

La integración del conocimiento sobre la Cordillera Cantábrica: hacia un observatorio inter-autonómico del cambio global

J. Barquín^{1,*}, J.M. Álvarez-Martínez¹, B. Jiménez-Alfaro^{2,3}, D.I. García⁴, D. Vieites⁵, E. Serrano⁶, A. González-Díez⁷, S. Tejón⁸, E. de Luis Calabuig⁹, Á. Taboada⁹, F.J. Purroy⁹, M. Del Jesus¹, J. Naves¹⁰, A. Fernández-Gil¹⁰, Á. Serdio¹¹, A. Javier Lucio¹¹, R. Suárez¹², J. Araujo¹³

- (1) Instituto de Hidráulica Ambiental, Universidad de Cantabria, Av. Isabel Torres, 15, Parque Científico y Tecnológico de Cantabria, 39011 Santander, España.
 (2) German Centre for Integrative Biodiversity Research (iDiv) Halle-Jena-Leipzig, Deutscher Platz 5e, 04103 Leipzig, Alemania.
 (3) Geobotany and Botanical Garden, Institute of Biology, Martin Luther University, Halle-Wittenberg, Am Kirchtor 1, 06108 Halle (Saale), Alemania.
 (4) Departamento de Biología de Organismos y Sistemas y Unidad Mixta de Investigación en Biodiversidad (UMIB, CSIC-Uo-PA), Universidad de Oviedo, C/ Catedrático Rodrigo Uría s/n, 33071 Oviedo, España.
 (5) Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, C/ José Gutiérrez Abascal 2, 28006 Madrid, España.
 (6) Departamento de Geografía, Universidad de Valladolid, Pº del Prado de la Magdalena s/n, 47011 Valladolid, España.
 (7) Departamento de Ciencias de la Tierra y Física de la Materia Condensada, Universidad de Cantabria, Av. los Castros s/n, 39005 Santander, España.
 (8) Asociación Red Cambera, Apdo. Correos 80, 39500 Cabezón de la Sal, España.
 (9) Departamento de Biodiversidad y Gestión Ambiental, Universidad de León, Campus de Vegazana s/n, 24071 León, España.
 (10) Estación Biológica de Doñana, CSIC, C/ Américo Vespucio s/n, Isla de la Cartuja, 41092 Sevilla, España.
 (11) Dirección General del Medio Natural, Gobierno de Cantabria, Calle Albert Einstein 2, 39011 Santander, España.
 (12) Parque Nacional de los Picos de Europa, Calle Arquitecto Reguera 13, 33004 Oviedo, España.
 (13) Calle Fuente 36, 28944 Fuenlabrada, Madrid, España.

* Autor de correspondencia: J. Barquín [barquinj@unican.es]

> Recibido el 07 de abril de 2017 - Aceptado el 20 de febrero de 2018

Barquín, J., Álvarez-Martínez, J.M., Jiménez-Alfaro, B., García, D., Vieites, D., Serrano, E., González-Díez, A., Tejón, S., de Luis Calabuig, E., Taboada, Á., Purroy, F.J., Del Jesus, M., Naves, J., Fernández-Gil, Á., Serdio, Á., Javier Lucio, A., Suárez, R., Araujo, J. 2018. La integración del conocimiento sobre la Cordillera Cantábrica: hacia un observatorio inter-autonómico del cambio global. *Ecosistemas* 27(1): 96-104. Doi.: 10.7818/ECOS.1422

La Cordillera Cantábrica (CC) presenta una serie de singularidades que le convierten en un excelente enclave para el seguimiento de los efectos del cambio global. Este estudio analiza la necesidad de generar un observatorio inter-autonómico del cambio global, que permitiría integrar el conocimiento actual sobre estas montañas y determinar las prioridades en la generación de nuevo conocimiento. Para cumplir este objetivo, se presentan dos aproximaciones complementarias. La primera consiste en la revisión de la literatura científica publicada sobre la CC y su comparación con otros enclaves geográficos de la Península Ibérica. La segunda consiste en la síntesis de información de un seminario titulado "La CC como Centinela de los Efectos del Cambio Global", celebrado en Santander en agosto de 2015. El análisis bibliográfico muestra que el número de publicaciones científicas sobre la CC es similar al de otros enclaves geográficos de la Península Ibérica, pero con menor riqueza de disciplinas. La producción científica está dominada por los centros de investigación más próximos y tiene una alta participación internacional. Las conclusiones del seminario evidencian que este sistema es un candidato ideal para el seguimiento de los efectos del cambio global sobre multitud de elementos biofísicos. Se considera que la generación de un seminario permanente, junto con la consolidación de las redes de seguimiento actuales, la coordinación de nuevos trabajos, y la mejora de la comunicación entre administraciones y comunidad científico-técnica son elementos esenciales en la futura generación de un observatorio del cambio global en la CC.

Palabras clave: biodiversidad; conservación de la naturaleza; espacios naturales; gestión integral del territorio; montañas; seguimiento ambiental

Barquín, J., Álvarez-Martínez, J.M., Jiménez-Alfaro, B., García, D., Vieites, D., Serrano, E., González-Díez, A., Tejón, S., de Luis Calabuig, E., Taboada, Á., Purroy, F.J., Del Jesus, M., Naves, J., Fernández-Gil, Á., Serdio, Á., Javier Lucio, A., Suárez, R., Araujo, J. 2018. The Integration of knowledge about the Cantabrian Cordillera: towards an inter-regional observatory of global change. *Ecosistemas* 27(1): 96-104. Doi.: 10.7818/ECOS.1422

The Cordillera Cantábrica (CC) presents a series of singularities that make this area an excellent place for monitoring the effects of global change. This study analyses the need to generate an interregional observatory of global change, which would integrate current knowledge about these mountains and help setting priorities in the generation of new knowledge. To achieve this goal, two complementary approaches are presented. The first is the review of the scientific literature published about the CC and its comparison with other mountain systems in the Iberian Peninsula. The second is the synthesis of information from a seminar entitled "The CC as a Sentinel of the Effects of Global Change" held in Santander in August 2015. The literature shows that the number of scientific publications about the CC is similar to other mountain systems in the Iberian Peninsula, but with a lower diversity of disciplines. Scientific production is dominated by the nearest research centres and has a large international participation. The conclusions of the seminar show that this system is an ideal candidate for monitoring the effects of global change on a multitude of biophysical elements. We consider that the generation of a permanent seminar, along with the consolidation of the actual monitoring networks, and the coordination of new studies and the improvement of communication between administrations and the scientific and technical communities are essential elements for the future generation of an observatory of global change in the CC.

Key words: biodiversity; conservation of nature; natural spaces; integral management of the territory; mountains; environmental monitoring

Introducción

Las cordilleras montañosas ocupan casi un cuarto de la superficie terrestre del planeta y se extienden por toda su superficie (Rodríguez-Rodríguez et al. 2011). Estos sistemas cumplen funciones elementales en los procesos que sustentan el funcionamiento de la biosfera como la regulación del clima, el ciclo del agua y los ciclos biogeoquímicos (Grêt-Regamey et al. 2012). Las montañas albergan una gran diversidad de especies y hábitats en un espacio reducido debido al importante gradiente climático en altitud (precipitación, temperatura, insolación, etc.), a la insularidad geográfica, a la abrupta topografía y a las restricciones impuestas a la actividad humana desde tiempos históricos (MacDonald et al. 2000). Los sistemas montañosos son, por tanto, hogar de multitud de endemismos y refugio de especies amenazadas, constituyendo hoy en día el 32% de las zonas protegidas a nivel mundial (Rodríguez-Rodríguez et al. 2011). Las montañas constituyen además un importante reservorio de diversidad cultural de los diferentes pueblos del planeta (Debarbieux y Price 2012), albergando formas de vida tradicionales que se han adaptado a las condiciones dominantes en cada región. En concreto, las montañas acogen entre el 12-20% de la población mundial y proveen multitud de servicios ecosistémicos (agua, comida, madera, etc.) a un número importante de poblaciones situadas en las zonas de llanura y costa que las rodean (Debarbieux y Price 2012). Sin embargo, el cambio global, que incorpora los efectos del cambio climático, la alteración de usos del suelo y los modelos productivos, el aporte excesivo de nutrientes, y la fragmentación del paisaje, entre otros factores, amenazan seriamente la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas de montaña a nivel global y, por tanto, la provisión de los servicios ecosistémicos que sustentan.

En la península ibérica, existen cinco grandes sistemas montañosos (Pirineos, Cordillera Cantábrica, Sistema Ibérico, Sistema Central y Cordillera Bética) que coinciden con el límite de distribución de multitud de especies de flora y fauna del continente europeo, lo que los convierte en refugio de una fracción muy importante de la biodiversidad europea (EEA 2010). Del mismo modo, estos sistemas montañosos concentran una parte importante del sector productivo forestal español (MMA 2002) y son la principal fuente de agua que alimenta a más de 1200 presas del país (de Cea y Sánchez 2007) dedicadas a la producción hidroeléctrica, actividades agropecuarias, industriales y servicios. Entender los efectos del cambio global sobre estos sistemas montañosos resulta, por tanto, fundamental para definir estrategias de adaptación que permitan combinar la conservación de la biodiversidad con la provisión de servicios ecosistémicos clave para el desarrollo de la sociedad española. En este marco cobran gran importancia los "observatorios" y las "redes de seguimiento" del cambio global, herramientas orientadas a cuantificar estos efectos y coordinar los esfuerzos de diferentes grupos de interés hacia una estrategia común de avance del conocimiento y aplicación de los resultados obtenidos (e.g., Zamora 2010). De hecho en España hay una serie de iniciativas que forman parte de la red española de investigación y seguimiento ecológico a largo plazo (LTER-España; Díaz-Delgado 2010). En algunas de estas zonas se han constituido, además, observatorios del cambio global que amplían los programas de seguimiento, como es el caso de Sierra Nevada (Aspizua et al. 2010) o Doñana (Díaz-Delgado 2010). Otras iniciativas como el Observatorio Pirenaico del Cambio Climático se encarga de compilar la información existente a ambos lados de los Pirineos, así como de generar estudios para valorar la vulnerabilidad y establecer líneas de acción para la adaptación al cambio climático (OPCC 2010). Existen de este modo diversas iniciativas para el seguimiento de algunos de los sistemas de montañas más importantes de la península ibérica.

En el marco actual de cambio global, es necesario disponer de información de calidad a escala local y regional que permita desarrollar medidas apropiadas y planes de adaptación para minimizar sus efectos. La creación de un observatorio de Cambio Global en la Cordillera Cantábrica permitiría avanzar en este sentido. En este trabajo de revisión queremos repasar el conocimiento generado por investigadores, gestores, y sociedad civil, para identificar las futuras

prioridades de investigación. Para ello el presente estudio se centra en (1) una comparación de la literatura científica publicada hasta la actualidad sobre la Cordillera Cantábrica con otros enclaves geográficos españoles, (2) la síntesis de la información compartida por 18 expertos que participaron en un seminario sobre la Cordillera Cantábrica como centinela del cambio global en agosto de 2015, (3) la identificación de los pasos a seguir para la generación de un observatorio inter-autonómico del cambio global.

El caso particular de la Cordillera Cantábrica

La Cordillera Cantábrica es un sistema montañoso localizado en el norte de España que discurre paralelo al mar Cantábrico con una longitud de unos 480 kilómetros (dirección oeste-este; Fig. 1). Comprende desde las Montañas galaico leonesas y Ancares, al oeste, hasta la sierra de Aralar, en contacto con Los Pirineos, al este (Alonso et al. 2007). La Cordillera Cantábrica se formó principalmente por dos grandes orogenias, la hercínica y la alpina, siendo los procesos exógenos (p.e. erosión fluvial y deslizamientos de ladera) los que han ido modelando su relieve en una segunda fase (Alonso et al. 2007). Es necesario destacar que en las porciones más elevadas de la Cordillera Cantábrica (Picos de Europa, Peña Prieta) así como en montañas más bajas (Valnera y Aitzgorri) existen además elementos significativos de la criosfera y sus geosistemas asociados, con la presencia de heleros, masas de hielo glaciar heredadas de la Pequeña Edad del Hielo, cuevas heladas y suelos helados estacionales (Pisabarro et al. 2017). Además la acción fluvial y la dinámica de laderas conforman geosistemas muy activos y cambiantes (González-Díez et al. 1999) que junto al escalonamiento de los procesos en altitud, configuran una elevada diversidad de ambientes contribuyendo a una notable geodiversidad. Desde el punto de vista biogeográfico, en la Cordillera Cantábrica convergen el límite de las regiones Atlántica y Mediterránea. Además, también comprende ambientes alpinos y se subdivide en numerosas provincias biogeográficas y pisos bioclimáticos (Rivas-Martínez 1987).

La Cordillera supone la frontera norte/sur e incluso este/oeste en la distribución de muchas especies y comunidades de flora y fauna (p.e., Pleguezuelos et al. 2002; Martí y del Moral 2003; Palomo et al. 2007). Alberga una de las riquezas florísticas más importantes de las montañas de la Comunidad Europea y tiene un elevado porcentaje de endemismo (Jiménez-Alfaro 2009). Este sistema montañoso concentra además una de las mayores riquezas de vertebrados de la península ibérica. Si los valores peninsulares de riqueza de anfibios, reptiles, aves nidificantes y mamíferos son de 22, 35, 263 y 67 especies, respectivamente, en los montes cantábricos residen 18 anfibios, 22 reptiles, 190 aves reproductoras y 67 mamíferos (Pleguezuelos et al. 2002; Martí y del Moral 2003; Palomo et al. 2007).

La diversidad de paisajes de la Cordillera Cantábrica es también muy notable. En este enclave existe un vínculo muy estrecho entre las poblaciones humanas, los usos del suelo y las especies de flora y fauna. De hecho, los patrones espacio-temporales del paisaje y de la fauna y flora silvestres de la Cordillera Cantábrica están íntimamente ligados a la presencia del ser humano en la zona desde tiempos neolíticos (Fernández et al. 2013). Así, existen formaciones paisajísticas singulares en la Cordillera provenientes de diferentes tipos de usos del territorio, como las generadas por los efectos de la trashumancia (Fernández et al. 2013), del uso del fuego para generación de pastos (González-Pellejero et al. 2014) o por el trasmoche de diferentes especies de árboles para leña y forraje (Aragón 2009). Este vínculo entre uso del territorio y dinámicas del paisaje está produciendo actualmente cambios notables en los paisajes de la Cordillera Cantábrica. Por ejemplo, la práctica desaparición de la trashumancia o la reducción de las cabezas de ganado en algunos pastos de los puertos de montaña están originando importantes cambios en las comunidades vegetales y animales (p.ej., Alzaga et al. 2008). Del mismo modo, el cambio climático puede modificar notablemente la distribución de diferentes especies en esta zona, dado su marcado carácter de frontera entre zonas biogeográficas y pisos bioclimáticos.



Figura 1. Situación de la Cordillera Cantábrica (enmarcada en polígono amarillo) y de los Parques Nacionales continentales de la península ibérica (polígonos verdes) utilizados en la revisión bibliográfica del presente estudio.

Figure 1. Location of the Cantabrian Cordillera (framed in yellow polygon) and of the Continental National Parks in the Iberian Peninsula (green polygons) used in the bibliographic revision of this study.

La diversidad de especies, hábitats y paisajes culturales de la Cordillera Cantábrica está actualmente protegida por más de 50 espacios de la Red Natura 2000 que ocupan cerca de unos 10 000 km², incluyendo el Parque Nacional (en adelante PN) más antiguo de España (Parque Nacional de los Picos de Europa) y numerosos espacios naturales protegidos de las 6 Comunidades Autónomas limítrofes (Galicia, Asturias, Cantabria, País Vasco, Navarra y Castilla y León). Estos espacios desarrollan planes de uso y gestión que implementan diferentes actuaciones en función del estado de conservación de especies, hábitats y procesos ecológicos y geomorfológicos. Tanto la evaluación del estado de conservación de estos elementos como el seguimiento de la efectividad de las medidas implementadas (i.e. de cara a poder realizar una Gestión Adaptativa) necesitan ser contrastados y monitorizados a través de diferentes redes de seguimiento para evaluar su coherencia y eficacia a nivel de enclave geográfico. En este sentido, la vasta diversidad de figuras de protección, entidades administrativas y escalas de aplicación de los planes de gestión de los diferentes espacios de la Cordillera supone un reto de coordinación único en las montañas ibéricas. Sin embargo, esta característica podría ser también utilizada como una ventaja competitiva para atraer fondos de programas autonómicos, nacionales y europeos.

Metodología

Comparación de las publicaciones científicas sobre la Cordillera Cantábrica

Se ha realizado una revisión de la literatura científica referida a la Cordillera Cantábrica y se ha comparado con otros sistemas montañosos de la península ibérica utilizando los Parques Nacionales como representantes de los diferentes enclaves montañosos. Se ha decidido incluir también en la comparación el Parque Nacional de Doñana como enclave geográfico con el máximo número de publicaciones registradas en los Parques Nacionales Españoles. En ningún caso deben tomarse estas comparaciones como un examen exhaustivo de todos los trabajos científico-técnicos realizados

en cada uno de estos enclaves geográficos, sino más bien como una comparación utilizando un mismo motor de búsqueda que permita establecer una línea base sobre el conocimiento científico que se ha ido generando en estas zonas. Esta revisión se realizó mediante una consulta en la segunda quincena de diciembre de 2015 a la base de datos SCOPUS (utilizando “cordillera cantábrica” or “cantabrian mountain” para la Cordillera Cantábrica; “aigüestortes” para el Parque Nacional de Aigüestortes y Lago de San Muricio; “cabañeros” para el PN Cabañeros; “doñana” para el PN de Doñana; “guadarrama” para el PN de La Sierra de Guadarrama; “monfragüe” para el PN de Monfragüe; “ordesa” para el PN de Ordesa y Monte Perdido; “picos de europa” para el PN de Picos de Europa, “sierra nevada” excluyendo EEUU, Venezuela y Colombia para el PN de Sierra Nevada; “daimiel” para el PN de Tablas de Daimiel). Se escogió esta base de datos ya que es una de las más amplias en cuanto a recopilación de publicaciones científicas, con un mayor número de tipos de publicaciones que ISI y con la posibilidad de realizar revisiones bibliométricas sencillas, lo cual no puede alcanzarse con otros motores de búsqueda como Google Scholar (Yang y Meho 2006). Para la comparación de la literatura científica publicada en la Cordillera Cantábrica con el resto de Parques Nacionales se utilizó el PN de Picos de Europa, como representación de un enclave de la Cordillera Cantábrica. En los resultados también se incluyeron los datos globales para la Cordillera Cantábrica.

Síntesis del Seminario sobre Cordillera Cantábrica y Cambio Global

La segunda aproximación se basa en la síntesis de la información que se generó en el seminario titulado “La Cordillera Cantábrica como Centinela de los Efectos del Cambio Global”, que se celebró en la Universidad Internacional Menéndez Pelayo en Santander entre el 17 y el 21 de agosto de 2015. Es necesario mencionar que esta síntesis se refiere no pretende ser un estudio sistemático de los efectos del cambio global sobre la biodiversidad de la Cordillera Cantábrica, sino que debe considerarse como un corolario de diferentes ejemplos destacados. En este seminario

participaron 18 expertos que trabajan en la investigación y gestión de la naturaleza en la Cordillera Cantábrica. El seminario se estructuró en una introducción general, cuatro bloques temáticos, y un debate de clausura (para más información ver material adicional en: http://personales.unican.es/barquinj/Info_Adicional_Barquinetal2018_Ecosistemas.pdf). Los bloques temáticos del seminario fueron el marco físico, las dinámicas del paisaje y la vegetación, la biodiversidad faunística y la gestión y conservación del medio natural en la Cordillera Cantábrica. Cada día participaron entre tres y cuatro ponentes con charlas magistrales y con una sesión de más de dos horas de mesa redonda sobre los temas tratados durante el día. Los ponentes prepararon, además, entre 4-10 páginas de síntesis de sus charlas, recogidas finalmente en un único documento (144 páginas) que se entregó a todos los participantes. Tras la celebración del seminario se preparó un documento de síntesis que fue validado por todos los ponentes. En el presente trabajo se resume la información más relevante de este documento, para cada una de las áreas temáticas.

Resultados

Publicaciones científicas en la Cordillera Cantábrica

Se han encontrado un total de 595 publicaciones científicas sobre la Cordillera Cantábrica en la base de datos SCOPUS. Las primeras publicaciones científicas que aparecen en SCOPUS en la Cordillera Cantábrica corresponden a los años 1964 (1) y 1970 (1), pero no es hasta el año 1978 cuando comienzan a publicarse entre 3-10 trabajos/año (Fig. 2). A partir de 1990 se publican más de 10 trabajos/año y a partir de 2005 más de 20 trabajos/año alcanzando un máximo de 48 trabajos/año en 2011. Más del 75% de la producción científica encontrada en la Cordillera Cantábrica son artículos en revistas científicas. Los artículos relacionados con congresos ocupan el segundo lugar y los capítulos de libro el tercero (ver material adicional). El 85% de las publicaciones científicas en la Cordillera Cantábrica se incluyen en las disciplinas "Ciencias de la Tierra y del Espacio" (41%), "Agricultura y Ciencias Biológicas" (24%) y "Ciencias Ambientales" (20%). Los estudios publicados dentro de la disciplina de las "Ciencias Sociales" supo-

nen poco más del 5%. En total, en la Cordillera Cantábrica se han publicado trabajos en un total de 19 disciplinas. Las contribuciones de autores provienen principalmente de instituciones españolas, siendo Alemania, Reino Unido y Holanda los siguientes en cuanto a número de contribuciones. En total en la Cordillera Cantábrica se han publicado trabajos que recogen la cooperación de instituciones de 39 países. A nivel nacional, las principales instituciones que han publicado un mayor número de trabajos científicos en la Cordillera Cantábrica son la Universidad de Oviedo (178), la Universidad de León (50), la Universidad Complutense de Madrid (32), el CSIC (31), la Universidad de Valladolid (24) y la Universidad de Cantabria (22).

Tomando el PN de Picos de Europa como referente de la Cordillera Cantábrica, se han encontrado un total de 123 publicaciones científicas en SCOPUS, lo cual contrasta con las 733 publicaciones encontradas para el PN Doñana, las 471 del PN Sierra Nevada y las 280 del PN Sierra de Guadarrama. El resto de Parques Nacionales se encuentran por debajo de los 70 trabajos científicos. La primera publicación en el PN Picos de Europa es del año 1966 (Fig. 2). En la década de los 80 y 90 se publican por término medio 1-2 trabajos/año, mientras que a partir del año 1998 esta producción llega a los 5 trabajos/año y alcanza un máximo de 12 trabajos/año en el 2015. La producción científica sigue una tendencia alcista en la mayor parte de Parques Nacionales alcanzando una mayor producción en los últimos 5 años. Los máximos encontrados en el PN Picos de Europa están por debajo de los 40 trabajos/año del PN Doñana o los cerca de 30 trabajos/año del PN Sierra Nevada. La publicación de trabajos científicos en el resto de Parques Nacionales raramente supera los 5 trabajos/año (Fig. 2).

Los artículos publicados en revistas científicas son el formato más abundante en el PN Picos de Europa, al igual que en el resto de Parques Nacionales (Ver material adicional). El resto de publicaciones científicas encontradas se concentran en artículos de congresos, capítulos de libro y revisiones. Para más detalles sobre los temas tratados y el origen de los trabajos científicos en los Parques Nacionales analizados consultar el material adicional (http://personales.unican.es/barquinj/Info_Adicional_Barquinetal2018_Ecosistemas.pdf)

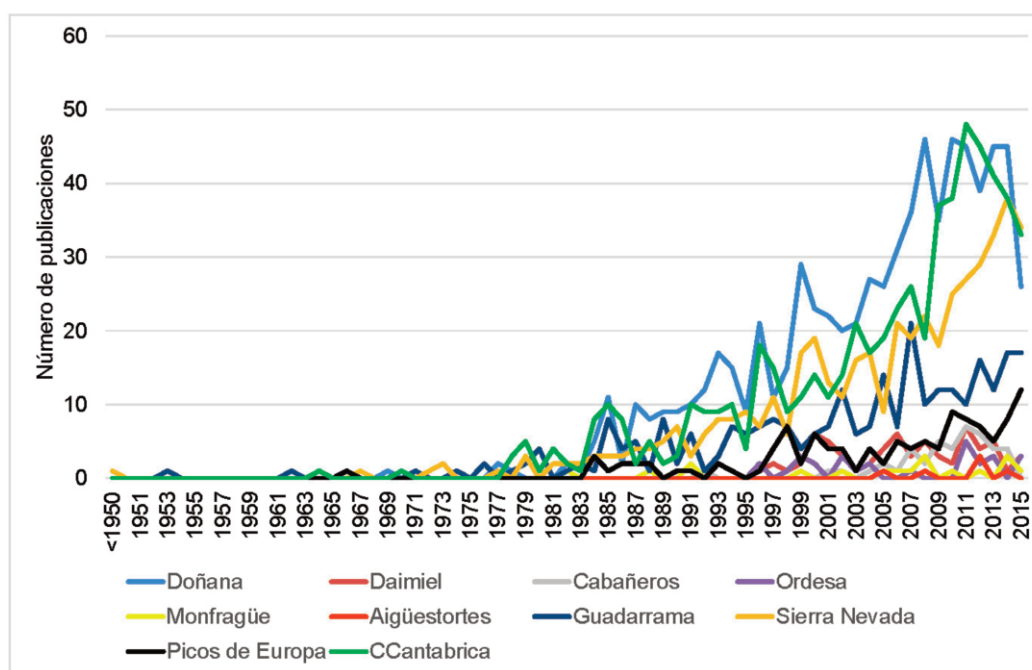


Figura 2. Evolución en el número de trabajos científicos publicados en la Cordillera Cantábrica (CCantabrica) y en los Parques Nacionales continentales de la península ibérica según una búsqueda realizada en el año 2015 en la base de datos SCOPUS.

Figure 2. Evolution in the number of scientific studies published in the Cordillera Cantábrica (CCantabrica) and in the continental National Parks of the Iberian Peninsula according to a search carried out in the year 2015 in the SCOPUS database.

Síntesis del seminario sobre Cordillera Cantábrica y Cambio Global

El seminario sobre la Cordillera Cantábrica y el cambio global puso de relevancia algunos de los cambios que están aconteciendo en este sistema montañoso debido a diferentes factores y procesos con escalas temporales muy variadas (Tabla 1). Así, dentro del marco físico se evidencian cambios importantes en diferentes elementos de la criosfera (p.e. reducción de heleros, número y volumen de hielo en cuevas, o cambios en la innivación) vinculados a procesos de gran escala como el cambio de clima en el Cuaternario (Serrano et al. 2013) o a una aceleración del cambio en el clima en las últimas décadas (Serrano et al. 2011). Del mismo modo, se ha observado que las tasas de denudación del terreno en la Cordillera Cantábrica se duplicaron ya en tiempos neolíticos por la actividad humana (González-Díez et al. 1999), llegando a incrementarse en varios órdenes de magnitud en los últimos 100 años (González-Díez et al. 2014). La respuesta hidrológica de las cuencas cantábricas obedece en gran medida al tipo de clima atlántico templado y depende en gran medida de si existe o no influencia nival, aunque es muy dependiente también de la configuración de la cobertura vegetal que encontramos en sus cuencas (Belmar et al. 2018).

En cuanto a la evolución del paisaje de la Cordillera Cantábrica existen varios patrones en función de cómo ha cambiado la actividad económica en las diferentes comarcas. De este modo encontramos zonas que se están re-naturalizando con un importante avance de las masas forestales debido a un abandono de las actividades agropecuarias tradicionales (Álvarez-Martínez et al. 2014), frente a otras en las que los cambios en las dinámicas de pastoreo y el uso del fuego están generando una mayor cantidad de matorral y perdiendo pastos (Carracedo 2015). Estos cambios están afectando la configuración del paisaje vegetal de forma más evidente que otros factores con ciclos temporales largos, como el cambio climático. Los cambios en el régimen de pastoreo y uso de zonas rurales han influido enormemente en la distribución espacial de los tipos de vegetación dominantes, así como en la dinámica poblacional de especies bandera como *Aster pyrenaeus* (Jiménez-Alfaro 2014). En relación con el cambio climático, los estudios en curso aún no disponen de series temporales lo suficientemente largas para apreciar cambios recientes, si bien se han detectado síndromes de extinción local en poblaciones relictas que han perdurado en refugios micro-climáticos desde las glaciaciones (Jiménez-Alfaro et al. 2016).

Con relación a los ecosistemas acuáticos de la Cordillera Cantábrica, hay que destacar por su importancia los lagos y lagunas, las surgencias y fuentes, las turberas y tremedales (Jiménez-Alfaro y Díaz 2008) y sobre todo los ríos, además de los más de 100 embalses que alimentan estas montañas. Los estudios existentes sobre estos ecosistemas demuestran que tienen una diversidad elevada de diatomeas, macroinvertebrados y anfibios, pero faltan estudios de revisión de muchos hábitats y componentes de la biodiversidad acuática, así como de los efectos del cambio global sobre estos ecosistemas. Sus principales amenazas en la Cordillera son la pérdida de cobertura vegetal natural en las cuencas y riberas, las alteraciones hidro-morfológicas por el uso del agua, así como las barreras transversales y los vertidos (Pozo et al. 1994; Barquín et al. 2011). Las poblaciones de especies bandera de la conservación de los ríos, como el salmón atlántico (*Salmo salar*), presentan un importante declive en los últimos 100 años y se han detectado cambios notables en la estructura y composición de sus poblaciones en casi todos los ríos de la Cordillera Cantábrica (García de Leániz et al. 2002; Barquín et al. 2012).

La gran diversidad de fauna de la Cordillera Cantábrica está influenciada por una combinación de varios factores que interactúan entre sí. Por ejemplo, la Cordillera Cantábrica es el punto con mayor diversidad de aves forestales nidificantes de la península ibérica, debido a un efecto combinado de gradientes latitudinales, límites entre zonas biogeográficas, un "efecto península" y los cambios estacionales que tienen lugar en este sistema (Ramírez y Te-

lería 2003; Santos et al. 2010). Además, el desarrollo de diferentes actividades antrópicas ha generado una serie de cambios en los paisajes cantábricos desde tiempos neolíticos que repercuten en el estado de las poblaciones de la fauna cantábrica (Fernández et al. 2013). Por ejemplo, es interesante mencionar las dinámicas que se establecen entre aves forestales y el propio bosque. Así, la fragmentación del bosque produce una disminución en el número de especies de aves forestales en la Cordillera Cantábrica, mientras que la abundancia y diversidad de aves frugívoras influye notablemente en la tasa de dispersión de semillas de árboles y arbustos (Tellería et al. 2003; García et al. 2010). Otro claro ejemplo de la influencia del hombre en los ecosistemas de la Cordillera Cantábrica, es el caso de las poblaciones de lobo, las cuales se están recuperando en número de individuos y manadas y territorio ocupado en las últimas décadas debido principalmente al abandono de usos tradicionales del territorio (p.ej., Sáenz de Buruaga et al. 2015). Las poblaciones de lobo, como depredador apical, podrían jugar un papel importante en la regulación de las poblaciones de fitófagos silvestres (Ordiz et al. 2013). Sin embargo, los controles de población del lobo que se están practicando en algunos lugares de la Cordillera Cantábrica pueden producir efectos contrapuestos (Fernández-Gil et al. 2016) a los objetivos perseguidos: reducir el conflicto entre daños al ganado y presencia de poblaciones de lobo. La población de osos de la Cordillera Cantábrica se encuentra en el límite sur de la distribución mundial de la especie, y está por tanto sometida a un estrés que la hace especialmente vulnerable en su ciclo vital (Nores et al. 2010; Balseiro et al. 2013). Aunque la especie ha experimentado un reciente incremento multiplicándose por tres en dos décadas (Pérez et al. 2014), los efectos del cambio global pueden suponer uno de los grandes retos para la conservación del mayor vertebrado terrestre de la península ibérica. Por ejemplo, la mediterraneización de las comunidades vegetales de la Cordillera Cantábrica puede traer plantas que fructifican un poco más tarde en el año, produciéndose un desacople importante con el período de hiper-fagia del oso, lo que puede desencadenar graves problemas para sus poblaciones. De hecho se han registrado tendencias de cambio en la dieta del oso pardo con una mayor presencia en los últimos años de especies más meridionales y el abandono de recursos más septentrionales (p.ej. *Vaccinium* spp.; Rodríguez et al. 2007). Por último, el número de estudios que investigan las respuestas de las poblaciones de invertebrados terrestres frente al cambio global es muy escaso en la Cordillera Cantábrica, a pesar de ser muy sensibles a los cambios y, por tanto, poseer un importante carácter de bioindicador de señal temprana de efectos del cambio global (p.ej. Taboada et al. 2011). En este sistema ya se han descrito cambios en la abundancia y desplazamientos en altura de las poblaciones de abejorros (Hymenoptera, Apidae) adaptados a bajas temperaturas en los ecosistemas de montaña de la Cordillera Cantábrica (Ploquin et al. 2013). Otros ejemplos son la amenaza a la conservación del escarabajo tigre del brezal (*Cicindela sylvatica*), debido a la reducción y degradación de los brezales de *Calluna vulgaris* tras el abandono de las prácticas de gestión tradicional (Taboada et al. 2013), principalmente la corta y la quema controlada, ligadas al pastoreo extensivo y a la agricultura de subsistencia. También es notable el aumento de la incidencia de especies herbívoras que causan plaga debido al incremento en las deposiciones de nitrógeno atmosférico ocasionadas por la contaminación (p.ej. el escarabajo defoliador del brezo, *Lochmaea suturalis*; Taboada et al. 2016).

Finalmente, la Cordillera Cantábrica es un enclave en el que se registran un gran número de iniciativas de gestión y conservación de los espacios naturales. Así, en su territorio se estima que existan más de 40 organizaciones sin ánimo de lucro que trabajan en diferentes proyectos dedicados a la conservación de hábitats, especies, servicios ecosistémicos y valores socioculturales a lo largo y ancho de la Cordillera Cantábrica. Se estima que la custodia del territorio pueda ser una herramienta apropiada para garantizar medidas de gestión y conservación efectivas e integrales, en un territorio en el que es absolutamente necesaria la cooperación entre distintos tipos de propietarios.

Tabla 1. Bloques, temas y síntesis de los principales mensajes del seminario sobre la Cordillera Cantábrica y el cambio global celebrado en 2015 en Santander (para mayor detalle ver material adicional en: http://personales.unican.es/barquinj/Info_Adicional_Barquinetal2018_Ecosistemas.pdf).

Table 1. Blocks, themes and synthesis of the main messages of the seminar about global change and the Cantabrian Cordillera celebrated in 2015 in Santander (for more details see additional material in: http://personales.unican.es/barquinj/Info_Adicional_Barquinetal2018_Ecosistemas.pdf).

Bloque	Tema	Principales Mensajes
Marco físico	Glaciarismo	<p>Los pocos elementos de la criosfera presentes en la Cordillera Cantábrica son muy sensibles a los efectos del cambio climático.</p> <p>Existen unas 130 cuevas con hielo en el macizo de Picos de Europa con edades comprendidas entre 300-600 años, las cuales tienen actualmente un balance negativo en volumen y en número de cavidades.</p>
	Clima e Hidrología	<p>El conocimiento existente sobre precipitación, procesos de innivación, ciclos hielo-deshielo, así como el papel de los suelos y las aguas subterráneas en muchas partes de la Cordillera Cantábrica necesita ser completado.</p> <p>Los cambios en los usos del suelo tienen una gran importancia a la hora de generar patrones espaciales de variación en los caudales y procesos fluviales en la Cordillera Cantábrica.</p>
	Geomorfología	<p>Los deslizamientos constituyen el mayor proceso de creación de relieve y modificador del paisaje en la Cordillera Cantábrica.</p> <p>Las tasas de movilización de sedimentos en la Cordillera Cantábrica han sido ampliamente afectadas por cambios en la cobertura vegetal asociados a cambios en los modelos productivos.</p>
Dinámica de paisaje y vegetación	Paisaje	<p>Existen 2 vectores claros de cambio en el paisaje de la Cordillera Cantábrica: (1) mantenimiento de pastos y zonas arbustivas por incendios y (2) densificación de algunas zonas y recuperación de otras por abandono de actividades.</p> <p>Existe en la actualidad un desfase entre la utilización actual del paisaje y las necesidades de gestión para la biodiversidad y geodiversidad de la Cordillera Cantábrica.</p> <p>Los cambios rápidos que están ocurriendo desde hace décadas en los paisajes Cantábricos (clima, usos, paisaje) no permiten una coevolución entre hombre y naturaleza como antaño, lo cual puede producir la extinción local de numerosas especies de flora y fauna.</p>
	Botánica	<p>En relación con su tamaño y situación geográfica, la Cordillera Cantábrica presenta una gran diversidad florística y de tipos de vegetación, como resultado de su compleja biogeografía histórica y ambiental.</p> <p>Las principales amenazas a la diversidad vegetal en la Cordillera Cantábrica son el sobrepastoreo, los cambios en los modelos productivos de las zonas rurales, la alteración del régimen hidrológico y el cambio climático.</p> <p>La vegetación de la Cordillera Cantábrica está respondiendo a cambios en los usos del suelo y al cambio climático, más notablemente al primero.</p> <p>La Cordillera Cantábrica incluye áreas de alto valor botánico como refugio de especies de óptimo alpino o mediterráneo, que representan modelos excelentes para evaluar el efecto del clima en poblaciones y comunidades de plantas.</p>
Biodiversidad Fauna	Ecosistemas Acuáticos	<p>Las condiciones hidro-climáticas del noroeste de la península ibérica y la diversidad geológica de la Cordillera Cantábrica originan una importante diversidad de ecosistemas acuáticos.</p> <p>Los salmones de la Cordillera Cantábrica son cada vez más pequeños, hay un dominio de machos sobre hembras, la entrada de reproductores se ha retrasado hasta en 45 días y hay un aumento de los añales entre los salmones que remontan.</p> <p>Los ríos de la Cordillera Cantábrica albergan una diversidad de macroinvertebrados de las más ricas en número de taxones, en comparación con otras zonas de la península ibérica.</p> <p>La riqueza de anfibios en la Cordillera Cantábrica se estima alta (>12 especies) aunque hay una falta de muestreos sistemáticos que incluyan zonas no exploradas.</p>
	Ecosistemas Terrestres	<p>La gran diversidad de fauna de la Cordillera Cantábrica puede estar influenciada por cuestiones biogeográficas y por el paisaje en mosaico.</p> <p>La Cordillera Cantábrica es el punto con mayor diversidad de aves forestales nidificantes de la península ibérica.</p> <p>La fragmentación del bosque produce una disminución en el número de especies de aves forestales en la Cordillera Cantábrica, mientras que la abundancia y diversidad de aves frugívoras influyen en la tasa de dispersión de semillas de árboles y arbustos.</p> <p>Los osos de la Cordillera Cantábrica se encuentran en el límite sur de la distribución mundial de la especie. Hace más de 600 años que se documenta que algunos individuos no hibernan, suelen ser los individuos que se encuentran en la base de la jerarquía social de la población.</p> <p>Se han registrado tendencias de cambio en la dieta del oso pardo con una mayor presencia en los últimos años de especies más meridionales y el abandono de recursos más septentrionales (p.e. <i>Vaccinium</i> spp.). La mediterraneización de la Cordillera Cantábrica pueden traer plantas que fructifican un poco más tarde en el año, produciéndose un desacople importante con el período de hiper-fagia del oso.</p> <p>Los controles de población del lobo en la Cordillera Cantábrica pueden producir efectos contrapuestos a los objetivos perseguidos, que son reducir la depredación al ganado y disminuir la intolerancia hacia la especie</p> <p>Los lobos, como especie clave y apical, podrían jugar un papel importante en la regulación de las poblaciones de fitófagos silvestres en la Cordillera Cantábrica</p> <p>Los cambios en la actividad agrícola y ganadera que están aconteciendo en la Cordillera Cantábrica están produciendo que diferentes insectos estén en riesgo de desaparición</p> <p>El aumento en las deposiciones de nitrógeno atmosférico debidas a la contaminación en la Cordillera Cantábrica está ocasionando una mayor incidencia de invertebrados herbívoros que causan plaga</p>

Continuación Tabla 1.

Table 1 continuation.

Bloque	Tema	Principales Mensajes
Gestión y conservación	ONGs	Existen más de 40 entidades sin ánimo de lucro que trabajan en diferentes hábitats, especies y localidades a lo largo y ancho de la Cordillera Cantábrica La custodia del territorio se plantea como una herramienta apropiada para garantizar medidas de gestión y conservación efectivas e integrales, en un territorio en el que es necesario la cooperación entre distintos tipos de propietarios
	Participación Ciudadana	Son necesarios nuevos modelos de planificación y gestión de espacios que incluyan modelos proactivos basados en la concertación de diferentes políticas y con participación pública activa
	Gobiernos Regionales	Los planes y programas estratégicos, como los programas de desarrollo rural y los planes regionales de ordenación del territorio, deberían jugar un papel fundamental en la conservación y gestión del medio natural de la Cordillera Cantábrica.
	Red Natura	La política de espacios protegidos (RN2000) debe articularse con otras políticas sectoriales (agrícola, ganadera, forestal, turística, etc.) y ser un instrumento para el desarrollo sostenible de la Cordillera Cantábrica
	Parque Nacional de Picos de Europa	El Parque Nacional de Picos de Europa cuenta con pueblos dentro de sus límites y con el desarrollo de diferentes actividades socioeconómicas, por lo que su gestión requiere compatibilizar la conservación de su marco biofísico con los usos tradicionales y el disfrute público El Parque Nacional de Picos de Europa cuenta con 8 estaciones meteorológicas y con más de 20 sensores de temperatura en cuerpos de agua, además del seguimiento de numerosas variables relacionadas con la fenología de hábitats y especies.

Además, se estima también necesaria la implantación de nuevos modelos de planificación y gestión de espacios naturales que incluyan modelos proactivos basados en la concertación de diferentes políticas y dotados de participación pública activa. Los actuales y futuros planes y programas estratégicos dentro de cada Comunidad Autónoma (p.ej. programas de desarrollo rural o planes regionales de ordenación del territorio), deberían jugar un papel fundamental en la conservación y gestión del medio natural de la Cordillera Cantábrica. Del mismo modo, la política de espacios protegidos de la Unión Europea (Red Natura 2000) debería articularse de un modo eficiente con otras políticas sectoriales (agrícola, ganadera, forestal, turística, etc.) y ser un instrumento para el desarrollo sostenible de la Cordillera. Finalmente, existen numerosas iniciativas individuales para el seguimiento de indicadores físicos y biológicos que probablemente alcancen en el Parque Nacional de Picos de Europa su máxima concentración. En este Parque Nacional operan actualmente ocho estaciones meteorológicas y más de 20 sensores de temperatura en cuerpos de agua, además del seguimiento de numerosas variables relacionadas con la fenología de hábitats y especies. Sin embargo, se observa una clara descoordinación de estos programas de seguimiento en un contexto más amplio de seguimiento del cambio global a nivel inter-autonómico que pueda ser útil para la Cordillera Cantábrica.

Discusión y conclusiones

Este trabajo ha permitido contrastar el estado de publicaciones científicas existentes en el ámbito de la Cordillera Cantábrica con el de otros enclaves geográficos de la península ibérica y concentrar las experiencias sobre los efectos del cambio global que mejor se conocen sobre estas montañas y que se recogieron en el seminario de la UIMP.

En cuanto al estado de las publicaciones, el PN de Picos de Europa es el cuarto en volumen de producción de los PN continentales españoles. La mayor parte de la literatura que se ha encontrado se corresponde con artículos en revistas científicas y, por tanto, la revisión realizada excluye el conocimiento que se encuentra en otro tipo de formato (p.ej. informes de proyectos y de gestión administrativa; la denominada "literatura gris"). Esto es principalmente debido al tipo de motor de búsqueda utilizado (i.e. SCOPUS), el cual garantiza una adecuada recopilación de estudios científicos pero un menor número de la literatura gris (ver Hooper 2012).

A pesar del buen nivel productivo en el número de publicaciones, las temáticas tratadas en la Cordillera Cantábrica son menos diversas en comparación con otras zonas geográficas, concentrándose en tres disciplinas concretas (Ciencias de la Tierra y Planetarias, Agricultura y Ciencias Biológicas y Ciencias Ambientales). De hecho, hay disciplinas que prácticamente no han mostrado trabajos científicos en la Cordillera Cantábrica, entre los que destacan: Economía, Química, Energía, Microbiología o Veterinaria. Además, la mayor producción científica de la Cordillera Cantábrica se concentra en los centros de investigación más cercanos a la misma (Universidades de Oviedo, León, Valladolid, Salamanca o Cantabria). Hay que hacer notar que, en función de los trabajos analizados, la mayor parte de estos estudios se realizan desde un único centro, por lo que las colaboraciones entre universidades locales son escasas. Sin embargo, existe un claro interés internacional por estas montañas, con un elevado número de publicaciones en la que participan instituciones de países extranjeros. Estos resultados coinciden con los resultados de otras zonas del mundo en el que los locales tienden a fomentar la participación de científicos de centros extranjeros. Este patrón eleva la internacionalización pero limita el intercambio de experiencias locales (van Wilgen et al. 2016).

Como se evidencia en este trabajo, la Cordillera Cantábrica reúne una serie de condiciones que la convierten en un candidato ideal para el seguimiento de los efectos del cambio global sobre multitud de elementos biofísicos. En la actualidad existe suficiente información en forma de estudios, bases de datos y redes de seguimiento como para poder marcar las líneas base de cara a identificar efectos y principales factores del cambio global en múltiples elementos (véase serie Investigación en Red del Organismo Autónomo de Parques Nacionales). Sin embargo, la mayor parte de esta información no se encuentra disponible para todos los científicos, técnicos y gestores que trabajan en la Cordillera Cantábrica. De hecho, consideramos imprescindible realizar un mayor esfuerzo en sintetizar la información disponible a nivel local y en la literatura gris de cara a una mejor transferencia de conocimiento entre el cuerpo científico-técnico, la administración y la población civil e incluso entre diferentes equipos técnico-científicos que trabajan en la Cordillera Cantábrica. Por otro lado, apenas existen plataformas de coordinación entre las universidades y administraciones con mayor responsabilidad. Esto resta potencial a la hora de integrar información, generando duplicidades y evitando metodologías comunes para aplicar las políticas de gestión en datos consistentes y hechos

objetivos (e.g., Spellerberg 2005). Consideramos que la creación de un observatorio del cambio global a escala inter-autonómica puede ayudar a potenciar la integración necesaria del conocimiento existente en la actualidad sobre la Cordillera Cantábrica, así como a identificar las necesidades más acuciantes para la conservación de la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos en el actual marco de cambio global. En este sentido, el desarrollo de una plataforma web y una base de datos que permita aglutinar los trabajos, estudios y datos existentes en diferentes disciplinas en la Cordillera Cantábrica, y desarrollados por diferentes instituciones públicas y privadas, traería grandes ventajas. Este avance permitiría realizar nuevos enfoques y desarrollar meta-análisis para identificar los vacíos de conocimiento, necesidades de desarrollo científico-técnico y políticas de gestión innovadoras. Es decir, se concentrarían esfuerzos y se optimizaría el avance del conocimiento en un frente común y coordinado. La gestión del medio natural en la Cordillera Cantábrica requiere inversiones económicas, medios personales y materiales, pero también exige inversión intelectual que permita pensar y planificar una estrategia regional y local de gestión de la biodiversidad y geodiversidad. Todo ello solo es posible si se generan espacios y herramientas adecuadas para abrir el debate y la concertación entre administraciones y disciplinas, optimizando los esfuerzos para establecer un marco de conocimiento común.

Perspectivas de futuro

La información bibliográfica y la revisión de los efectos del cambio global en aspectos clave del entorno biofísico de la Cordillera Cantábrica ponen de manifiesto la necesidad de generar un observatorio que permita concentrar esfuerzos. La formulación específica del tipo de observatorio a generar dependerá de la implicación de los diferentes agentes locales, regionales y nacionales. Sin embargo, existen suficientes elementos en la actualidad que podrían comenzar a dar forma a este proyecto con una serie de iniciativas concretas. A continuación presentamos aquellas que consideramos que pueden contribuir notablemente al desarrollo de un observatorio inter-autonómico del cambio global en la Cordillera Cantábrica:

- 1. Marco de colaboración.** Generación de un seminario permanente sobre la Cordillera Cantábrica que integre la participación de investigadores, técnicos y gestores, y que permita generar un espacio de diálogo multidisciplinar sobre la Cordillera, desarrollando vínculos y colaboraciones entre diferentes profesionales. Este seminario permitiría revisar periódicamente el estado de conocimiento de diferentes disciplinas, aumentando el grado de interdisciplinariedad en los estudios y trabajos desarrollados.
- 2. Selección de objetivos.** Identificación de indicadores físicos, ecológicos y socioeconómicos que sirvan como alertas tempranas ante cambios importantes en las dinámicas del sistema (social, económico y ecológico) de la Cordillera Cantábrica como un sistema único, y que ayuden a los gestores a desarrollar una política de gestión participativa y adaptativa en función de la revisión periódica de estos indicadores.
- 3. Síntesis de información.** Dentro de este apartado sería de gran importancia la elaboración de revisiones y bases de datos compartidas que permitan realizar estudios de síntesis y multidisciplinarios. Además es sumamente importante, la consolidación de una red de seguimiento del cambio global en la Cordillera, cuyo diseño, mantenimiento y supervisión esté garantizado a medio-largo plazo por un pacto entre entidades autonómicas y estatales y no dependa exclusivamente de los esfuerzos independientes de diferentes equipos de trabajo. Dicha red debería coordinar nuevos trabajos de investigación a diferentes niveles (planes nacionales, trabajos fin de master, tesis doctorales, etc.), y trabajos técnicos (relacionados con nuevas necesidades de gestión), que incorporen e integren la información existente.

- 4. Comunicación social.** Necesidad de mejora de la comunicación entre las distintas administraciones y la comunidad científico-técnica, con el objeto de mejorar los flujos de transferibilidad de conocimiento científico, de gran utilidad a la hora de tomar decisiones en el campo de la gestión del territorio y para conseguir una mayor concienciación de la población civil sobre los impactos de la actividad humana en los ecosistemas de La Cordillera Cantábrica. Esto incluye iniciativas de educación ambiental e interpretación del paisaje en diferentes disciplinas, así como el establecimiento de una marca o topónimo “Cordillera Cantábrica” común para la divulgación a los medios y entre los científicos.

Agradecimientos

En primer lugar nos gustaría agradecer a la Universidad Internacional Menéndez Pelayo por el apoyo recibido para la celebración del seminario titulado “La Cordillera Cantábrica como Centinela de los Efectos del Cambio Global”, celebrado en Palacio de la Magdalena en Santander entre el 17 y el 21 de agosto de 2015, así como a todos los asistentes por el interés mostrado. Además, nos gustaría agradecer también al servicio de publicaciones de la biblioteca de la Universidad de Cantabria por sus consejos a la hora de realizar las búsquedas de literatura para la realización del presente estudio.

Referencias

- Alonso, J.L., Pulgar, J.A., Pedreira, D. 2007. El relieve de la Cordillera Cantábrica. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 15.2:151-163.
- Álvarez-Martínez, J.M., Suárez-Seoane, S., Stoorvogel, J.J., de Luis Calabuig, E. 2014. Influence of land use and climate on recent forest expansion: a case study in the Eurosiberian–Mediterranean limit of north-west Spain. *Journal of Ecology* 102:905-919.
- Alzaga, V., Acevedo, P., Vicente, J., Gortázar, C. 2008. Situación actual de la liebre en Cantabria: bases científicas para una adecuada gestión. *Locustella* 5:29-43.
- Aragón, A. 2009. Una longeva técnica forestal: los trasmochos o desmochos guiados en Guipúzcoa durante la Edad Moderna. *Espacio, Tiempo y Forma* 22:73-105.
- Aspizua, R., Bonet, F.J., Zamora, R., Sánchez, F.J., Cano-Manuel, F.J., Henares, I. 2010. El observatorio de cambio global de Sierra Nevada: hacia la gestión adaptativa de los espacios naturales. *Ecosistemas* 19(2):56-68.
- Balseiro, A., Oleaga, Á., Polledo, L., Aduriz, G., Atxaerandio, R., Kortabarría, N., Marín, J.F.G. 2013. Clostridium sordellii in a Brown Bear (Ursus arctos) from Spain. *Journal of wildlife diseases* 49:1047-1051.
- Barquín, J., Fernández, D., Álvarez-Cabria, M., Peñas, F. 2011. Riparian quality and habitat heterogeneity assessment in Cantabrian rivers. *Limnetica* 30:329-346.
- Barquín, J., Ondiviela, B., Recio, M., Álvarez-Cabria, M., Peñas, F.J., Fernández, D., Gómez, A., Álvarez, C., Juanes, J.A. 2012. Assessing the conservation status of alder-ash alluvial forest and atlantic salmon in the Natura 2000 river network of Cantabria, Northern Spain. En: Boon, P.J., Raven, P.J., (eds.). *River conservation and management: 20 years on*, pp. 191-208. Wiley-Blackwell, Chichester, Reino Unido.
- Belmar, O., Barquín, J., Álvarez-Martínez, J.M., Peñas, J.F., Del Jesus, M. 2018. The role of forest maturity on hydrological extreme events. *Ecohydrology*. Doi.: 10.1002/ecco.1947.
- Carracedo, V. 2015. *Incendios forestales y gestión del fuego en Cantabria*. Tesis doctoral. Universidad de Cantabria. Cantabria, España.
- de Cea, J.C., Sánchez, F.J. 2007. El Inventario de Presas Españolas de 2006 y síntesis de la actividad de construcción de presas en España en el trienio 2004-2006. *Revista de Obras Públicas* 154:93-115.
- Debarbieux, B., Price, M.F. 2012. Mountain Regions: A Global Common Good? *Mountain Research and Development* 32:S7-S11.
- Díaz-Delgado, R. 2010. Puesta a punto e implementación de un programa integrado de seguimiento ecológico a largo plazo en el Espacio Natural de Doñana. *Ecosistemas* 19:42-55.
- EEA, 2010. *10 messages for 2010: Mountain ecosystems*. Publications Office of the European Union, Copenhagen, Dinamarca.

- Fernández-Gil, A., Naves, J., Ordiz, A., Quevedo, M., Revilla, E., Delibes, M. 2016. Conflict Misleads Large Carnivore Management and Conservation: Brown Bears and Wolves in Spain. *PLOS ONE* 11:e0151541.
- Fernández, M., López, P., González, D. 2013. Prácticas ganaderas en la Cordillera Cantábrica. Aproximación multidisciplinar al estudio de las áreas de pasto en la Edad Media. *Debates de Arqueología Medieval* 3:167-219.
- García, D., Zamora, R., Amico, G.C. 2010. Birds as suppliers of seed dispersal in temperate ecosystems: Conservation guidelines from real-world landscapes. *Conservation Biology* 24:1070-1079.
- García de Leániz, C., Serdio, A., Consuegra, S. 2002. Salmón atlántico en Cantabria. *Locustella* 1:25-34.
- González-Díez, A., Fernández-Maroto, G., Doughty, M.W., Díaz de Terán, J.R., Bruschi, V., Cardenal, J., Pérez, J.L., Mata, E., Delgado, J. 2014. Development of a methodological approach for the accurate measurement of slope changes due to landslides, using digital photogrammetry. *Landslides* 11:615-628.
- González-Díez, A., Remondo, J., Díaz de Terán, J.R., Cendrero A. 1999. A methodological approach for the analysis of the temporal occurrence and triggering factors of landslides. *Geomorphology* 30:95-113.
- González-Pellejero, R., Allende, F., López-Sáez, J.A., Frochoso, M., Alba-Sánchez, F., Abel-Schaad, D. 2014. Natural and anthropic dynamics of the vegetative landscape of the inner valleys of western Cantabria (North of Spain). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* 64:441-446.
- Grêt-Regamey, A., Brunner, S.H., Kienast, F. 2012. Mountain Ecosystem Services: Who Cares? *Mountain Research and Development* 32:S23-S34.
- Hooper, S.L. 2012. Citations: not all measures are equal. *Nature* 483:36.
- Jiménez-Alfaro, B. 2009. Evaluación del conocimiento florístico de la Cordillera Cantábrica (España) a partir de bases de datos de biodiversidad. *Pirineos* 164:117-133.
- Jiménez-Alfaro, B. 2014. Population dynamics of *Aster pyrenaicus* Desf., a threatened species of temperate forest edges: A view of meso- and micro-scales. *Plant Biosystems* 148:645-654.
- Jiménez-Alfaro, B., Díaz, T.E. 2008. Diversidad y conservación de turberas y tremeales en la cordillera Cantábrica. *Locustella* 8.
- Jiménez-Alfaro, B., García-Calvo, L., García, P., Acebes, J.L. 2016. Anticipating extinctions of glacial relict populations in mountain refugia. *Biological Conservation* 201:243-251.
- MacDonald, D., Crabtree, J.R., Wiesinger, G., Dax, T., Stamou, N., Fleury, P., Gutierrez Lazpita, J., Gibon, A. 2000. Agricultural abandonment in mountain areas of Europe: Environmental consequences and policy response. *Journal of Environmental Management* 59:47-69.
- Martí, R., del Moral, J.C. 2003. *Atlas de las Aves Reproductoras de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Sociedad Española de Ornitología, Madrid, España.
- MMA, 2002. *Plan forestal español*. Secretaría General de Medio Ambiente, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, España.
- Nores, C., Ballesteros, F., Blanco, J.C., García-Serrano, A., Herrero, J., Palomero, G. 2010. Evidence of non-hibernation in Cantabrian brown bears. *Acta Theriologica* 55:203-209.
- OPCC, 2010. *Compartir los conocimientos sobre el impacto del cambio climático en montaña*. Comunidad de Trabajo de los Pirineos, Jaca, España.
- Ordiz, A., Bischof, R., Swenson, J.E. 2013. Saving large carnivores, but losing the apex predator? *Biological Conservation* 168:128-133.
- Palomo, L.J., Gisbert, J., Blanco, J.C. 2007. *Atlas y Libro Rojo de los Mamíferos Terrestres de España*. Dirección General para la Biodiversidad-SECEM-SECEMU, Madrid, España.
- Pérez, T., Naves, J., Vázquez, J.F., Fernández-Gil, A., Seijas, J., Albornoz, J., Revilla, E., Delibes, M., Domínguez, A. 2014. Estimating the population size of the endangered Cantabrian brown bear through genetic sampling. *Wildlife Biology* 20:300-309.
- Pisabarro, A., Pellitero, R., Serrano, E., Gómez-Lende, M., González-Trueba, J.J. 2017. Ground temperatures, landforms and processes in an Atlantic mountain. Cantabrian Mountains (Northern Spain). *CATENA* 149, Part 2:623-636.
- Pleguezuelos, J.M., Márquez, R., Lizana, M. 2002. *Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Asociación Herpetológica Española, Madrid, España.
- Ploquin, E.F., Herrera, J.M., Obeso, J.R. 2013. Bumblebee community homogenization after uphill shifts in montane areas of northern Spain. *Oecologia* 173:1649-1660.
- Pozo, J., Elósegui, A., Basaguren, A. 1994. Aproximación sistemática al análisis de la cuenca del río Agüera. *Limnetica* 10:83-91.
- Ramírez, Á., Tellería, J.L. 2003. Efectos geográficos y ambientales sobre la distribución de las aves forestales ibéricas. *Graellsia* 59:219-231.
- Rivas-Martínez, S. 1987. *Memoria del Mapa de Series de Vegetación de España*. ICONA, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, España.
- Rodríguez-Rodríguez, D., Bomhard, B., Butchart, S.H.M., Foster, M.N. 2011. Progress towards international targets for protected area coverage in mountains: A multi-scale assessment. *Biological Conservation* 144:2978-2983.
- Rodríguez, C., Naves, J., Fernández-Gil, A., Obeso, J.R., Delibes, M. 2007. Long-term trends in food habits of a relict brown bear population in northern Spain: the influence of climate and local factors. *Environmental Conservation* 34:36-44.
- Sáenz de Buruaga, M., Canales, F., Campos, M.A., Noriega, A., Muñoz, F.J., Navamuel, M. 2015. *Censo regional de lobo en Castilla y León*. Consejería de Fomento y Medio Ambiente de Castilla y León y Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente. Madrid, España.
- Santos, T., Galarza, A., Ramirez, A., Perez-Tris, J., Carbonell, R., Tellería, J.L. 2010. Vegetational versus topographical effects on forest bird communities: a test in the cantabrian mixed forest ecoregion (Spain). *Ardeola* 57:285-302.
- Serrano, E., González-Trueba, J.J., Sanjosé, J.J., Del Río, L.M. 2011. Ice patch origin, evolution and dynamics in a temperate high mountain environment: the Jou Negro, Picos de Europa (NW Spain). *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography* 93:57-70.
- Serrano, E., González-Trueba, J.J., Pellitero, R., González-García, M., Gómez-Lende, M. 2013. Quaternary glacial evolution in the Central Cantabrian Mountains (Northern Spain). *Geomorphology* 196:65-82.
- Spellerberg, I. 2005. Environmental monitoring programmes and organizations. En: Spellerberg, I., editor. *Monitoring Ecological Change*, pp. 29-75. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.
- Taboada, A., Kotze, D.J., Salgado, J.M., Tárrega, R. 2011. The value of semi-natural grasslands for the conservation of carabid beetles in long-term managed forested landscapes. *Journal of Insect Conservation* 15:573-590.
- Taboada, A., von Wehrden, H., Assmann, T. 2013. Integrating Life Stages into Ecological Niche Models: A Case Study on Tiger Beetles. *PLOS ONE* 8:e70038.
- Taboada, A., Marcos, E., Calvo, L. 2016. Disruption of trophic interactions involving the heather beetle by atmospheric nitrogen deposition. *Environmental Pollution* 218:436-445.
- Tellería, J.L., Baquero, R., Santos, T. 2003. Effects of forest fragmentation on European birds: implications of regional differences in species richness. *Journal of Biogeography* 30:621-628.
- van Wilgen, B., Boshoff, N., Smit, I.P.J., Solano-Fernandez, S., van der Walt, L. 2016. A bibliometric analysis to illustrate the role of an embedded research capability in South African National Parks. *Scientometrics* 107:185-212.
- Yang, K., Meho, L.I. 2006. Citation Analysis: A Comparison of Google Scholar, Scopus, and Web of Science. *Proceedings of the American Society for Information Science and Technology* 43:1-15.
- Zamora, R. 2010. Las áreas protegidas como Observatorios del Cambio Global. *Ecosistemas* 19(2):1-4.