



**Seguimiento de los efectos del cambio global en Sierra Nevada (Fase II):
Creación de una red de sensores inalámbricos en las Estaciones de Monitoreo Intensivo. Experiencia piloto**

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: red de sensores inalámbricos, Estaciones de Monitoreo Intensivo (EMIs), plata-forma web, seguimiento y evaluación del cambio global.

Organismo cofinanciador: Fundación Biodiversidad

Inicio: 01/05/2012 - **Fin:** 31/07/2013

SINOPSIS

Este proyecto, que da continuidad al '*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*' [FB11], tuvo como primer objetivo el diseño e implementación de una red de sensores inalámbricos para medir determinadas variables abióticas (humedad del aire, humedad del suelo, temperatura del aire y temperatura del suelo) y bióticas (actividad fotosintética) en una Estación de Monitoreo Intensivo en Sierra Nevada.

Se desarrolló en el marco del Observatorio de Cambio Global y como experiencia piloto para su posible transferencia posterior a toda la Red de EMIs del Parque Nacional. Además, se diseñó e implementó un sistema de información que permite gestionar de manera consistente los datos generados, incluyendo una base de datos que alberga la información suministrada por los sensores y su integración en redes científicas internacionales. Se configuró una plataforma web para la descarga de datos y el análisis de los mismos y se planificaron los pasos a dar para la implementación de los resultados obtenidos con esta experiencia piloto en la red de EMIs del Parque Nacional 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

El diseño de una red de sensores inalámbricos es un proceso complejo que requiere considerar muchos factores clave: objetivo del estudio, tipo de variables a medir, cobertura espacial que se pretende cubrir, frecuencia de muestreo, etc. A su vez, la implementación requiere de una puesta en valor de las consideraciones previstas en el diseño y el contacto con el entorno real. El objetivo de esta red inalámbrica es suministrar información de variables abióticas y a gran resolución espacial y temporal para una Estación de Monitoreo Intensivo de Sierra Nevada. Esta información se pone a disposición de la comunidad científica a través del Observatorio de seguimiento del cambio global de Sierra Nevada.

Para la creación de la red de sensores inalámbricos se han tenido en cuenta la topografía del terreno en la EMI de Cáñar, el tipo de sensores, frecuencia de muestreo, protocolos de comunicación y posibles proveedores para la adquisición de los materiales necesarios. La EMI del robledal de Cáñar se encuentra en la ladera sur de Sierra Nevada. Es un monte de titularidad pública que contiene un robledal bien conservado rodeado de pinares de repoblación. Tiene una extensión de 200 has cubiertas en su totalidad por robledal de *Quercus pyrenaica*. La estación multiparamétrica incluida en el mismo tiene buena comunicación. Además, en este robledal se concentra un número apreciable de protocolos dentro del programa de seguimiento de los efectos del cambio global de Sierra Nevada.

De los protocolos/estándares examinados el estándar IEEE 802.15.4 es el más versátil entre consumo y distancia máxima de comunicación, siendo a su vez el estándar más usado en la actualidad, lo que permitirá encontrar dispositivos más asequibles y compatibles. Una vez seleccionado el estándar de comunicaciones, se examinaron las posibles topologías de la red que permitan crear la red de comunicaciones: en estrella o en malla. La topología en malla permite la comunicación entre dispositivos. De esta manera, es posible el envío de un mensaje entre cualquier nodo que esté conectado a la red, mediante la transmisión del mensaje entre los distintos nodos que forman la red. Si la red está completamente conectada, cualquier nodo estará comunicado con cualquier otro. Esta topología es más compleja de mantener que la topología en estrella, ya que requiere de mecanismos de enrutamiento, que permita establecer las comunicaciones entre dos nodos cualesquiera, aumento del tráfico de la red al existir más de un posible camino en la comunicación, etc. Frente a esas dificultades técnicas, se constituye en una red confiable y más versátil para cubrir largas distancias. La comunicación entre dos nodos se realiza usando nodos intermedios, por lo que es posible cubrir distancias más largas, con menos capacidad de transmisión.

El diseño de la red se ha realizado teniendo en cuenta las pruebas de cobertura realizadas en campo. La distancia aconsejable (sin modificar el sistema de antenas que tienen los dispositivos) es de 150 m. Los dispositivos



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

se han dispuesto de forma óptima para cubrir la mayor área posible, y cubrir a su vez puntos estratégicos que coinciden con algunas metodologías de seguimiento dentro del Observatorio de Cambio Global de Sierra Nevada.

Los cuatro conjuntos de datos generados por los sensores instalados (humedad del aire, humedad del suelo, temperatura del aire y temperatura del suelo) se han documentado dentro del Sistema de Información del Observatorio. Para ello se han utilizado dos estándares de metadatos, EML (*Ecological Metadata Language*) y la Directiva INSPIRE mediante el perfil NEM (Núcleo Español de Metadatos). De esta forma, se permite que los datos estén accesibles y documentados para la comunidad científica (EML) y para las administraciones ambientales (NEM). Estos conjuntos de datos se replican en el catálogo de metadatos de la red internacional **ILTER** (*Long Term Ecological Research*), un catálogo que integra cerca de 30.000 paquetes de datos de más de 2000 científicos pertenecientes a 26 sitios LTER diferentes.

El presente proyecto se concibió como una experiencia piloto en la instrumentalización de una EMI concreta de Sierra Nevada. Pero el objetivo general a futuro es el de desplegar redes sensoriales en todas las EMI como pieza clave para potenciar los proyectos de investigación sobre cambio global que se desarrollan en Sierra Nevada, comenzando por la EMI Veleta, debido a la gran cantidad de solicitudes de investigación que se realizan en su interior. Esto supone un gran reto técnico, ya que no es fácil encontrar sensores capaces de resistir las condiciones ambientales tan adversas. Otra cantidad elevada de solicitudes de investigación se concentra en la zona de los Peñones de San Francisco y Llanos de Otero, ocupada por matorrales de alta montaña (enebralpiornal), un área donde no hay ninguna EMI definida. También se observa una gran concentración de solicitudes en ecosistemas forestales de la zona occidental y otra en la zona semiárida de Sierra Nevada.