

CONAMA 2020

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

Observatorio de Cambio Global de Sierra Nevada

Gestión y puesta en valor de la
información ambiental



Autor Principal: Andrea Ros Candeira (Universidad de Granada)

Otros autores: Regino Zamora Rodríguez (Universidad de Granada); Ricardo Moreno Llorca (Universidad de Granada); Antonio Pérez Luque (Universidad de Granada); Manuel Merino Ceballos (Universidad de Granada); Pablo Guerrero Alonso (Universidad de Granada)

Índice

1. Resumen.....	1
2. Introducción	1
3. Gestión de datos bajo los principios FAIR	2
4. Puesta en valor de la información ambiental.....	3
4.1 Conjuntos de datos generados por el Observatorio	4
4.2 Otros conjuntos de datos relevantes	6
5. Experiencias desde el Observatorio.....	7
6. Bibliografía.....	9

1. RESUMEN

La recolección de datos en los programas de monitoreo ambiental es un paso esencial en la posterior producción de información útil, tanto para comprender los procesos ecológicos por parte de los científicos, como para tomar decisiones de gestión en base a ello. Tras el proceso de recolección, aplicar buenas prácticas en gestión y documentación de datos es indispensable para asegurar su preservación, accesibilidad y reutilización.

Desde el año 2007, el Observatorio de Cambio Global de Sierra Nevada integra un programa de seguimiento bajo el cual ha producido series temporales de datos de gran valor para el estudio de los efectos del cambio global en Sierra Nevada. Con la difusión de nuestro proyecto buscamos trasladar la importancia de poner en valor los datos que se recolectan para construir una ciencia más abierta.

2. INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos principales que tiene, por definición, la Red de Observatorios de Cambio Global de Andalucía es disponer de conjuntos de datos suficientes para monitorear a corto, medio y largo plazo los efectos del cambio global. El Observatorio de Cambio Global de Sierra Nevada forma parte de esta red, representando los ecosistemas montañosos de la región mediterránea.

Por sus características ecológicas y culturales, Sierra Nevada constituye un referente para el estudio de los efectos del cambio global sobre la biodiversidad¹. Desde el año 2007, el Observatorio de Cambio Global de Sierra Nevada integra un programa de seguimiento ambiental promovido por la antigua Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía y cuya coordinación científica depende de la Universidad de Granada. Actualmente, el Observatorio cuenta con un convenio de colaboración firmado con la Junta de Andalucía para continuar con el desarrollo de sus actividades: *“Convenio de Colaboración entre la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía y la Universidad de Granada para el desarrollo de actividades vinculadas al Observatorio de Cambio Global de Sierra Nevada, en el marco de la Red de Observatorios de Cambio Global de Andalucía”*.

Como resultado de la amplia labor de monitoreo del Observatorio, uno de los productos generados son series temporales de datos de gran valor para el estudio de los efectos del cambio global. Toda esta información ambiental requiere de gestión y documentación, dos tareas de las que se encarga el equipo del Instituto Interuniversitario de Investigación del Sistema Tierra en Andalucía (IISTA). Además de los datos recolectados en los programas de seguimiento del Observatorio, el convenio de colaboración contempla también la puesta en valor de información de otros conjuntos de datos relevantes para mejorar el conocimiento científico de Sierra Nevada.

En resumen, a través de la documentación y publicación de conjuntos de datos, tanto colectados dentro como fuera del marco del Observatorio, se trata de poner en valor series

temporales que constituyen la base para generar información ambiental útil para comprender procesos ecológicos y apoyar la toma de decisiones en el ámbito de la gestión.

3. GESTIÓN DE DATOS BAJO LOS PRINCIPIOS FAIR

Además de desarrollar el programa de monitoreo, otra de las misiones del Observatorio es gestionar toda la información generada. Nuestra filosofía de gestión de datos se basa en los principios FAIR² (*Findable, Accessible, Interoperable, Reusable*) (Figura 1). Se trata de un marco de trabajo que ofrece una serie de recomendaciones para una gestión eficaz de los datos, asegurando que éstos sean:

- Localizables: integración y publicación de los (meta)datos a través de un repositorio internacionalmente reconocido. Asignación de un identificador único y persistente (DOI) a los (meta)datos.
- Accesibles: acceso abierto y gratuito a los meta(datos), mediante su publicación en repositorios y revistas Open Access.
- Interoperables: utilización de estándares de intercambio. Existen estándares de metadatos como el Ecological Metadata Language (EML), que nos ofrece un esquema adaptado para documentar datos ecológicos o, por ejemplo, un estándar para estructurar datos biológicos, como el Darwin Core (DwC).
- Reutilizables: proporcionando una descripción completa de los datos, asegurando que se conserva su procedencia, así como las condiciones de reutilización.

Los principios FAIR promueven que los datos, además de estar accesibles para el resto de comunidad científica y público en general, estén bien documentados para poder reutilizarse. Esto incrementa su valor original, ya que la reutilización de los mismos puede dar lugar a nuevos estudios³. La documentación, la estandarización y la accesibilidad son, por lo tanto, pilares fundamentales tanto para gestionar eficazmente los datos como para poner en valor dicha información ambiental.

En conclusión, desde el Observatorio buscamos que los principios FAIR estén presentes a lo largo del ciclo de vida de los datos, compuesto por fases que van desde su recolección hasta la difusión de los mismos (Figura 2).

Además, y muy relacionado con la interoperabilidad, el trabajo de metadatado en el Observatorio se realiza de acuerdo a estándares reconocidos, lo cual permite la conexión con otras iniciativas internacionales relacionadas con el estudio ecológico a largo plazo del cambio global y sus efectos sobre la biodiversidad, tales como: LIFE Adapted, LTER Europe, LifeWatch y GBIF (Global Biodiversity Information Facility).



Figura 1. Etapas típicas del ciclo de vida de los datos (fuente vectores: Freepik).

4. PUESTA EN VALOR DE LA INFORMACIÓN AMBIENTAL

Desde el Observatorio se concibe la tarea de documentación no sólo como un paso esencial en la gestión de información ambiental, sino como un proceso que contribuye a su puesta en valor⁴ para mejorar el conocimiento científico de la biodiversidad y ecosistemas de Sierra Nevada.

A través de tres pasos: la documentación de datos, su publicación en repositorios y la elaboración de artículos de datos (data papers), hemos generado un flujo de trabajo para la puesta en valor de información ambiental.

- Documentación de datos: los metadatos constituyen la información básica que debe acompañar cualquier conjunto de datos para poder interpretarlos correctamente y hacer viable su reutilización por otros usuarios.
- Publicación de datos: la proliferación de repositorios ha supuesto un avance en cuanto a integración y disponibilidad de datos se refiere. El archivo público de datos es posible

desde repositorios más generalistas a más específicos, institucionales, o de otro tipo. Por la naturaleza de los datos que se coleccionan en Sierra Nevada en el contexto del Observatorio, muchos de estos conjuntos de datos se han publicado en GBIF, una infraestructura de datos abiertos que actúa como un repositorio internacional de datos de biodiversidad. El Observatorio se encuentra en GBIF como entidad proveedora de datos y, actualmente, contamos con un total de 6 conjuntos de datos publicados en formato Darwin Core.

- Elaboración de data papers: cada vez son más las revistas científicas que incorporan los data papers como modalidad de publicación. El data paper es un artículo que documenta detalladamente uno o varios conjuntos de datos accesibles, describiendo su contenido y el contexto en el que fueron generados. Algunos de sus objetivos son: dar visibilidad al conjunto de datos que documenta, dar reconocimiento a sus proveedores, brindar accesibilidad al recurso y garantizar la calidad de los datos y metadatos.

4.1 Conjuntos de datos generados por el Observatorio

La información ambiental generada en el Observatorio procede, fundamentalmente, de dos proveedores de datos: la Universidad de Granada y la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible de la Junta de Andalucía. Ésta última, recolecta la información de los protocolos de seguimiento a través de la Agencia de Medio Ambiente y Agua y el equipo técnico del Parque Nacional y Natural de Sierra Nevada.

Su puesta en valor se realiza a partir del trabajo colaborativo entre gestores, científicos y personal técnico del Observatorio. Para ejemplificar cómo se desarrolla dicho proceso, describiremos el último caso de éxito: la documentación, estandarización y publicación del conjunto de datos de monitoreo de la cabra montés en Sierra Nevada. Se trata de una serie temporal amplia (desde el año 1993 hasta la actualidad), completa (con un total de 11.436 individuos observados) y de gran relevancia, al tratarse del monitoreo de una especie endémica cuya población más numerosa y con mayor variabilidad genética se encuentra en Sierra Nevada^{5,6}. El ciclo de vida de este conjunto de datos (Figura 3), así como y el rol que juega su puesta en valor y los principios FAIR en él, se detalla a continuación:

- Recopilación de datos en campo: las observaciones fueron registradas en campo a lo largo de las últimas décadas por el personal técnico del Parque Nacional y Natural de Sierra Nevada en el marco del “*Plan específico de gestión de la población de cabra montés (Capra pyrenaica)*”⁷ y del protocolo de seguimiento de la cabra montés del Observatorio⁸. Su registro se realiza en estadillos de papel, anotando: transecto, hora de inicio y fin del recorrido, nombre de los censadores, grupos de cabras avistados, número de cabras por grupo, distancia de avistamiento, sexo de los individuos, edad en el caso de los machos y si presentan síntomas de sarna o no, además de otras notas.
- Diseño de base de datos y formulario de integración: se diseñó una base de datos Access para digitalizar la información mediante un formulario con una estructura

similar a los estadillos de campo, en el cual se implementaron algunos campos de control como máscaras de entrada, listas de valores predefinidos, etc. El modelo de datos tuvo en cuenta los elementos principales de los muestreos: los transectos, las visitas a campo, los censadores, los grupos de cabras y las observaciones a nivel de individuo.

- Digitalización de la información: con la digitalización a detalle de todos los datos contenidos en los estadillos de campo, se ha protegido la información de posibles pérdidas accidentales, al estar ésta almacenada en papel.
- Procesamiento y desagregación de los datos: una vez digitalizada la información, se procesaron y desagregaron los datos mediante la combinación de dos herramientas: R⁹ y PostgreSQL¹⁰, éste último un sistema de gestión de base de datos. De esta forma, se creó un proceso de validación mediante código SQL para detectar posibles errores derivados de la digitalización y poder corregirlos en la base de datos, consultando los estadillos de campo de nuevo cuando fue necesario y haciendo distintas rondas de validación. Algunos ejemplos de las comprobaciones que se hicieron son las siguientes: revisar si toda la información estaba correctamente asociada, revisar valores nulos en campos esenciales, identificar información duplicada, identificar incongruencias en los datos, revisar los campos de control, etc.
- Estandarización y publicación: el conjunto de datos fue estandarizado al estándar biológico Darwin Core, el cual ofrece un formato de trabajo con una terminología común y unos campos concretos donde almacenar la información taxonómica, espacial, etc. Se hizo una correspondencia entre los datos de origen y los campos del estándar para decidir la forma óptima de estructurar los datos, que en este caso fue el tipo “sampling-event” (eventos de muestreo). El archivo Darwin Core contiene 3.091 eventos: 582 “parent events” o recorrido de transectos de muestreos y 2.509 “child events” o avistamientos de grupo; 5.396 registros de presencia de la especie y 2.502 mediciones asociadas.

El conjunto de datos resultante y sus metadatos se integraron y publicaron en GBIF, a través del IPT (Integrated Publishing Toolkit) del nodo español. Los datos se encuentran disponibles para descarga como Darwin Core Archive (DwC-A) y los metadatos como EML (Ecological Metadata Language). La última versión del mismo (v.1.7) fue publicada con fecha 14-05-2020, cuya actualización se realizará anualmente, con la incorporación de los datos de los nuevos censos.

- Elaboración y publicación de un data paper: por último, se publicó un data paper en la prestigiosa “data journal” (revista de datos) de Nature llamada *Scientific Data*. En el artículo se describe en detalle el conjunto de datos publicado en GBIF, ahondando en las características del monitoreo y protocolo de muestreo, el proceso de validación técnica de los datos y su gestión, así como un ejemplo de uso reproducible en código R para mostrar a los usuarios cómo descargarse los datos de GBIF y trabajar con ellos, por ejemplo, calculando algunos parámetros poblacionales y generando gráficos descriptivos.

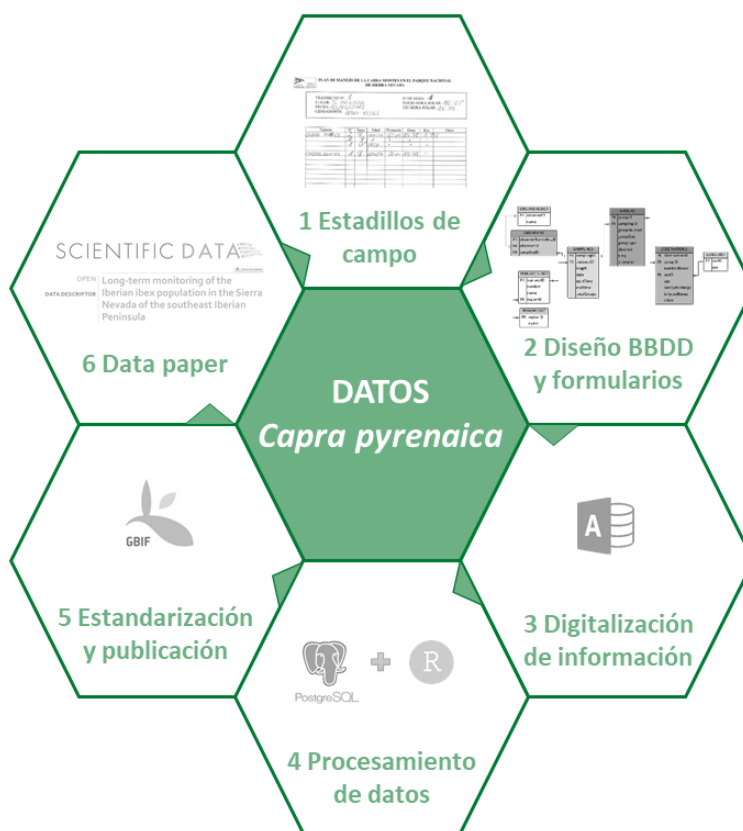


Figura 2. Ciclo de vida de los datos de monitoreo de la cabra montés en Sierra Nevada.

4.2 Otros conjuntos de datos relevantes

Con el objetivo de identificar conjuntos de datos relevantes que se hubieran colectado en Sierra Nevada por distintos investigadores, en marzo de 2020 se lanzó una encuesta a un total de 617 direcciones de correos electrónicos procedentes de:

- Autores de la recopilación bibliográfica realizada en Sierra Nevada (para más detalle, ver comunicación CONAMA 2020: “Observatorio de Cambio Global de Sierra Nevada: Recopilación bibliográfica de información científica en Sierra Nevada”).
- Autores participantes de la publicación “La huella del Cambio Global en Sierra Nevada: Retos para la conservación”¹¹.
- Asistentes a las reuniones científicas del Observatorio.
- Listado de correos de solicitudes de investigación en el Espacio Natural de Sierra Nevada.

Cuatro meses después, habíamos obtenido un total de 57 respuestas a la encuesta. Comenzamos entonces la primera fase de documentación, que consistió en metadatar toda esa información aplicando los modelos de metadatos que utiliza la red europea de

seguimiento de procesos ecológicos a largo plazo LTER (Long-Term Ecological Research) a través de su herramienta DEIMS (Dynamic Ecological Information Management System - Site and dataset registry, <https://deims.org/models>). Los modelos de este sistema de gestión de metadatos permiten documentar conjuntos de datos e información asociada, cumpliendo con la Directiva INSPIRE y proporcionando la información en estándares como EML (Ecological Metadata Language). Como parte de la estructura de estos modelos, algunos campos se completaron con vocabulario controlado de distintos diccionarios y tesauros. Un ejemplo de ello es la utilización de EnvThes (Environmental Thesaurus) para: homogeneizar los términos referidos a parámetros medidos en un monitoreo o estudio; encuadrar la investigación o especialización de un investigador en una disciplina concreta, etc.

El primer paso del metadatado consistió en buscar la correspondencia entre los campos de los modelos de DEIMS y las respuestas de la encuesta realizada a investigadores. En nuestro caso, los dos modelos básicos utilizados fueron los siguientes:

- “Person Metadata Model”: contiene información básica del personal investigador que ha respondido la encuesta y que es responsable de conjuntos de datos generados en Sierra Nevada. En este modelo se añadió un nuevo campo con el objetivo de asociar la investigación de cada uno de los encuestados a uno o varios ámbitos temáticos del Observatorio.
- “Dataset Metadata Model”: recoge información de los conjuntos de datos, desde información general como resumen y rango de fechas que cubren los datos, hasta información detallada de la escala espacial y los parámetros medidos.

Del total de respuestas obtenidas, la coordinación científica del Observatorio hizo una selección de aquellos investigadores que expresaron su voluntad de integrar los conjuntos de datos en el Observatorio y según la relevancia de los mismos para mejorar el conocimiento científico de Sierra Nevada. Se establecieron entrevistas individuales y personalizadas con estos investigadores para obtener una descripción más detallada de las series de datos y comprobar su estado en términos de formatos, accesibilidad, etc.

Tradicionalmente, la gestión de datos en el ámbito de la investigación termina con la publicación de un artículo científico. Sin embargo, dedicar esfuerzos a una documentación completa de los mismos implica un cambio en las prácticas de gestión de los datos científicos, concibiendo éstos como elementos clave en la producción de conocimiento. Por esta razón, el equipo del Observatorio está actualmente ofreciendo su apoyo técnico para poner en valor los recursos de datos de estos investigadores.

5. EXPERIENCIAS DESDE EL OBSERVATORIO

Como resultado de nuestra experiencia abordando la tarea de gestión y puesta en valor de información ambiental, se han publicado numerosos conjuntos de datos y sus respectivos data papers.

Cuadro 1. Datos y data papers publicados en el marco del Observatorio.

Año	Datos	Data paper
2020	<i>Dataset of Iberian ibex population in Sierra Nevada (Spain)</i> ¹²	<i>Long-term monitoring of the Iberian ibex population in Sierra Nevada (SE Iberian Peninsula)</i> ¹³
2020	<i>A trait database of the vascular flora of Sierra Nevada (SE Spain)</i> ¹⁴	<i>FloraSNevada: a trait database of the vascular flora of Sierra Nevada, southeast Spain</i> ¹⁵
2020	<i>Georeferenced features of cultural ecosystem services in Sierra Nevada: a dataset based on social media photo content analysis</i> ¹⁶	<i>Social media photo content for Sierra Nevada: a dataset to support the assessment of cultural ecosystem services in protected areas</i> ¹⁷
2020	<i>Ecosystem functioning and functional diversity of Sierra Nevada (SE Spain)</i> ¹⁸	<i>A remote sensing-based dataset to characterize the ecosystem functioning and functional diversity of Sierra Nevada Biosphere Reserve (Spain)</i> ¹⁹
2019	<i>Dataset of occurrence and incidence of pine processionary moth in Andalusia (South Spain)</i> ²⁰	<i>Dataset of occurrence and incidence of pine processionary moth in Andalusia, south Spain</i> ²¹
2016	<i>Dataset of Passerine bird communities in a mediterranean high mountain (Sierra Nevada, Spain)</i> ²²	<i>Dataset of Passerine bird communities in a Mediterranean high mountain (Sierra Nevada, Spain)</i> ²³
2015	<i>Dataset of Phenology of flora of mediterranean high-mountains meadows (Sierra Nevada)</i> ²⁴	<i>Dataset of Phenology of Mediterranean high-mountain meadows flora (Sierra Nevada, Spain)</i> ²⁵
2015	<i>Dataset of Global Change, altitudinal range shift and colonization of degraded habitats in mediterranean mountains (MIGRAME)</i> ²⁶	<i>Dataset of MIGRAME Project (Global Change, Altitudinal Range Shift and Colonization of Degraded Habitats in Mediterranean Mountains)</i> ²⁷
2014	<i>Sinfonevada: Dataset of Floristic diversity in Sierra Nevada forest (SE Spain)</i> ²⁸	<i>Sinfonevada: Dataset of Floristic diversity in Sierra Nevada forests (SE Spain)</i> ²⁹

Actualmente, se está trabajando en la documentación, integración, estandarización y publicación de otras tres series de datos del Observatorio: parámetros físico-químicos y biológicos en lagunas de alta montaña de Sierra Nevada, parámetros físico-químicos y biológicos en ríos de Sierra Nevada y monitoreo de mariposas diurnas en Sierra Nevada.

Además, se siguen realizando entrevistas y reuniones con los investigadores contactados a través de las encuestas para continuar con la tarea de poner en valor otros conjuntos que también sean relevantes para mejorar el conocimiento científico de los ecosistemas nevadenses.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Aspizua, R. *et al.* El observatorio de cambio global de Sierra Nevada: hacia la gestión adaptativa de los espacios naturales.
- [2] Wilkinson, M. D. *et al.* The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. *Sci. Data* **3**, 1–9 (2016).
- [3] Data sharing and the future of science. *Nat. Commun.* **9**: 2817 (2018).
- [4] Pérez-Luque, A. J. & Ros-Candeira, A. Compartiendo datos en Ecología: cómo añadir más valor a los datos. *Ecosistemas* **28**, 150–159 (2019).
- [5] Márquez, F. J. *et al.* Evaluación de la diversidad genética de la cabra montés (*Capra pyrenaica hispanica*) en Andalucía: comparación de los resultados obtenidos mediante la detección de mutaciones puntuales por técnicas de digestión de ARN (NIRCA) y secuencia basados en el gen mitocondrial citocromo b. in *Tendencias actuales en el estudio y conservación de los caprinos europeos* (eds. Granados, J. E., Cano-Manuel, F. J., Fandos, P. & Cadenas de Llano, R.) 143–154 (Consejería de Medio Ambiente-Junta de Andalucía, 2008).
- [6] Márquez, F. J. *et al.* Genetic diversity of cytochrome b in the Iberian ibex from Andalusia. *Mammal Biol.* (in press).
- [7] Granados, J. E. *et al.* Plan de gestión de la cabra montés (*Capra pyrenaica*) en el Espacio Natural Protegido de Sierra Nevada. in *III Congreso Forestal Español* (2001).
- [8] Granados, J. E., Cano-Manuel, F. J. & Fandos, P. Seguimiento de la población de cabra montés. in *Observatorio de Cambio Global Sierra Nevada: metodologías de seguimiento* (eds. Aspizua, R., Barea-Azcón, J. M., Bonet, F. J., Pérez-Luque, A. J. & Zamora, R. J.) 79 (Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, 2012).
- [9] R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. (R Foundation for Statistical Computing, 2019).
- [10] PostgreSQL Global Development Group. PostgreSQL version 11.3, <http://www.postgresql.org/> (2019).
- [11] Zamora, R., Pérez-Luque, A.J., Bonet, F.J., Barea-Azcón, J.M. & Aspizua, R. (editores). *La huella del cambio global en Sierra Nevada: Retos para la conservación.* (Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Junta de Andalucía, 2015).
- [12] Granados, J. E. Dataset of Iberian ibex population in Sierra Nevada (Spain). *Sierra Nevada Global Change Observatory. Andalusian Environmental Center, University of Granada, Regional Government of Andalusia*, <https://doi.org/10.15470/3ucqfm> (2020).
- [13] Granados, J. E. *et al.* Long-term monitoring of the Iberian ibex population in the Sierra Nevada of the southeast Iberian Peninsula. *Sci. Data* **7**, 203 (2020).

- [14] Lorite, J., Salazar, C., Ros-Candeira, A. & Alcaraz-Segura, D. A trait database of the vascular flora of Sierra Nevada (SE Spain). *PANGAEA*, <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.910792> (2020).
- [15] Lorite, J., Ros-Candeira, A., Alcaraz-Segura, D. & Salazar-Mendías, C. FloraSNevada: a trait database of the vascular flora of Sierra Nevada, southeast Spain. *Ecology* **101** (2020).
- [16] Ros-Candeira, A. & Llorca, R. M. Georeferenced features of cultural ecosystem services in Sierra Nevada: a dataset based on social media photo content analysis. *Figshare*. Dataset, <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.8943509.v2> (2019)
- [17] Ros-Candeira, A., Moreno-Llorca, R., Alcaraz-Segura, D., Bonet-García, F. J. & Vaz, A. S. Social media photo content for Sierra Nevada: a dataset to support the assessment of cultural ecosystem services in protected areas. *Nat. Conserv.* **38**, 1–12 (2020).
- [18] Cazorla, B. *et al.* Ecosystem functioning and functional diversity of Sierra Nevada (SE Spain). *PANGAEA*, <https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.904575> (*dataset in review*).
- [19] Cazorla, B. *et al.* A remote sensing-based dataset to characterize the ecosystem functioning and functional diversity of a Biosphere Reserve: Sierra Nevada (SE Spain). <https://essd.copernicus.org/preprints/essd-2019-198/> (2020) doi:10.5194/essd-2019-198.
- [20] Ros-Candeira, A., Pérez-Luque, A. J., Muñoz, M. S., García, F. J. B. & Correa, J. A. H. Dataset of occurrence and incidence of pine processionary moth in Andalusia (South Spain). *Sierra Nevada Global Change Observatory. Andalusian Environmental Center, University of Granada, Regional Government of Andalusia*, <https://doi.org/10.15470/S1MXJB> (2018).
- [21] Ros-Candeira, A. *et al.* Dataset of occurrence and incidence of pine processionary moth in Andalusia, south Spain. *ZooKeys* **852**, 125–136 (2019).
- [22] Barea-Azcón, J. M. & Pérez-Luque, A. J. Dataset of Passerine bird communities in a mediterranean high mountain (Sierra Nevada, Spain). *Sierra Nevada Global Change Observatory. Andalusian Environmental Center, University of Granada, Regional Government of Andalusia*, <https://doi.org/10.15468/ow9noo> (2018).
- [23] Pérez-Luque, A. J., Barea-Azcón, J. M., Álvarez-Ruiz, L., Bonet-García, F. J. & Zamora, R. Dataset of Passerine bird communities in a Mediterranean high mountain (Sierra Nevada, Spain). *ZooKeys* **552**, 137–154 (2016).
- [24] Zamora, R. Dataset of Phenology of flora of mediterranean high-mountains meadows (Sierra Nevada). *Sierra Nevada Global Change Observatory. Andalusian Environmental Center, University of Granada, Regional Government of Andalusia*, <https://doi.org/10.15468/qhqzub> (2020).
- [25] Pérez-Luque, A. J., Sánchez-Rojas, C. P., Zamora, R., Pérez-Pérez, R. & Bonet, F. J. Dataset of Phenology of Mediterranean high-mountain meadows flora (Sierra Nevada, Spain). *PhytoKeys* **46**, 89–107 (2015).
- [26] Pérez-Luque, A. J., Benito de Pando B.M., Pérez-Pérez, R., Bonet García F. J. Dataset of

Global Change, altitudinal range shift and colonization of degraded habitats in mediterranean mountains (MIGRAME). *Sierra Nevada Global Change Observatory. Andalusian Environmental Center, University of Granada, Regional Government of Andalusia*, <https://doi.org/10.15470/orboj4> (2020).

[27] Pérez-Luque, A. J., Zamora, R., Bonet, F. J. & Pérez-Pérez, R. Dataset of MIGRAME Project (Global Change, Altitudinal Range Shift and Colonization of Degraded Habitats in Mediterranean Mountains). *PhytoKeys* **56**, 61–81 (2015).

[28] Pérez-Luque, A. J. Sinfonevada: Dataset of Floristic diversity in Sierra Nevada forest (SE Spain). *Sierra Nevada Global Change Observatory. Andalusian Environmental Center, University of Granada, Regional Government of Andalusia*, <https://doi.org/10.15468/4gpr7e> (2018).

[29] Pérez-Luque, A. J. *et al.* Sinfonevada: Dataset of Floristic diversity in Sierra Nevada forests (SE Spain). *PhytoKeys* **35**, 1–15 (2014).