



## **Seguimiento de los efectos del cambio global en Sierra Nevada: diseño y desarrollo de un sistema de monitorización ecológica basado en la red de estaciones multiparamétricas**

**Entidad en la que se desarrolla el proyecto:** Universidad de Granada

**Investigador principal:** Regino J. Zamora Rodríguez. Universidad de Granada

**Parque Nacional donde se ubica el estudio:** Parque Nacional de Sierra Nevada

**Palabras clave:** Estaciones de Monitoreo Intensivo (EMIs), sistema de indicadores, plataforma web, seguimiento y evaluación del cambio global.

**Organismo cofinanciador:** Fundación Biodiversidad

**Inicio:** 01/05/2011 - **Fin:** 30/07/2012

### **SINOPSIS**

El primero objetivo del proyecto fue el diseño de una red de Estaciones de Monitoreo Intensivo (EMIs) en el Espacio Natural de Sierra Nevada, parcelas de territorio ecológicamente homogéneo en torno a una estación multiparamétrica en la que existe una alta concentración de sensores y protocolos de recogida de datos atmosféricos, edáficos y biológicos. Además, se ha diseñado y desarrollado un sistema de captura de datos de las estaciones multiparamétricas de las EMIs, para el procesado continuo de indicadores y otro de teledetección para las EMIs, tratando de obtener de forma completamente automatizada datos de sensores transportados, particularmente del sensor **MODIS** del satélite TERRA, que incluye productos como el índice de nieve (NDSI), la delimitación de incendios o el índice de vegetación (NDVI y EVI) con resoluciones de 250 m, parámetros muy útiles de cara a estudiar los cambios sufridos por los ecosistemas en el contexto de cambio global.

Se persiguió asimismo diseñar un modelo para integrar los datos climáticos, los datos bióticos procedentes del Observatorio de Cambio Global de Sierra Nevada y los datos procedentes de sensores remotos. También, la creación de un sistema de indicadores de estado para la red de EMIs que permitan conocer con precisión espacial y temporal el estado de conservación. La idea de partida es que estos indicadores se procesen de forma automatizada conforme los datos brutos se transfieran a la base de datos, lo que permita un seguimiento continuo. Y, por último, el proyecto incluyó el diseño y creación de una plataforma web para la consulta y descarga de datos en el marco del Observatorio de Cambio Global de Sierra Nevada.



## INVESTIGANDO Y CONOCIENDO: NUEVAS TECNOLOGÍAS METODOLOGÍAS, DOWNSCALING, TELEDETECCIÓN... PARA EL SEGUIMIENTO ECOLÓGICO

### ALGUNOS FRAGMENTOS QUE NOS PUEDEN ACERCAR AL CONTENIDO DEL PROYECTO

En una EMI, además de los datos de la propia estación multiparamétrica (humedad relativa, precipitación, radiación solar, temperatura del aire y suelo, velocidad y dirección del viento, presión atmosférica, temperatura del suelo, radiación UVB1 y UVA1 y Nivel de nieve), se toman datos biológicos (flora y fauna) mediante los protocolos de seguimiento del Observatorio de Cambio Global de Sierra Nevada, y datos de distinta naturaleza obtenidos mediante teledetección (cobertura de nieve, albedo, índices de vegetación, productividad, incendios). Por ello podemos considerar una EMI como un punto caliente de obtención de datos de alta frecuencia de actualización y gran calidad. Dentro del área de una EMI, cada dato recogido tiene una localización geográfica precisa, definida en un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Para calcular las zonas con mayor concentración de protocolos de muestreo se llevó a cabo en primer lugar una revisión de todos los protocolos de seguimiento socio-ecológicos que se están llevando a cabo dentro del Observatorio de Cambio Global de Sierra Nevada. Mediante la aplicación de la Estimación de la densidad de Kernel (KDE)<sup>3</sup> se obtuvo un mapa estandarizado de densidad de protocolos de seguimiento, en el cual las zonas con mayor valor se corresponden con aquellas que presentan una mayor concentración de protocolos de seguimiento por unidad de superficie.

Con esta base, y teniendo en cuenta la localización de las estaciones meteorológicas, así como las características topográficas y el concepto de cuenca hidrográfica como unidad de gestión socioecológica, se llevó a cabo una primera delimitación espacial de las Estaciones de Monitoreo Intensivo, sobre la cual se identificaron los diferentes ecosistemas que incluían dichas EMIs. Para ello se tuvo en cuenta el mapa de ecosistemas creado dentro del **Observatorio de Cambio Global de Sierra Nevada**. Con la delimitación previa de las diferentes EMIs se llevó a cabo una visita de campo a cada una de ellas para comprobar in situ los límites de dichas EMIs y ver los ecosistemas que incluían dichas EMIs. De igual modo se aprovecharon las visitas para recopilar diferente material audiovisual (videos, fotografías) de las EMIs con los cuales hacer fichas divulgativas de las mismas. En campo también se comprobó que en cada una de las EMIs propuestas se incluía alguno de los ecosistemas más representativos de Sierra Nevada. De este modo tuvimos representados los encinares (EMI05), robledales (EMI07 y EMI0203), pastizales y canchales de alta montaña (EMI08), matorrales de alta montaña (EMI06 y EMI0203) y de media montaña (EMI01 y EMI04).

Para cada una de las EMIs se ha realizado una caracterización en la cual se muestra su delimitación sobre ortofotografía, el mapa de ecosistemas y el porcentaje de ocupación de cada uno de ellos, las metodologías de seguimiento ecológico presentes en la EMI, su caracterización topográfica (incluyendo para la altitud el histograma y el valor medio, el mapa de



## **INVESTIGANDO Y CONOCIENDO: NUEVAS TECNOLOGÍAS METODOLOGÍAS, DOWNSCALING, TELEDETECCIÓN... PARA EL SEGUIMIENTO ECOLÓGICO**

---

orientaciones y su gráfica de porcentajes y el mapa de pendientes con su histograma y valor medio. También se ha realizado para cada EMI una caracterización climática, en la cual se muestran gráficas de temperatura mínima y máxima, así como de precipitación, tanto para el pasado como las predicciones para el futuro según cuatro escenarios de cambio climático: ECHAM4-A2, ECHAM4-B2, CGCM2-A2 y CGCM2-B2. Además, se han realizado unas fichas divulgativas que contienen imágenes panorámicas de las EMIs y vídeos de los ecosistemas presentes.

Los indicadores se pueden definir como los parámetros o combinación de los mismos que explican de manera satisfactoria el funcionamiento de un proceso concreto, resumen la situación de un recurso natural determinado o registran la evolución de los mismos dentro de un ecosistema. Los indicadores ecosistémicos se pueden clasificar de acuerdo al modelo de Presión, Estado, Respuesta (PER) que sigue el concepto de causalidad, por el cual el ser humano hace uso de los recursos (presión) generando un cambio en las características físicas, químicas o biológicas (estado). Una vez que se ha identificado el cambio, la sociedad actúa intentando remediar, paliar, prevenir o compensar el daño generado (respuesta). A su vez, la presión puede incluir indicadores asociados a cambio climático, usos del territorio, contaminación, etc. y el estado de cada ecosistema se puede evaluar de acuerdo a tres aspectos fundamentales: organización (composición + estructura), función (producción, fenología, ciclo de nutrientes,...) y resiliencia (regeneración, banco de semillas,...) o, también, hacerlo a través del seguimiento de una especie o grupo de especies indicadoras. Por su parte, los indicadores de respuesta pueden incluir parámetros relacionados con la gestión forestal, la recuperación de especies amenazadas, actuaciones para el control de erosión o la prevención de incendios forestales, etc.