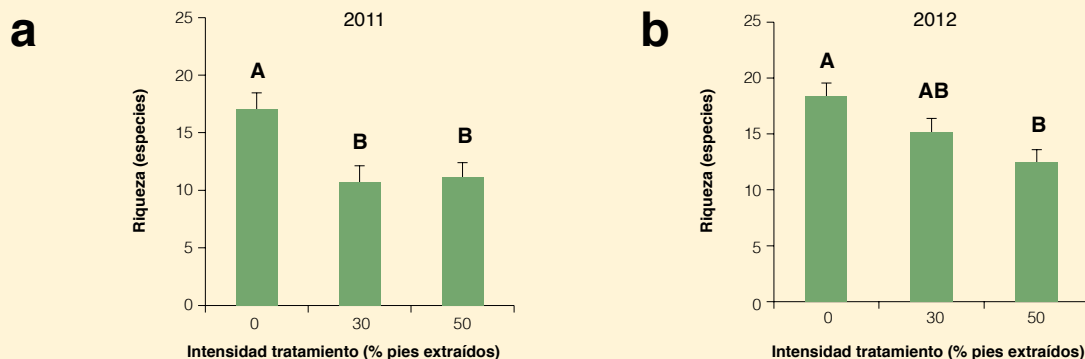
Variación (%) de la abundancia de individuos de matorral entre inventarios consecutivos, por zona de actuación y escenario de tratamiento. Las barras representan el promedio de esta variación para las tres réplicas de parcelas correspondientes a cada escenario en cada localidad y las barras de error representan la desviación estándar positiva promedio para cada localidad.

**Figura 3**



Cobertura de matorral (%) en las parcelas de Nevada en el año 2011 (amarillo), coincidiendo con la clara, y en el año 2013 (verde). Se engloban los resultados de las tres réplicas y de las dos zonas a diferente altitud. Las barras de error representan la desviación estándar.

**Figura 4**



Índice de riqueza en número de especies según tratamiento (peso de clara de 0, 30 y 50%) promediado para las zonas Dílar Alto y Dílar Medio en el año 2011 (a) y 2012 (b). Las columnas presentan valores medios y las barras los errores estándar. Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ). Modificado de [20].



# Autores

---

## **Domingo Alcaraz Segura**

dalcaraz@ugr.es  
Departamento de Botánica, Facultad de Ciencias  
Universidad de Granada  
Avda. Fuentenueva s/n. 18071 Granada, España  
-  
Departamento de Biología y Geología  
Centro Andaluz para la Evaluación y Seguimiento del  
Cambio Global  
Universidad de Almería  
Ctra. Sacramento s/n. 04120 La Cañada de San Urbano  
(Almería), España

## **José Antonio Algarra Ávila**

jalgarra@agenciamedioambienteyagua.es  
Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía.  
Gerencia Provincial de Granada  
Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del  
Territorio, Junta de Andalucía  
C/ Joaquina Eguaras, 10. 18013 Granada, España

## **Rut Aspizua Cantón**

rut.aspizua.ext@juntadeandalucia.es  
Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía.  
Área de Conservación, Espacio Natural de Sierra Nevada  
Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del  
Territorio, Junta de Andalucía  
Carretera Antigua de Sierra Nevada, Km 7. 18191 Pinos  
Genil (Granada), España  
-  
Gerencia Provincial de Granada  
Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del  
Territorio, Junta de Andalucía  
C/ Joaquina Eguaras, 10. 18013 Granada, España

## **José Miguel Azañón Hernández**

jazanon@ugr.es  
Departamento de Geodinámica, Facultad de Ciencias  
Universidad de Granada  
Avda. Fuentenueva s/n. 18071 Granada, España

## **Elena Ballesteros Duperón**

eballesterosd@agenciademedioambienteyagua.es  
Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía.  
Gerencia Provincial de Granada  
Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del  
Territorio, Junta de Andalucía  
C/ Joaquina Eguaras, 10. 18013 Granada, España

## **José Miguel Barea Azcón**

jbarea@agenciamedioambienteyagua.es  
Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía.  
Gerencia Provincial de Granada  
Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del  
Territorio, Junta de Andalucía  
C/ Joaquina Eguaras, 10. 18013 Granada, España

## **Maribel Benítez Lechuga**

mbenitez@ugr.es  
Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias  
Universidad de Granada  
Avda. Fuentenueva s/n. 18071 Granada, España

## **Cristina Bollullos Sánchez**

cbollullos@agenciamedioambienteyagua.es  
Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía.  
Gerencia Provincial de Granada  
Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del  
Territorio, Junta de Andalucía  
C/ Joaquina Eguaras, 10. 18013 Granada, España

## **Francisco Javier Bonet García**

fjbonet@ugr.es  
Laboratorio de Ecología del CEAMA  
Instituto Interuniversitario de Investigación del  
Sistema Tierra en Andalucía. Universidad de Granada  
Avda. del Mediterráneo s/n. 18006 Granada, España

## **María Teresa Bonet García**

mterebonet@gmail.com  
Departamento de Historia Medieval y Ciencias y  
Técnicas Historiográficas, Facultad de Filosofía y Letras  
Universidad de Granada  
Campus Universitario de Cartuja. 18011 Granada,  
España

## **Francisco José Bullejos Carrillo**

fjbullejos@gmail.com  
Department of Biology, Center of Ecological and  
Evolutionary Synthesis (CEES)  
University of Oslo  
P.O. BOX 1066 Blindern, 0316 Oslo, Norway

## **Andrés Caballero Calvo**

andrescaballero@ugr.es  
Instituto de Desarrollo Regional  
Universidad de Granada  
C/ Rector López Argüeta, s/n. 18071 Granada, España

## **Javier Cabello Piñar**

jcabello@ual.es  
Departamento de Biología y Geología  
Centro Andaluz para la Evaluación y Seguimiento del  
Cambio Global, Universidad de Almería  
Ctra. Sacramento s/n. 04120 La Cañada de San Urbano  
(Almería), España

## **Francisco Mario Cabezas Arcas**

fmca.rfe@gmail.com  
Laboratorio de Ecología del CEAMA  
Instituto Interuniversitario del Sistema Tierra en  
Andalucía. Universidad de Granada  
Avda. del Mediterráneo s/n. 18006 Granada, España

## **Francisco Javier Cano-Manuel León**

franciscoj.canomanuel@juntadeandalucia.es  
Área de Conservación, Espacio Natural de Sierra  
Nevada  
Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del  
Territorio, Junta de Andalucía  
Carretera Antigua de Sierra Nevada, Km 7. 18191  
Pinos Genil (Granada), España

## **Presentación Carrillo Lechuga**

pcl@ugr.es  
Departamento de Ecología, Facultad de Ciencias  
Universidad de Granada  
Avda. Fuentenueva s/n. 18071 Granada, España

## **Jorge Castro Gutiérrez**

jorge@ugr.es  
Departamento de Ecología, Facultad  
de Ciencias  
Universidad de Granada  
Avda. Fuentenueva s/n. 18071 Granada, España

## **José Antonio Delgado Molina**

jadelmo@ugr.es  
Departamento de Ecología, Facultad de Ciencias  
Universidad de Granada  
Avda. Fuentenueva s/n. 18071 Granada, España

## **Francisco Domingo Poveda**

poveda@eeza.csic.es  
Departamento de Desertificación y Geoecología.  
Estación Experimental de Zonas Áridas  
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)  
Ctra. Sacramento s/n. 04120 La Cañada de San Urbano  
(Almería), España

## **María del Carmen Fajardo Merlo**

mfajardo@agenciamedioambienteyagua.es  
Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía.  
Gerencia Provincial de Granada  
Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del  
Territorio, Junta de Andalucía  
C/ Joaquina Eguaras, 10. 18013 Granada, España

## **Jesús Fornieles Callejón**

jforniel@ugr.es  
Departamento de Electromagnetismo y Física de la  
Materia, Facultad de Ciencias  
Universidad de Granada  
Avda. Fuentenueva s/n. 18071 Granada, España

## **Miguel Galiana García**

mgaliana@agenciamedioambienteyagua.es  
Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía.  
Gerencia Provincial de Granada  
Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del  
Territorio, Junta de Andalucía  
C/ Joaquina Eguaras, 10. 18013 Granada, España

## **Francisco Javier Galindo Parrilla**

fgalindo@agenciamedioambienteyagua.es  
Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía.  
Gerencia Provincial de Granada  
Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del  
Territorio, Junta de Andalucía  
C/ Joaquina Eguaras, 10. 18013 Granada, España

## **José María Gil Sánchez**

jmgilsanchez@yahoo.es  
Wilder SOUTH  
Sociedad para el Estudio, Observación y Conservación  
de la Biodiversidad Mediterránea  
Dr. Prados Picazo 10, 4<sup>º</sup>B. 18230 Atarfe (Granada),  
España

## **Antonio Gómez Ortiz**

gomez@triuim.gh.ub.es  
Grupo de Investigación Paisatge y paleoambients a la  
muntanya mediterrània y Servei de Paisatge. Facultat  
de Geografia i Història  
Universidad de Barcelona  
C/ Montalegre 6-8, 3<sup>ª</sup> planta. 08001 Barcelona, España

**Adela González Megías**

adelagm@ugr.es  
Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias  
Universidad de Granada  
Avda. Fuentenueva s/n. 18071 Granada, España

**Emilio González Miras**

egmiras@agenciademedioambienteyagua.es  
Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía.  
Gerencia Provincial de Almería  
Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del  
Territorio, Junta de Andalucía  
C/ Joaquina Eguaras, 10. 18013 Granada, España

**José Enrique Granados Torres**

josee.granados.ext@juntadeandalucia.es  
Agencia de Medio Ambiente y Agua.  
Área de Conservación, Espacio Natural de Sierra Nevada  
Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del  
Territorio, Junta de Andalucía. Carretera Antigua de  
Sierra Nevada, Km 7. 18191 Pinos Genil (Granada),  
España

**Javier Herrero Lantarón**

herrero@ugr.es  
Grupo de Dinámica Fluvial e Hidrología  
Instituto Interuniversitario de Investigación del Sistema  
Tierra en Andalucía. Universidad de Granada  
Avda. del Mediterráneo s/n. 18006 Granada, España

**José Antonio Hódar Correa**

jhodar@ugr.es  
Departamento de Ecología, Facultad de Ciencias  
Universidad de Granada  
Avda. Fuentenueva s/n. 18071 Granada, España

**Gonzalo Jiménez Moreno**

gonzaloj@ugr.es  
Departamento de Estratigrafía y Paleontología,  
Facultad de Ciencias  
Universidad de Granada  
Avda. Fuentenueva s/n. 18071 Granada, España

**Yolanda Jiménez Olivencia**

yjimenez@ugr.es  
Instituto de Desarrollo Regional  
Universidad de Granada  
C/ Rector López Argüeta, s/n. 18071 Granada, España

**Andrew Kowalski**

andyk@ugr.es  
Departamento de Física Aplicada, Facultad de Ciencias  
Universidad de Granada  
Avda. Fuentenueva s/n. 18071 Granada, España

**María Rosa López Onieva**

Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía.  
Gerencia Provincial de Granada  
Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del  
Territorio, Junta de Andalucía  
C/ Joaquina Eguaras, 10. 18013 Granada, España

**Rogelio López Sanjuan**

rlopezs@agenciademedioambienteyagua.es  
Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía.  
Gerencia Provincial de Granada  
Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del  
Territorio, Junta de Andalucía  
C/ Joaquina Eguaras, 10. 18013 Granada, España

**Javier Martín Jaramillo**

jmartinj@agenciademedioambienteyagua.es  
Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía.  
Gerencia Provincial de Granada  
Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del  
Territorio, Junta de Andalucía  
C/ Joaquina Eguaras, 10. 18013 Granada, España

**Berta Martín López**

berta.martin@uam.es  
Laboratorio de Socio-Ecosistemas, Departamento  
de Ecología  
Universidad Autónoma de Madrid  
C/ Darwin 2. Edificio Biología. 28049 Madrid, España

**José María Martín Civantos**

civantos@ugr.es  
Departamento de Historia Medieval y Ciencias y  
Técnicas Historiográficas, Facultad de Filosofía y Letras  
Universidad de Granada  
Campus Universitario de Cartuja. 18011 Granada,  
España

**Juan Manuel Medina Sánchez**

jmedina@ugr.es  
Departamento de Ecología, Facultad de Ciencias  
Instituto de Granada  
Avda. Fuentenueva s/n. 18071 Granada, España

**Rosa Menéndez Martínez**

r.menendez@lancaster.ac.uk  
Department of Biological Sciences, Lancaster  
Environment Centre  
Lancaster University  
LA1 4YQ. Lancaster, United Kingdom

**Joaquín Molero Mesa**

jmolero@ugr.es  
Departamento de Botánica, Facultad de Farmacia  
Universidad de Granada  
Campus Universitario de Cartuja. 18011 Granada,  
España

**Carlos Montes del Olmo**

carlos.montes@uam.es  
Laboratorio de Socio-Ecosistemas, Departamento de  
Ecología  
Universidad Autónoma de Madrid  
C/ Darwin 2, Edificio Biología. 28049 Madrid, España

**Rafael Morales Baquero**

rmorales@ugr.es  
Departamento de Ecología, Facultad de Ciencias  
Universidad de Granada  
Avda. Fuentenueva s/n. 18071 Granada, España  
-  
Instituto del Agua  
Universidad de Granada  
C/ Ramón y Cajal, 4. 18071 Granada, España

**Ricardo Antonio Moreno Llorca**

ricuni@ugr.es  
Laboratorio de Ecología del CEAMA  
Instituto Interuniversitario de Investigación del Sistema  
Tierra en Andalucía. Universidad de Granada  
Avda. del Mediterráneo s/n. 18006 Granada, España

**José Miguel Muñoz Díaz**

jmmunoz@agenciamedioambienteyagua.es  
Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía.  
Gerencia Provincial de Granada

Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del  
Territorio, Junta de Andalucía  
C/ Joaquina Eguaras, 10. 18013 Granada, España

**Francisco Javier Navarro Gómez-Menor**

franciscoj.navarro@juntadeandalucia.es  
Área de Conservación, Espacio Natural de Sierra Nevada  
Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del  
Territorio, Junta de Andalucía  
Carretera Antigua de Sierra Nevada, Km 7. 18191  
Pinos Genil (Granada), España

**Irene Navarro González**

irenavarrog@gmail.com  
Laboratorio de Ecología del CEAMA  
Instituto Interuniversitario de Investigación del Sistema  
Tierra en Andalucía. Universidad de Granada  
Avda. del Mediterráneo s/n. 18006 Granada, España

**Marc Oliva Franganillo**

oliva\_marc@yahoo.com  
Instituto de Geografia e Ordenamento do Território,  
Centro de Estudos Geográficos  
Universidade de Lisboa  
Edifício da Faculdade de Letras, Alameda da  
Universidade, 1600-214 Lisboa, Portugal

**Cecilio Oyonarte Gutiérrez**

coyonart@ual.es  
Departamento de Agronomía  
Universidad de Almería  
Edificio Científico Técnico II-B, Ctra. Sacramento s/n.  
04120 La Cañada de San Urbano (Almería), España

**Ignacio Palomo**

ignacio.palomo@uam.es  
Basque Centre for Climate Change (BC3)  
Alameda de Urquijo 4. 48008 Bilbao, España  
-  
Laboratorio de Socio-Ecosistemas, Departamento de  
Ecología  
Universidad Autónoma de Madrid  
C/ Darwin 2, Edificio Biología. 28049 Madrid, España

**José Vicente Pérez Peña**

vperez@ugr.es  
Departamento de Geodinámica, Facultad de Ciencias  
Universidad de Granada  
Avda. Fuentenueva s/n. 18071 Granada, España

**Enrique Pérez Sánchez-Cañete**

enripsc@ugr.es  
Departamento de Física Aplicada, Facultad de Ciencias  
Universidad de Granada  
Avda. Fuentenueva s/n. 18071 Granada, España

**Antonio Jesús Pérez-Luque**

ajperez@ugr.es  
Laboratorio de Ecología del CEAMA  
Instituto Interuniversitario de Investigación del Sistema  
Tierra en Andalucía. Universidad de Granada  
Avda. del Mediterráneo s/n. 18006 Granada, España

**Ramón Pérez Pérez**

ramon@ugr.es  
Laboratorio de Ecología del CEAMA  
Instituto Interuniversitario de Investigación del Sistema  
Tierra en Andalucía. Universidad de Granada  
Avda. del Mediterráneo s/n. 18006 Granada, España

---

**Carmen Pérez Martínez**

cperezm@ugr.es  
Departamento de Ecología, Facultad de Ciencias  
Universidad de Granada  
Avda. Fuentenueva s/n. 18071 Granada, España

**Laura Porcel Rodríguez**

lporcel@ugr.es  
Instituto de Desarrollo Regional  
Universidad de Granada  
C/ Rector López Argüeta, s/n. 18071 Granada, España

**Jorge Portí Durán**

jporti@ugr.es  
Departamento de Física Aplicada, Facultad de Ciencias  
Universidad de Granada  
Avda. Fuentenueva s/n. 18071 Granada, España

**Andrés Reyes Díez**

areyesdiez@gmail.com  
Departamento de Biología y Geología  
Centro Andaluz para la Evaluación y Seguimiento del  
Cambio Global  
Universidad de Almería  
Ctra. Sacramento s/n. 04120 La Cañada de San Urbano  
(Almería), España

**Silvia Rubio Rubio**

srubio@agenciamedioambienteyagua.es  
Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía.  
Gerencia Provincial de Granada  
Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del  
Territorio, Junta de Andalucía  
C/ Joaquina Eguaras, 10. 18013 Granada, España

**Marta Sáinz Bariáin**

msainzb@ugr.es  
Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias  
Universidad de Granada  
Avda. Fuentenueva s/n. 18071 Granada, España

**Alfonso Salinas Extremera**

asalinas@ugr.es  
Departamento de Electromagnetismo y Física de la  
Materia, Facultad de Ciencias  
Universidad de Granada  
Avda. Fuentenueva s/n. 18071 Granada, España

**Montserrat Salvà Catarineu**

salva@ub.edu  
Grupo de Investigación Paisatge y paleoambients a la  
muntanya mediterrània y Servei de Paisatge. Facultat  
de Geografia i Història  
Universitat de Barcelona  
c/ Montalegre 6-8, 3ª planta. 08001 Barcelona, España

**Ferrán Salvador Franch**

fsalvador@ub.edu  
Grupo de Investigación Paisatge y paleoambients a la  
muntanya mediterrània y Servei de Paisatge. Facultat  
de Geografia i Història  
Universitat de Barcelona  
c/ Montalegre 6-8, 3ª planta. 08001 Barcelona, España

**Cristina Patricia Sánchez Rojas**

cpsanchez@agenciamedioambienteyagua.es  
Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía.  
Gerencia Provincial de Granada  
Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del  
Territorio, Junta de Andalucía  
C/ Joaquina Eguaras, 10. 18013 Granada, España

**Penélope Serrano Ortiz**

penelope@ugr.es  
Departamento de Ecología, Facultad de Ciencias  
Universidad de Granada  
Avda. Fuentenueva s/n. 18071 Granada, España

**Alberto Tinaut Ranera**

hormiga@ugr.es  
Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias  
Universidad de Granada  
Avda. Fuentenueva s/n. 18071 Granada, España

**Manuel Villar Argaiz**

mvillar@ugr.es  
Departamento de Ecología, Facultad de Ciencias  
Universidad de Granada  
Avda. Fuentenueva s/n. 18071 Granada, España

**Carmen Zamora Muñoz**

czamora@ugr.es  
Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias  
Universidad de Granada  
Avda. Fuentenueva s/n. 18071 Granada, España

**Regino Jesús Zamora Rodríguez**

rzamora@ugr.es  
Departamento de Ecología, Facultad de Ciencias  
Universidad de Granada  
Avda. Fuentenueva s/n. 18071 Granada, España  
-  
Laboratorio de Ecología del CEAMA  
Instituto Interuniversitario de Investigación del Sistema  
Tierra en Andalucía. Universidad de Granada  
Avda. del Mediterráneo s/n. 18006 Granada, España



Colaboran:



**IISTA**

Instituto Interuniversitario de Investigación  
del Sistema Tierra en Andalucía



Laboratorio de Ecología del CEAMA.  
Universidad de Granada



Fundación Biodiversidad

