



## **Estudio del efecto del cambio global sobre la nieve y la hidrología de alta montaña en el Parque Nacional de Sierra Nevada**

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

**Investigadora principal:** María José Polo Gómez. Universidad de Córdoba

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

**Palabras clave:** clima, hidrología, modelos, predicciones, cambio climático, nieve.

**Organismo cofinanciador:** Fundación Biodiversidad

**Inicio:** 16/12/2013 - **Fin:** 15/12/2014

### **SINOPSIS**

Las zonas de alta montaña son especialmente sensibles a una variación del clima, por lo que en todo el mundo se han seleccionado enclaves de este tipo como Observatorios del Cambio Global. Sierra Nevada es uno de estos observatorios, destacado a nivel nacional y mundial por sus condiciones especiales. Este Proyecto plantea el análisis del impacto que los escenarios de cambio climático suponen en el área del Parque Nacional de Sierra Nevada (PNSN), aplicando modelado hidrológico a partir de las variables meteorológicas asociadas a dichos escenarios, y analizando en profundidad las implicaciones de ese cambio no sólo sobre las variables atmosféricas (precipitación y temperatura) sino también sobre otras variables abióticas superficiales relacionadas con el ciclo del agua y que condicionan el desarrollo de las especies: cantidad y duración de la nieve, humedad del suelo o caudal en los ríos. El objetivo principal es evaluar el impacto del cambio global sobre la dinámica de la nieve y la hidrología en el área del Parque Nacional mediante la identificación de variables indicadoras altamente significativas y puntos singulares de control de las mismas. Para ello se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Analizar los efectos del cambio global en la hidrología de alta montaña de la zona de estudio, en particular, sobre la distribución espaciotemporal de la nieve.
- Estimar dicho impacto sobre el régimen de caudal de la red fluvial en el PNSN, con énfasis en el periodo de estiaje.



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

- Establecer variables indicadoras de dicho impacto y sus umbrales de variación para diferentes niveles del mismo, así como localizar puntos de control idóneos en el área de estudio.

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

En el marco del AR4-IPCC (*Intergovernmental Panel of Climate Change*), el último con datos disponibles al inicio de este proyecto, cuatro posibles escenarios futuros son propuestos según diferentes patrones de comportamiento de la población en materia de globalización, tasas de crecimiento o políticas medioambientales. Dichos escenarios se traducen en proyecciones a gran escala de diferentes variables atmosféricas gracias al uso de modelos globales. A su vez, estas proyecciones han de ser regionalizadas, mediante un proceso de reducción de escala (*downscaling*), y de este modo adaptarse a características regionales o locales influidas por otros condicionantes a esta menor escala (p.e. orografía, usos del suelo).

Para la selección de la técnica de *downscaling* y el modelo global más adecuado para la zona de estudio, las series diarias de precipitación y temperatura facilitadas por la AEMET para cada uno de ellos han sido comparadas con las series de precipitación y temperatura medidas durante el periodo de referencia en las mismas localizaciones. Esta comparativa fue realizada a diversas escalas temporales: diaria, mensual, estacional y anual. La correlación encontrada entre ambas series de datos para las escalas inferiores fue muy baja, encontrándose errores excesivos para la simulación de la nieve y la hidrológica. Se optó por tanto por la escala anual para realizar la selección del modelo más adecuado.

El modelo elegido para este estudio es el ECHAM5, regionalizado con el método estadístico *Análogos*. Dicha combinación presenta los menores errores en global para todas las variables, además de ser uno de los modelos seleccionados por la Junta de Andalucía en sus previsiones de los Escenarios Locales de Cambio Climático de Andalucía (ELCCA), lo cual permite una mayor explotación posterior de sus resultados. De los escenarios propuestos en el 4º Informe del IPCC, han sido seleccionados los datos correspondientes a los escenarios A2 y B1 por representar estados posibles extremos en el conjunto.

Un estudio comparativo pormenorizado entre los datos del IPCC y los datos observados ha sido llevado a cabo para el periodo de referencia 1960-2000, para establecer con mayor resolución el posible sesgo del modelo IPCC. Como patrón general se observa una evolución de las temperaturas medias bastante parecida, con ligeras alternancias entre años y con una pequeña sobrestimación de las mismas en el caso de los datos del IPCC. Las tendencias de crecimiento son bastante similares, del orden de 0,03 °C/año. En el caso de las temperaturas máximas esta diferencia es algo mayor, aunque ambos datos muestran una tendencia al alza. Por el contrario, para



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

las temperaturas mínimas los datos del IPCC muestran temperaturas más elevadas con tendencias de crecimiento positivas, mientras que los patrones observados en los datos medidos indican un decrecimiento de esta variable.

En el caso de la precipitación, se muestra como tendencia general una infraestimación de la precipitación proporcionada por las previsiones del IPCC. Puede observarse además como el carácter torrencial de estas zonas, con alternancia de años secos y húmedos, no es suficientemente recogido por estas previsiones.

El modelo hidrológico WiMMed (*Watershed Integrated Management in Mediterranean Environments*) desarrollado por el grupo de investigación de **Dinámica Fluvial e Hidrología (GDFH)** de las Universidades de Córdoba y Granada y calibrado en cuencas de la zona de estudio, especialmente diseñado para modelar la nieve en condiciones mediterráneas y en áreas de elevada variabilidad espacial, es el empleado para la realización de las simulaciones de nieve e hidrológicas.

En cuanto a las predicciones de temperatura para el periodo 2045-2100, puede observarse un incremento notable para ambos escenarios (A2 y B1), llegando a obtenerse temperaturas medias en las cumbres para el último periodo que antes se alcanzaban solo en las cotas medias de la cuenca. Este incremento es más abrupto para el escenario más restrictivo, A2; para el que en los puntos más elevados llegan a alcanzarse incrementos de 5°C. En el caso de la precipitación el comportamiento es similar al de la temperatura: el escenario A2 pronostica un decremento de la precipitación tres veces superior al pronosticado por el escenario B1. Los valores medios de caudal diario anual circulantes en dichos puntos arrojan una pérdida de entre el 25 y el 31% en el escenario más desfavorable, y entre el 7 y el 12% en el escenario más benigno. Asimismo, aumenta alrededor de un 40% el número de días medio al año sin caudal para el peor escenario, y un 25% para el más benigno. Ambos resultados tienen incidencia clara sobre la disponibilidad de recursos hídricos, sobre todo en el periodo seco del año, y sobre las condiciones ecológicas de los tramos fluviales, así como en otros procesos que inciden en los servicios ecosistémicos asociados a la nieve en alta montaña. La evolución de la vegetación de ribera, condiciones del subálveo fluvial, la altura piezométrica en pozos, entre otros, se verían afectadas por estas tendencias.

La precipitación anual y la temperatura media anual en la zona de estudio están experimentando una tendencia global decreciente, acotada en aproximadamente -4 mm/año y -0.02 °C/año como media en 40 años, tendencia que se confirma en el análisis por regiones efectuado, con diferencias locales. Estos cambios conllevan una disminución en la precipitación anual en forma de nieve (-1 mm/año como media en 40 años) y en el número de días al año con presencia de nieve en la zona (-0,3 días/año como media en 40 años). La variabilidad anual es muy elevada para las variables climáticas analizadas y se requieren series extensas, de al menos tres décadas, para poder efectuar un análisis preliminar. El análisis apunta a



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

---

un incremento de la torrencialidad en el régimen de precipitación y de precipitación en forma de nieve. Estos procesos ocasionan una pérdida del equivalente de agua global en la zona de estudio, disminución de la humedad del suelo en su horizonte superficial, pérdida de laminación en el régimen fluvial observado y disminución del periodo de receso estival en los ríos de alta montaña.