

ADAPTÁNDONOS AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS PARQUES NATURALES. UNA PROPUESTA LOCAL CON CARÁCTER GLOBAL

Soraya Constán-Nava^{1, 2}, Andreu Bonet^{1, 2, 3}, Salvador Palop⁴, Santiago Soliveres^{2, 3}

¹ Estación Científica Font Roja Natura UA. Universidad de Alicante. Ctra. Font Roja, s/n, 03801 Alcoi, Alicante soraya.cn@gcloud.ua.es

² Instituto Multidisciplinar para el Estudio del Medio (IMEM). Universidad de Alicante.

³ Departamento de Ecología. Universidad de Alicante. Carr. de San Vicente del Raspeig, s/n, 03690 San Vicente del Raspeig, Alicante

⁴ Parque Natural del Carrascal de la Font Roja. Ctra. Font Roja, 03801 Alcoi, Alicante. Generalitat Valenciana. s/n,

Resumen. Los Espacios Naturales Protegidos son claves en la protección de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. Por tanto, es necesario seguir y mitigar los efectos negativos del cambio climático sobre ellos. Los objetivos de esta propuesta son identificar: 1) la vulnerabilidad de los objetos de conservación del Parque Natural del Carrascal de la Font Roja, 2) las medidas que se están realizando en el Parque, y 3) nuevos indicadores de seguimiento y planificación.

Palabras clave: adaptación, biodiversidad, cambio climático, parque natural, seguimiento

Resum. Els Espais Naturals Protegits són claus en la protecció de la biodiversitat i els serveis ecosistèmics. Per tant, és necessari seguir i mitigar els efectes negatius del canvi climàtic sobre ells. Els objectius d'aquesta proposta són identificar: 1) la vulnerabilitat dels objectes de conservació del Parc Natural del Carrascal de la Font Roja, 2) les mesures que s'estan realitzant al Parc, i 3) nous indicadors de seguiment i planificació.

Paraules clau: adaptació, biodiversitat, canvi climàtic, parc natural, seguiment

Abstract. Protected Natural Areas are key to conserve biodiversity and ecosystem services. Hence, it is necessary to monitor and mitigate the negative effects of climate change on them. The aims of this proposal are to identify: 1) the vulnerability of the conservation items of Carrascal de la Font Roja Natural Park, 2) the measures that are being carried out in the Park, and 3) new monitoring and planning indicators.

Keywords: adaptation, biodiversity, climate change, monitoring, Natural Park

INTRODUCCIÓN

El cambio climático junto con otros factores de cambio global, como las especies exóticas invasoras y la fragmentación de hábitats, está provocando efectos negativos sobre la biodiversidad (Kapos et al., 2008; Vitousek, 1994). Los escenarios de cambio climático de España muestran que las temperaturas, tanto las máximas como las mínimas, irán en aumento progresivo a lo largo del siglo XXI, especialmente en verano, y estará unido a una reducción de las precipitaciones (Amblar et al., 2017). Concretamente en la Comunidad Valenciana, los escenarios climáticos señalan un aumento de la temperatura y un descenso de las precipitaciones en invierno y primavera (Amblar et al., 2017).

Los Espacios Naturales Protegidos son de vital importancia para la protección de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, tales como los *servicios de provisión* (productos obtenidos de los

ecosistemas, como comida, madera), *servicios de regulación* (aquellos que aseguran el funcionamiento del ecosistema contra fluctuaciones naturales como inundaciones, plagas, erosión), *servicios culturales* (beneficios no materiales que las personas obtienen de los ecosistemas, por ejemplo estéticos, espirituales; Vaz et al., 2018) y *servicios de soporte* (aquellos que mantienen la producción de todos los demás servicios del ecosistema, por ejemplo, formación de suelos, ciclos de nutrientes) (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

A pesar de ello, los Espacios Naturales Protegidos están actualmente amenazados por el cambio climático. Entre los impactos del cambio climático sobre los Espacios Naturales Protegidos se encuentra el decaimiento forestal, desplazamiento altitudinal de especies vegetales, cambios en la fenología de especies vegetales y animales, etc. (Herrero y Zavala, 2015). Estos impactos pueden no ser lineales o proporcionados, de modo que

pequeños incrementos adicionales en la aridez pueden revertir en cambios catastróficos en nuestros ecosistemas, incluyendo disminuciones drásticas de la productividad vegetal, desacoplamiento en las interacciones bióticas o pérdidas importantes de biodiversidad (Berdugo et al., 2020). Por ello, es necesario incluir el cambio climático como una prioridad en la planificación y gestión de estas áreas con la finalidad de mitigar sus efectos negativos sobre nuestro capital natural (EUROPARC-España, 2018).

Es necesario llevar a cabo más acciones de adaptación y mitigación frente a los graves impactos del cambio climático ya que, en pocas ocasiones, aparecen reflejadas en las Memorias de Gestión de los Parques Naturales de la Comunidad Valenciana acciones con dicho fin, aunque hayan aumentado en los últimos años (Chicote, 2020). Para ello se hace necesaria una mayor inversión económica que facilite la puesta en marcha de acciones de conservación y adaptación puesto que, en la última década, el presupuesto económico de los Parques Naturales de la Comunidad Valenciana se ha visto reducido de manera drástica en un 60% (Chicote, 2020). En el Parque Natural del Carrascal de la Font Roja, los criterios sobre gestión en relación con el cambio climático se vienen teniendo en cuenta los últimos años, habiéndose incorporado específicamente dentro de sus memorias de gestión a partir de 2018 (P.N. Carrascal de la Font Roja, 2018) y es ya la adaptación al cambio climático una de las directrices estratégicas prevista para el próximo año (P.N. Carrascal de la Font Roja, 2021). Con la finalidad de colaborar en este esfuerzo y ofrecer de forma resumida el conocimiento científico al respecto, aquí recopilamos las medidas, bajo el enfoque y recomendaciones de los recientes informes de los paneles internacionales (IP) IPCC (Cambio climático; 2016, 2019) e IPBES (Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos, 2019) y basándonos en las directrices marcadas por EUROPARC-España (2018).

OBJETIVOS

Establecer un marco general en relación con el cambio climático en el Parque Natural de la Font

Roja con la finalidad de reducir y gestionar los riesgos asociados y ayudar en la incorporación de la adaptación al cambio climático de los planes de gestión del Parque Natural.

Los objetivos específicos son:

- O1) Identificar la vulnerabilidad de los objetos de conservación del Parque Natural del Carrascal de la Font Roja
- O2) Recopilar las medidas de adaptación al cambio climático que se están realizando
- O3) Proponer medidas o acciones complementarias a las que ya se vienen realizando basadas en indicadores (O1) (EUROPARC-España, 2018) para una conservación más efectiva
- O4) Establecer una red de parques naturales en los que aplicar la misma metodología

METODOLOGÍA

Se ha realizado una revisión bibliográfica para hacer una lista de los objetos de conservación presentes en el parque natural, la cual está formada por hábitats de interés comunitario (Directiva de Hábitats de la Unión Europea 92/43/CEE), así como por especies de flora y fauna de interés (Tabla 1). Asimismo, se han relacionado estos objetos de conservación con el riesgo de extinción actual (% de especies con respecto al total de especies conocidas) que presenta cada categoría a nivel mundial según la Lista Roja de la UICN. Para ello, se han sumado los porcentajes de especies incluidas en las categorías vulnerable (VU), en peligro (EN) y en grave peligro (CR) (Tabla 1).

Posteriormente, se ha evaluado el grado de estudio o conocimiento de los objetos de conservación en relación con las medidas relacionadas directa o indirectamente con el cambio climático que se están llevando a cabo en el Parque Natural (Tabla 2). Estas medidas se han dividido en tres categorías: de seguimiento, de mitigación y adaptación, y de sensibilización, las cuales están en línea con los objetivos generales de la Estrategia Valenciana de Cambio Climático y Energía 2030 (borrador actualmente en información y participación pública; <http://www.agroambient.gva.es/es/web/cambio-climatico/2020-2030>). Esta evaluación nos permite

identificar vacíos en las medidas de cambio climático relacionadas con uno o varios de los objetos de conservación del Parque Natural.

Una vez identificados los vacíos entre medidas y objetos de conservación, ofrecemos algunas alternativas para gestionar estas incertezas y complementar las medidas actuales del parque para la adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático. Estas medidas complementarias también se organizan siguiendo el esquema de la Estrategia Valenciana de Cambio Climático y Energía 2030.

Finalmente, seleccionamos de entre las medidas actualmente en desarrollo, así como las nuevas que proponemos, un conjunto mínimo que sirva como guía para otros espacios naturales protegidos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los objetos de conservación del P.N. del Carrascal de la Font Roja están dominados por las plantas vasculares, con un total de 8 comunidades vegetales de interés y 40 especies de plantas superiores. Las plantas superiores presentan una vulnerabilidad que podríamos considerar intermedia a nivel mundial, con un 30% de especies dentro de alguna de las categorías amenazadas según la UICN (Tabla 1). Desconocemos la vulnerabilidad climática de las 8 comunidades vegetales, aunque es de esperar que no sean excesivamente elevadas dado que muchas de estas comunidades se distribuyen ampliamente por gran parte de la Península, incluyendo poblaciones en climas más áridos que el que caracteriza al parque natural (Inventario Español de hábitats terrestres; MITECO). Quizás las comunidades con mayor grado de amenaza por el cambio climático, e interés para el parque sean los hábitats 9240 y 9340 (según Directiva 92/43/CEE).

El Carrascal de la Font Roja supone una de las poblaciones más meridionales de los robledales ibéricos de *Quercus faginea* y uno de los carrascales de *Quercus rotundifolia* mejor conservados de la provincia de Alicante, que ya ha sufrido diversos episodios de seca en el pasado. En general, para la mejor conservación de estos hábitats de interés nos ceñimos a las recomendaciones ofrecidas por Ríos y

Salvador (2009) para otro de los hábitats de interés del Parque: reducir el ramoneo excesivo (en el caso de la Font Roja, debido a la presión de las poblaciones de ungulados) e incrementar el conocimiento sobre su regeneración. Esto último se puede conseguir mediante el establecimiento de parcelas de seguimiento fijas, donde se cuantifiquen los reclutamientos de las especies de interés. En este sentido, actualmente grupos de investigación del Departamento de Ecología de la Universidad de Alicante están realizando parte de estos seguimientos, en 25 parcelas de 5 x 5 m, para *Quercus sp.* y otros árboles característicos de los encinares y bosques caducifolios del Parque (*Acer granatense*, *Fraxinus ornus*). Extender estos seguimientos a otros hábitats y especies vegetales de interés en el parque, podría ayudar a predecir su distribución futura y sensibilidad a las futuras condiciones climáticas. Así, investigadores del CIDE están realizando seguimiento de vegetación en los hábitats de interés.

Entre los objetos de interés, a las plantas vasculares les siguen los animales vertebrados (19 especies), invertebrados (14 especies), hongos (12 especies) y líquenes (3 especies). Este último grupo, muestra niveles muy altos de vulnerabilidad (superiores al 90% de especies consideradas como amenazadas según la IUCN). A pesar de esta elevada vulnerabilidad, no hemos encontrado ninguna medida actual en la estrategia del Parque para evaluar o mitigar los efectos del cambio climático sobre los líquenes. Dos de las especies de líquenes objeto de conservación (*Gyalecta geolica*, *Opegrapha rufescens*) son característicos de formaciones de encinar y están incluidas en la lista roja preliminar de líquenes de la Comunidad Valenciana (Atienza y Segarra, 2000). Desconocemos su grado de sensibilidad al cambio climático (aunque algunas especies de líquen son particularmente sensibles a altas temperaturas en verano; Fernández-Calzado et al., 2013; Matos, 2016). Un extenso estudio sobre la vulnerabilidad climática de los líquenes de la Península Ibérica reveló que aquellas especies con talos grandes (> 5 mm diámetro) y con cianobacterias como fotobionte, se consideran las más sensibles a futuros escenarios de cambio climático, mientras que aquellas especies con talos pequeños, y hábitos

epífitos o saxícolas, son menos sensibles (Rubio-Salcedo et al., 2017). Las especies de líquenes objeto de conservación del Parque presentan talos pequeños y hábitos epífitos, y por tanto es de esperar que no presenten una vulnerabilidad elevada a futuros escenarios climáticos. Sin embargo, desconocemos cuál es el estado de sus poblaciones en el Carrascal de la Font Roja, o posibles medidas de adaptación y mitigación a posibles impactos del cambio climático, ya que incluso las especies de líquenes menos vulnerables pueden llegar a perder el 50% de sus poblaciones actuales debido al cambio climático (Rubio-Salcedo et al., 2017). Estudios realizados para otros líquenes amenazados característicos de bosques mediterráneos (e.g. *Lobaria pulmonaria*) sugieren que conservar pequeños parches de bosque, con árboles viejos con grandes diámetros, fomenta la presencia y cobertura de estas especies (Belinchón et al., 2009). Asegurar la regeneración de nuevos pies de encina, así como mantener los árboles más grandes y longevos, es de esperar que ayudará a mantener las poblaciones de estos líquenes en el futuro.

El personal del Parque y las organizaciones que vienen realizando actividades asociadas al mismo, han desplegado un amplio abanico de medidas de seguimiento, adaptación y mitigación al cambio climático, así como de sensibilización al público (Tabla 2). Las medidas de seguimiento parecen particularmente completas, con proyectos en activo de seguimiento en algunas parcelas de bosque, censos completos de las comunidades de ungulados, seguimiento a largo plazo de las poblaciones de aves, o la realización de estudios recientes sobre las poblaciones de hongos, algunos grupos de invertebrados y anfibios. Sin embargo, las medidas de adaptación y mitigación se centran sobre todo en plantas vasculares y animales vertebrados. Los animales invertebrados y hongos, que suponen una inmensa proporción de la biodiversidad, o los altamente vulnerables líquenes, reciben escasa atención en la aplicación de estas medidas (Tabla 3), en consonancia con otros espacios protegidos. Aunque entendible por su visibilidad y atención pública, sería recomendable incluir otros organismos de interés, además de plantas vasculares y animales vertebrados, en los

planes de gestión del parque. Para realizar esto de una forma más eficiente, convendría identificar: 1) cuáles de las medidas orientadas a plantas vasculares o animales vertebrados pueden beneficiar también a otros grupos de organismos, y 2) cuáles son las medidas de adaptación y mitigación más recomendables para líquenes, hongos e invertebrados Mediterráneos. En cuanto al primer punto, el mantenimiento de árboles singulares puede ser especialmente beneficioso para la conservación de líquenes, ya que prefieren troncos grandes y viejos. La gestión de combustible con ganado, el mantenimiento de ecosistemas agrícolas y la incorporación de restos agrícolas triturados al suelo (Tabla 2), actualmente en desarrollo en el Parque, pueden ayudar de forma indirecta a la conservación de invertebrados y hongos. Esto se debe a un mayor contenido de carbono orgánico en el suelo, provisión de nuevos hábitats y zonas de refugio en las heces del ganado o matorrales y flora arvense en los márgenes de cultivos (e.g., Sánchez-Piñero y Avila, 2004; Haenke et al., 2009). En cuanto al segundo punto, medidas adicionales como retrasar o evitar la corta de vegetación herbácea en taludes hasta finales de junio pueden ayudar a mantener las poblaciones de invertebrados. Dejar los restos de poda y mantenimiento en las actuaciones de conservación y restauración del carrascal, también puede favorecer a los hongos e invertebrados saproxílicos (Hera, 2002). Los hongos y líquenes mediterráneos son altamente sensibles a futuros escenarios de cambio climático (Rubio-Salcedo et al., 2017; Castaño et al., 2018) y su vulnerabilidad es ya de por sí elevada, con más del 50% de especies consideradas bajo alto grado de amenaza por la IUCN (Tabla 1). Por tanto, determinar potenciales medidas de mitigación de los efectos del cambio climático para estos organismos (en colaboración con las asociaciones micológicas locales, por ejemplo) podría ser de gran ayuda para complementar las actuales medidas tomadas en el parque. Estudios en bosques del centro de Europa dan indicaciones sobre cómo gestionar estos bosques para maximizar la biodiversidad. A rasgos generales, incrementar la heterogeneidad (distintas especies de árboles, diversidad en los tamaños de los troncos) favorece la diversidad y abundancia en numerosos grupos de organismos, incluyendo

hongos, líquenes y artrópodos (Penone et al., 2018). Sin embargo, es importante decir que, en dicho estudio, las medidas que favorecían la diversidad y abundancia no eran las mismas que favorecían a las especies con requerimientos más específicos, como por ejemplo aquellas características de bosques cerrados. Para favorecer a estas especialistas de bosques, parece ser que bosques densos y con poca mezcla de especies forestales (como el carrascal cerrado) son más beneficiosos. Falta saber si estos patrones se cumplen en el Carrascal de la Font Roja, y si las medidas adoptadas para adaptar el carrascal al cambio climático pueden favorecer, además, la diversidad de estos grupos de organismos.

Por último, necesitamos considerar el importante componente espacial en la sensibilidad a los efectos del cambio climático. Por ejemplo, zonas con suelos más esqueléticos, más expuestas al sol, o con menos agua disponible por su topografía son más sensibles a temporadas secas más largas. Identificar este componente espacial en la sensibilidad al clima nos puede permitir, en un futuro cercano, establecer un mapa de zonas más o menos vulnerables al cambio climático en el Parque. De esta forma, las áreas menos sensibles se podrían demarcar como zonas refugio para establecer poblaciones de refuerzo de aquellas especies de interés (e.g. plantas de especial interés, como las translocaciones de orquídeas que ya se vienen realizando en el Parque). Por otra parte, en las zonas más sensibles se podrían centrar los esfuerzos de manejo y gestión adaptativa de los ecosistemas forestales del parque para optimizar los recursos hídricos, mediante aclareos selectivos o riegos de refuerzo. Una buena calibración sobre la correcta delimitación de estas zonas más vulnerables nos la puede ofrecer: i) su solapamiento con eventos de seca previamente observados en el Parque, o ii) menor crecimiento y reclutamiento de árboles en zonas consideradas más sensibles que en aquellas consideradas menos sensibles.

CONCLUSIONES

La idea de establecer una red de seguimiento y evaluación de los efectos del cambio climático en ecosistemas Mediterráneos lleva ya algún tiempo en circulación (e.g. Gauguelin et al., 2016). Sin embargo, a pesar de la existencia de experimentos de simulación de cambio climático en diversos bosques mediterráneos, carecemos de un diseño de seguimiento estandarizado, que se pueda aplicar tanto en el Parque Natural del Carrascal de la Font Roja como en otros espacios protegidos de la Comunidad Valenciana. Otras iniciativas internacionales, como el proyecto GLORIA de seguimiento de la respuesta al cambio climático en ecosistemas alpinos (Pauli et al., 2015), ofrece un excelente punto de partida para establecer esta metodología estandarizada, incluyendo múltiples grupos de organismos y condiciones ambientales. Es difícil, sin embargo, establecer seguimientos explícitos para todas y cada una de las especies de interés en el parque. En este sentido, utilizar una aproximación que acople rasgos funcionales y modelos de distribución potencial de especies (e.g. Rubio-Salcedo et al., 2017) puede ayudar a identificar especies indicadoras sobre las que centrar estos esfuerzos de seguimiento. Es importante que dichas especies indicadoras incluyan representantes de los 5 grupos objeto de interés en el parque. Dado que los modelos de distribución potencial de especies se centran sobre todo en individuos adultos, monitorizar el reclutamiento de individuos jóvenes de especies clave en el Parque (como la carrasca, los árboles característicos del bosque caducifolio, o las principales especies vegetales de los hábitats de interés) puede ofrecer información complementaria sobre las futuras trayectorias posibles del Parque Natural. En cuanto a las medidas de mitigación y adaptación, nuestro estudio ha identificado vacíos fundamentales relacionados con líquenes, hongos e invertebrados. Establecer medidas complementarias para estos organismos en colaboración con los distintos grupos de expertos que ya trabajan en el parque es, por tanto, una prioridad para completar su estrategia de adaptación al cambio climático.


	OBJETO DE CONSERVACIÓN (PORN)	TOTAL	RIESGO DE EXTINCIÓN ACTUAL (%)*
	Comunidades vegetales de interés (Directiva 92/43/CEE)	8	Estima no disponible
	Animales invertebrados	14	Artrópodos, gasterópodos y anélidos: >18
	Animales vertebrados	19	Mamíferos: >24 Aves: >13 Anfibios: >27 Reptiles: >15
	Líquenes	3	>90
	Hongos	12	>50
	Plantas superiores	40	Dicotiledóneas: >30 Monocotiledóneas: >10 Coníferas: >30

Tabla 1. Total de objetos de conservación por categorías (Decreto 121/2004) dentro del P.N. del Carrascal de la Font Roja y riesgo de extinción actual según la Lista Roja de la UICN

*Estimado a partir de la suma de porcentajes de especies vulnerables, en peligro de extinción y en grave peligro de extinción en relación con cada categoría de objeto de conservación basándonos en la Lista Roja de la UICN y al Informe del IPBES (2019).

MEDIDAS	RESPONSABLE DE EJECUCIÓN
SEGUIMIENTO	
Proyecto Bosques maduros	Servicio técnico de Conselleria, Equipo Técnico del Parque Natural, colabora Brigada de Conservación y Mantenimiento.
Butterfly Monitoring Scheme – BMS – Font Roja	Equipo de promoción del Parque Natural.
Seguimiento de bosque con parcelas de referencia	Dirección, Equipo Técnico y Equipo de Promoción. Servicio técnico del CSIC-CIDE. Servicio técnico empresa 4 Datum.
Anillamiento científico y seguimiento de aves forestales	Equipo Técnico y la Brigada de Conservación y Mantenimiento del Parque Natural. Grup Reiet de Anillamiento. SEOBirdLife.
Seguimiento mortalidad de vertebrados en la carretera CV-797	Equipo Técnico del Parque Natural, Brigada de conservación y Mantenimiento y Agentes Medioambientales.
Banco de datos de la Biodiversidad (BDBCv)	Equipo Técnico del Parque Natural, Brigada de Conservación y Mantenimiento y Agentes Medioambientales. Colabora Estación Científica Font Roja Natura UA.
Fotoidentificación de invertebrados	Equipo de Promoción del Parque Natural, Brigada de Conservación y Mantenimiento y Agentes Medioambientales.

Censo anual de ungulados	Técnicos del Servicio de Caza (coordinación). Equipo Técnico del Parque Natural, Brigada de Conservación y Mantenimiento y Agentes Medioambientales. Colabora Estación Científica Font Roja Natura UA.
Seguimiento de mamíferos mediante fototrampeo	Estación Científica Font Roja Natura UA.
Seguimiento dinámica funcional del bosque y desfronde	Estación Científica Font Roja Natura UA.
Proyecto Adaptación al cambio climático de la gestión forestal	Brigada de Conservación y Mantenimiento del Parque Natural, Estación Científica Font Roja Natura UA.
Proyectos ALTERACLIM e HYDROVAL	Estación Científica Font Roja Natura UA y Departamento de Ecología de la Universidad de Alicante.
Evaluación efectos fragmentación y pérdida de biodiversidad sobre funcionamiento ecosistemas Mediterráneos	Departamento de Ecología de la Universidad de Alicante.
Prospecciones y seguimiento micológico	Sociedad Micológica Valenciana y ASOMA
Análisis y estructura del bosque de carrascal	Empresa 4 Datum.
MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN	
Reducción de combustible y aclareos	Brigada de Conservación y Mantenimiento del Parque Natural.
Proyectos de seguimiento de efectos de las actuaciones de gestión forestal y dinámica hídrica	Estación Científica Font Roja Natura
Recuperación de entono agrícola	Equipo Técnico y la Brigada de Conservación y Mantenimiento del Parque Natural. Servicio de Vida Silvestre y Estación Biológica de Torretas Ibi. Colabora Ayuntamiento de Alcoy.
Vivero Forestal de la Font Roja	Sección Forestal de la Dirección Territorial de Alicante, a través de la empresa FORESMA. Colabora Brigada de Conservación y Mantenimiento y Equipo Técnico del Parque Natural y Ayuntamiento de Alcoy
Instalación de cajas nido	Equipo de Promoción del Parque Natural.
Riego estival de árboles singulares	Brigada de Conservación y Mantenimiento del Parque Natural.
Plantación de olmos resistentes a grafiosis	Ayuntamiento de Alcoy, Ministerio de Medio Ambiente. Equipo de Promoción y Brigada de Conservación y Mantenimiento del Parque Natural.
Gestión del ganado para el mantenimiento de cortafuegos	Departamento de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Alcoy y Ayuntamiento de Ibi. Colabora Brigada de Conservación y Mantenimiento del Parque Natural. Información facilitada por el Ayuntamiento de Ibi.
Biotrituración de restos agrícolas	Brigada de Biotrituración del Servicio de Prevención de Incendios Forestales. Equipo de Promoción del P.N. de la Serra de Mariola.
Adecuación y mejora de las pistas forestales	Brigada de Conservación y Mantenimiento del Parque Natural, Servicio de Prevención de Incendios Forestales.
Conservación y restauración del carrascal	Brigada de Conservación y Mantenimiento del Parque Natural, Estación Científica Font Roja Natura UA.
Gestión del uso público (mantenimiento infraestructuras, equipamientos, regulación actividades, etc.)	Brigada de Conservación y Mantenimiento del Parque Natural, Equipo de Promoción y Técnico. Con colaboración de los Ayuntamientos de Alcoy y Ibi y otras entidades organizadoras y/o que exponen.
Aplicaciones de Sistemas de Información Geográfica (SIG) al estudio del medio y la gestión de recursos	Estación Científica Font Roja Natura UA.
Control de especies exóticas invasoras	Brigada de Biodiversidad Red Natura 2000, sector Norte

Restauración de pozos	Equipo de Promoción, Brigada de Conservación y Mantenimiento del Parque Natural, Ayuntamiento Ibi. Equipo GIRA (grupo de investigación en restauración arquitectónica) compuesto por profesores del Departamento de Construcciones Arquitectónicas de la Universidad de Alicante y otros colaboradores externos.
Parcela control de flora con pastor eléctrico	Equipo Técnico y Brigada de Conservación y Mantenimiento del Parque Natural. Comisión Científica PNCFR y PNSM.
Trabajos de translocación ejemplares de orquídeas	Equipo Técnico, Brigada de Conservación y Mantenimiento del Parque Natural, Brigada de Vida Silvestre, Agente Medioambiental.
Seguimiento anual de la población de <i>Lymantria dispar</i>	Conselleria de Agricultura, Desarrollo Rural, Emergencia Climática y Transición Ecológica, Agentes Medioambientales. Colabora la Brigada de Conservación y Mantenimiento del Parque Natural.
Adecuación y mejora de bebederos y puntos de agua	Equipo de Promoción, Brigada de Conservación y Mantenimiento del Parque Natural.
Aviario de recuperación de aves forestales	Equipo de Promoción del Parque Natural
SENSIBILIZACIÓN	
Formación del personal del Parque	Equipo de Promoción del Parque Natural. Estación Científica Font Roja Natura UA.
Actividades de promoción, interpretación y educación ambiental (grupos escolares, etc.)	Equipo de Promoción del Parque Natural. Estación Científica Font Roja Natura UA. Colaboración con entidades locales.
Comunicación y divulgación (redes sociales, dossier y notas de prensa, comunicación, boletín trimestral)	Equipo de Promoción y equipo Técnico del Parque Natural. Estación Científica Font Roja Natura UA. Servicio de Gestión de Espacios Naturales Protegidos, Gabinete de prensa.
Actividades de voluntariado	Equipo Técnico y equipo de Promoción del Parque Natural.
Marca Parques Naturales	Equipo Técnico del Servicio Central de Parques Naturales.
Publicaciones científicas	Equipo de Promoción del Parque Natural. Estación Científica Font Roja Natura UA.
Jornadas divulgativas científicas	Equipo Técnico y Equipo de Promoción de los parques naturales de la Font Roja y de la Serra de Mariola. Colabora la Comisión Científica PNCFR y PNSM y Ayuntamiento de Cocentaina.
Comisión científica PNCFR y PNSM	

Tabla 2. Listado de medidas específicas de seguimiento, mitigación y adaptación y sensibilización relacionadas directa o indirectamente con el cambio climático que se están realizando actualmente en el Parque Natural del Carrascal de la Font Roja y responsable/s de ejecución.

Nota: Extraído de la Memoria de gestión del P.N. (2019).

MEDIDAS	OBJETO DE CONSERVACIÓN
SEGUIMIENTO Censo poblaciones silvestres Variables climáticas (estaciones meteorológicas)	
MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN Gestión forestal Reducción deforestación y degradación forestal Gestión del fuego Incremento contenido carbono orgánico suelo Reducción erosión suelos	
SENSIBILIZACIÓN Concienciar sobre el cambio climático	

Tabla 3. Medidas en términos generales de seguimiento, mitigación y adaptación y sensibilización relacionadas directa o indirectamente con el cambio climático que se están llevando a cabo en el P.N. del Carrascal de la Font Roja en relación con los objetos de conservación.

Nota: Las barras coloreadas completamente indican: relativamente bien estudiado. Mitad coloreada: parcialmente estudiado. En blanco: nada/casi nada estudiado.

AGRADECIMIENTOS

A Jordi Acosta y Pep Cantó, del Equipo de Promoción y al resto del personal del Parque Natural. La Estación Científica Font Roja Natura UA depende del Vicerrectorado de Investigación y Transferencia del Conocimiento de la Universidad de Alicante. Este trabajo ha sido financiado por el proyecto “Balances hídricos, relación agua azul/verde y recarga de acuíferos en ecosistemas mediterráneos a lo largo de un gradiente climático” (BLUEWATER-HYDROMED; Referencia PID2019-111332RB-C21) financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, del Gobierno de España. Igualmente S.S. ha sido financiado por dicho organismo, mediante el proyecto I+D+i «Retos investigación» del programa estatal de I+D+i orientada a los retos de la sociedad “Identificando las consecuencias funcionales de cambios en la biodiversidad a varias escalas espaciales” (FOBIASS; RTI2018-098895-a-i00) y la ayuda Ramón y Cajal (RyC-2016-20604).

BIBLIOGRAFÍA

- Amblar, M.P., Casado, M.J., Pastor, M.A., Ramos, P., Rodríguez, E.** (2017). Guía de escenarios regionalizados de cambio climático sobre España a partir de los resultados del IPCC-AR5. Agencia Estatal de Meteorología.
- Atienza, V., Segarra, J.G.** (2000). Preliminary Red List of the lichens of the Valencian Community (eastern Spain). *Forest Snow and Landscape Research*, 75(3): 391-400.
- Belinchón, R., Martínez, I., Otálora, M., Aragón, G. Dimas, J., Escudero, A.** (2009). Fragment quality and matrix affect epiphytic performance in a Mediterranean forest landscape. *American Journal of Botany*. Volume 96, Issue 11: 1974-1982.
- Berdugo, M., Delgado-Baquerizo, M., Soliveres, S., Hernandez-Clemente, R., Zhao, Y., Gaitán, J.J., Gross, N., Saiz, H., Marie, V., Lehmann, A., Rillig, M.C., Solé, R.V., Maestre, F.T.** (2020). Global ecosystem thresholds driven by aridity. *Science*. Volume 367, Issue 6479: 787-790.
DOI: 10.1126/science.aay5958
- Castaño, C., Lindahl, B. D., Alday, J., Hagenbo, A., Martínez de Aragón, J., Parlade, J., Pera, J., Bonet, J. A.** (2018). Soil microclimate changes affect soil fungal communities in a Mediterranean pine forest. *New Phytologist*, 220: 1211–1221.
- Chicote, J.** (2020). Diagnóstico de la adaptación al Cambio Climático en los parques naturales de la Comunidad Valenciana. Trabajo Fin de Grado. Grado en Biología. Facultad de Ciencias. Universidad de Alicante.
- DECRETO 121/2004**, de 16 de julio, del Consell de la Generalitat, por el que se aprueba el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales y la revisión del Plan Rector de Uso y Gestión del Parc Natural del Carrascal de la Font Roja.
- Directiva 92/43/CEE** del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres.
- EUROPARC-España 2018**. Las áreas protegidas en el contexto del cambio global: incorporación de la adaptación al cambio climático en la planificación y gestión. Segunda edición, revisada y ampliada. Ed. Fundación Fernando González Bernáldez para los espacios naturales. Madrid, España. 168 pp.
- Fernandez-Calzado, Casers, M., Blanco, J., Molero, J.** (2013). Monitoring lichens diversity and climatic change in Sierra Nevada (Spain). *Pirineos*. Volumen 168: 25-38.
- Gauquelin, T., et al.** (2018). Mediterranean forests, land use and climate change: a social-ecological perspective. *Regional Environmental Change*. Volume 18: 623–636.
- Haenke, S., Scheid, B., Schaefer, M., Tschardt, T., Thies, C.** (2009). Increasing syrphid fly diversity and density in sown flower strips within simple vs. complex landscapes. Volume 46, Issue5: 1106-1114.
- Herrero, A., Zavala, M.A.**, editores (2015). *Los Bosques y la Biodiversidad frente al Cambio Climático: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación en España*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.
- IPBES (2019)**. Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. S. Díaz, J. Settele, E. S. Brondízio E.S., H. T. Ngo, M. Guèze, J. Agard, A. Arneth, P. Balvanera, K. A. Brauman, S. H. M. Butchart, K. M. A. Chan, L. A. Garibaldi, K. Ichii, J. Liu, S. M. Subramanian, G. F. Midgley, P. Miloslavich, Z. Molnár, D. Obura, A. Pfaff, S. Polasky, A. Purvis, J. Razzaque, B. Reyers, R. Roy Chowdhury, Y. J. Shin, I. J. Visseren-Hamakers, K. J. Willis, and C. N. Zayas (eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany. 56 pages.
- IPCC (2019)**. Summary for Policymakers. In: *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.- O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)].

- Matos, P.S.** (2016). Development of ecological indicators of climate change based on lichen functional diversity. Tesis doctoral. Portugal. Universidad de Aveiro. Departamento de Biología.
- Hera, P., Infante, M.** (2002). *Quercus*, 197: 24-29.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (Fundación Biodiversidad, Oficina Española de Cambio Climático, Agencia Estatal de Meteorología, Centro Nacional de Educación Ambiental).** (2016). Cambio climático: Informe de síntesis. Guía resumida del Quinto Informe de Evaluación (AR5) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) de las Naciones Unidas.
- Kapos, V., Scharlemann, J.P.W., Campbell, A., Chenery, A., Dickson, B.** (2008). Impacts of Climate Change on Biodiversity: A review of the recent scientific literature. UNEP World Conservation Monitoring Centre.
- Millennium Ecosystem Assessment.** (2005). Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC.
- Pauli, H., Gottfried, M., Lamprecht, A., Niessner, S., Rumpf, S., Winkler, M., Steinbauer, K., Grabherr, G., coordinadores y editores** (2015). Manual para el trabajo de campo del proyecto GLORIA. Aproximación al estudio de las cimas. Métodos básicos, complementarios y adicionales. 5ª edición. GLORIA-Coordinación, Academia Austriaca de Ciencias y Universidad de Recursos Naturales y Ciencias de la Vida, Viena, Austria. Edición en español a cargo de Benito, J.L. & Villar, L., Jaca, España.
- Penone, C., et al.** (2018). Specialisation and diversity of multiple trophic groups are promoted by different forest features. *Ecology Letters*. Volume 22 Issue 1: 170-180.
- P.N. del Carrascal de la Font Roja.** (2018). Memoria de gestión. Generalitat Valenciana.
- P.N. del Carrascal de la Font Roja.** (2021). Plan Anual de Gestión. Generalitat Valenciana.
- Ríos, S., Salvador, F.M.** (2009). Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.
- Rúbio-Salcedo, M., Psomas, A. Prieto, M. Zimmermann, N. Martínez, I.** (2017). Biodiversity and Conservation. Volume 26, 1121–1141.
- Sanchez-Piñero, F., Avila, J. M.** (2004). Dung-insect community composition in arid zones of south-eastern Spain. *Journal of Arid Environments* 56: 303–327.
- Vaz, A.S., Castro-Díez, P., Godoy, O., Alonso, A., Vilà, M., Saldaña, A., Marchante, H., Bayón, A., Silva, J.S., Vicente, J.R., Honrado, J.P.** (2018). An indicator-based approach to analyse the effects of non-native tree species on multiple cultural ecosystem services. *Ecological Indicators*, 85: 48-56.
- Vitousek, P.M.** (1994). Beyond global warming: ecology and global change. *Ecology*, 75: 1861-1876.