

## 2.1. Seguimiento de las características físicas de la capa de nieve

Algarra, J.A.<sup>1</sup> y Herrero, J.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Agencia de Medio Ambiente y Agua <sup>2</sup> Instituto Interuniversitario de Investigación del Sistema Tierra en Andalucía, Universidad de Granada

### Resumen

La presencia, distribución y duración de la capa de nieve en Sierra Nevada es una de las características físicas que hacen de este macizo un enclave tan peculiar, además de darle su nombre. Es el recurso que sirve de base a actividades económicas como el esquí; es reserva de agua, dilatada en el tiempo, que alivia la escasez de los periodos secos estivales y amortigua la torrencialidad mediterránea; es modulador de ecosistemas que albergan flora y fauna exclusivas y/o relicticas de épocas más frías. El conocimiento preciso de sus propiedades, de su dinámica y de su vulnerabilidad ante cambios en el clima es fundamental para la gestión y planificación de todos los servicios ecosistémicos a los que afecta [1]. En este trabajo se combinan campañas puntuales de seguimiento *in situ* de las propiedades del manto de nieve, estaciones fijas de seguimiento de los valores meteorológicos que determinan su comportamiento, una estación fotográfica para el estudio de la evolución en detalle de la superficie cubierta y aplicación de todo ello en un modelado físico de la nieve con el programa WiMMed [2] que permite hacer pronósticos de su comportamiento ante predicciones meteorológicas o ante hipotéticos escenarios pasados o futuros, y su efecto en la hidrología de los ríos de Sierra Nevada.

### > Objetivos y metodología

El objetivo es ahondar en el conocimiento, tanto a escala de detalle como a escala de toda Sierra Nevada, de las propiedades físicas de la nieve y de su distribución y dinámica, para comprender mejor los efectos reales de la nieve dentro del ciclo hidrológico y sobre los ecosistemas. Asimismo se pretende poner a punto las herramientas que permitan pronosticar la

evolución de la capa de nieve ante escenarios de cambio climático o eventos meteorológicos (sequías, frentes fríos, etc.). Para lograr este objetivo se han combinado diversas metodologías de seguimiento a partir de estaciones meteorológicas fijas completas, de estaciones de vídeo seguimiento y de mediciones sistemáticas directas sobre la nieve. Este seguimiento

se ha completado con el uso de un modelo de simulación de la nieve desde una aproximación física (WiMMed)[2], que permite abordar la parte de predicción apoyándose de manera muy importante en los trabajos de seguimiento *in situ* descritos.

### > Resultados

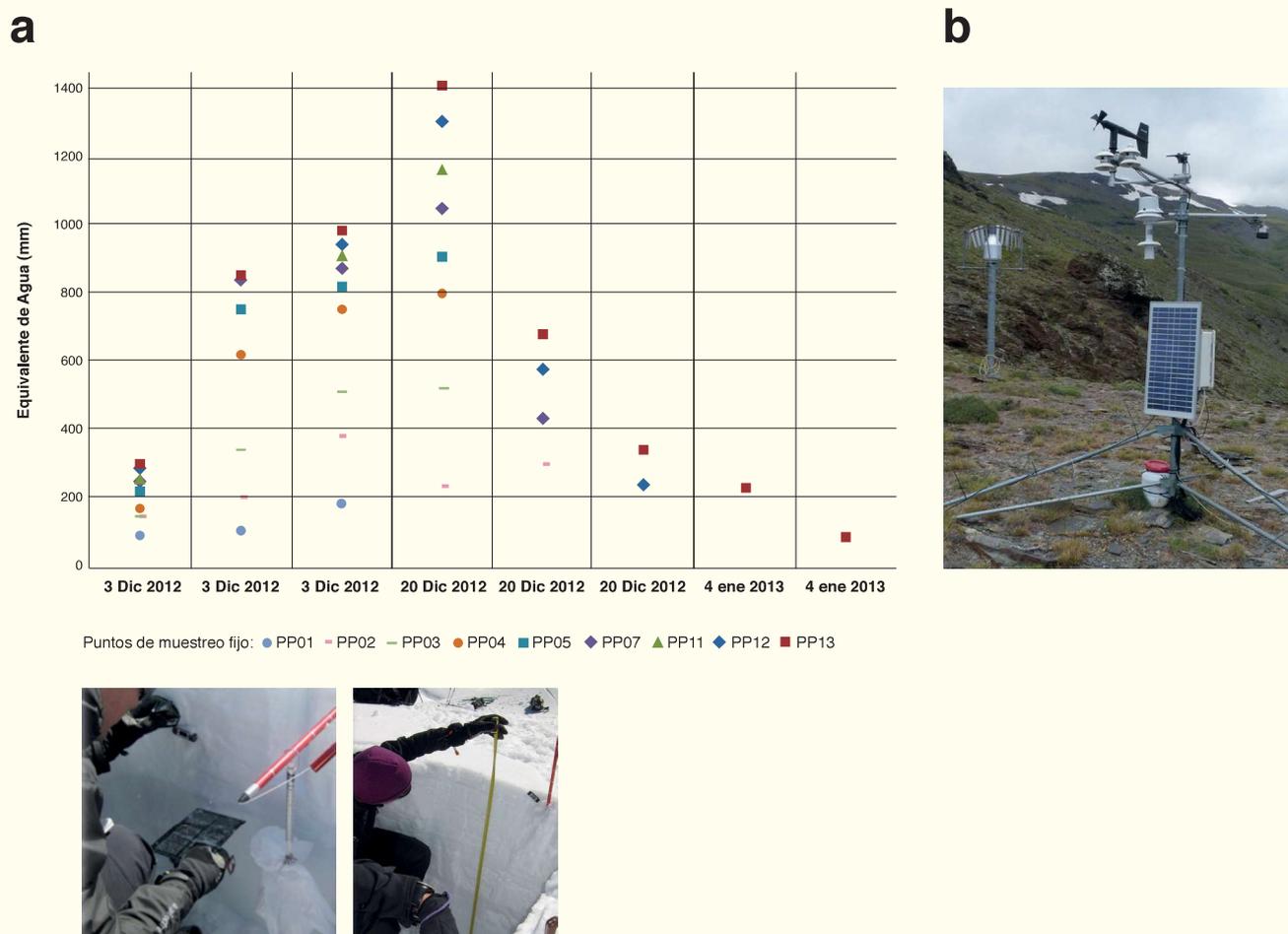
Los seguimientos *in situ* han permitido constatar la gran variabilidad espacial y temporal de la capa de nieve en Sierra Nevada. A lo largo de los años 2008-2013 se han registrado sistemáticamente los valores de densidad, equivalente de agua, espesor, número de capas y propiedades particulares de las mismas, como dureza, temperatura y tamaño de grano, principalmente en las cuencas de los ríos Genil y Guadalfeo. Esto

permite no sólo estimar la cantidad de nieve almacenada, sino también valorar la estabilidad del manto y el riesgo de aludes en las zonas más inestables.

Es la primera vez que se obtienen datos sistemáticos *in situ* de las propiedades de la nieve en Sierra Nevada, que en este proyecto, se han extendido a ambas vertientes de la Sierra. Dado

que el periodo de tiempo durante el que se vienen llevando a cabo estas medidas aún es corto y dado que se carece de antecedentes de medidas similares, no es posible aún obtener tendencias del comportamiento de la nieve. Estas medidas suponen, sin embargo, un punto de referencia muy importante para cuantificar la evolución temporal de las propiedades de la nieve.

Figura 1



a) Comparativa de equivalentes de agua (mm) obtenidos en las mediciones en puntos fijos para ocho muestreos (desde el 03/12/2012 hasta 04/01/2013) en la misma cuenca (río Genil). Destaca la elevada variabilidad por fecha y por punto de muestreo. b) A la derecha, una de las estaciones meteorológicas completas instaladas en la zona de nieve en el valle del río Trevélez.

Gracias a los seguimientos fotográficos se han obtenido mapas detallados de nieve de la parte alta de la cuenca del río Trevélez, con los que estudiar la dinámica de la nieve y su distribución en el espacio según la altitud y la orientación. Se ha encontrado que gracias a la orientación sureste de la ladera observada, la nieve mantiene una distribución bastante homogénea, creciente con la altura, que se ha

conseguido simular satisfactoriamente con WiMMed [3]. Se ha desarrollado una técnica de asimilación directa de los datos de superficie cubierta de nieve observados por la fotografía en el modelo, que ayudan a mejorar la predicción de caudales en el río Trevélez.

Las estaciones meteorológicas instaladas han permitido observar ciertas condiciones

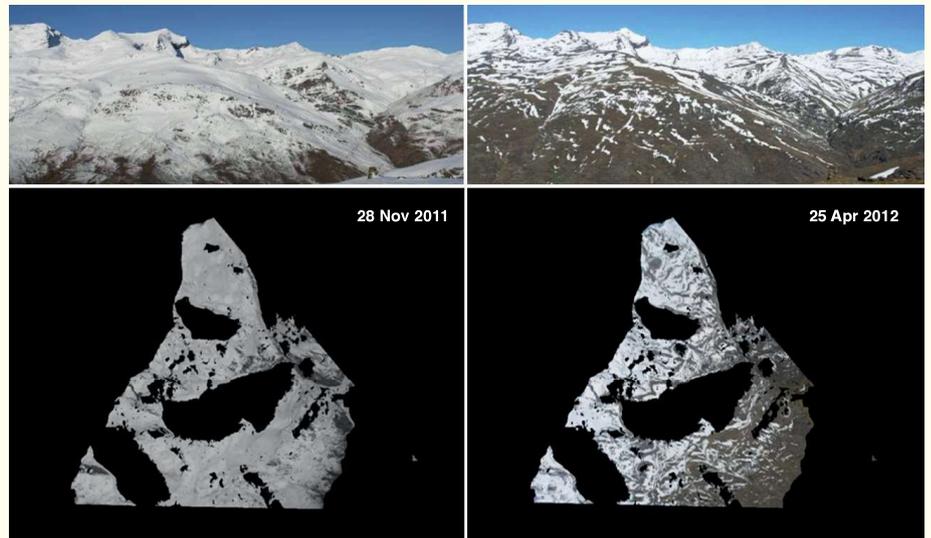
ambientales en las zonas altas de Sierra Nevada hasta ahora no monitorizadas sistemáticamente, y medir los flujos de energía que determinan el comportamiento de la capa de nieve, como es el caso de las radiaciones de onda corta y de onda larga [4].

Figura 2

a



b



a) Cámara de seguimiento de la nieve en el valle del río Trevélez, b) dos imágenes de dos fechas distintas restituídas y georeferenciadas.

## > Discusión y conclusiones

Para el seguimiento *in situ* se han seguido las recomendaciones estándar descritas en [5] pero se han tenido que adaptar a las peculiaridades de la nieve en Sierra Nevada. Entre éstas destacan unos espesores pequeños, salvo en aquellas zonas muy concretas de acumulación de nieve; y una variabilidad muy grande en el tiempo y en el espacio, con gran presencia de manchas de nieve y diferencia entre laderas contiguas con distinta orientación. Cabe señalar la excepcional acumulación de nieve durante la campaña 2010-2011 en comparación con el resto de años. No es extraño que entre dos años consecutivos la cantidad de nieve se pueda cuadruplicar.

En este lugar, la nieve está sometida a una climatología de carácter mediterráneo que le

confiere un patrón distintivo. El comportamiento especial de la nieve está más relacionado con regiones donde la baja latitud y la elevación permiten la aparición de la nieve en entornos semiáridos o mediterráneos, como ciertas partes de los Andes centrales, el Atlas o las montañas del suroeste de los Estados Unidos. Una característica común de estos lugares es que la nieve, además de sus importantes efectos sobre los sistemas bióticos, se convierte en un condicionante básico de la distribución en el tiempo del recurso agua, especialmente escaso. La planificación en el uso del agua para riego y consumo no puede hacerse con efectividad sin un conocimiento del desarrollo del manto de nieve y de los pronósticos de su evolución a corto, medio y largo plazo.

Estos trabajos de monitorización de las características de la capa de nieve son pioneros en Sierra Nevada y de importancia bien conocida en diversos aspectos, que van desde el aprovechamiento hídrico o el turismo hasta el natural. Su valor se incrementará con el tiempo si se consiguen mantener con el seguimiento iniciado, en la medida en la que permitirán observar cambios y tendencias. Dada la heterogeneidad de la nieve comprobada en estas campañas, es interesante extender las campañas a las otras cuencas más orientales, Adra, Andarax y Fardes, donde la nieve está menos presente y puede verse más afectada por cambios en la temperatura o en el régimen de precipitaciones.