

Estudio de vulnerabilidades e impactos del cambio climático en el Principado de Andorra: salud, turismo, energía y sector primario

A. Albalat¹, P. Borges², M. Domènech², B. Komac³, A. Quintana¹, C. Pladevall³, I. Serra², L. Trapero¹, O. Traveset-Baro³, M. Cuyas⁴

¹ Grupo de Ciencias de la Tierra y de la Atmosfera, Eje Montaña, Andorra Recerca + Innovació. Av. Rocafort 21-23, ed. Moll 3r piso, AD600 Sant Julià de Lòria, Andorra. aalbalat@ari.ad

² Eje Sostenibilidad, Andorra Recerca + Innovació. Sant Julià de Lòria, Andorra.

³ Grupo de Ciencias Biológicas, Eje Montaña, Andorra Recerca + Innovació. Sant Julià de Lòria, Andorra.

⁴ Oficina de la Energía y del Cambio Climático, Govern d'Andorra. Andorra la Vella, Andorra.

INTRODUCCIÓN

Los territorios de montaña son especialmente sensibles a los efectos del cambio climático. El aumento de las temperaturas y de la variabilidad de las precipitaciones son consecuencias directas. El cambio climático no afecta a todas las regiones de la misma manera, hay indicios de que el ritmo de calentamiento se amplifica con la altitud, de modo que los entornos de alta montaña experimentan cambios de temperatura más rápidos que los situados a menor altitud (Pepin et al., 2022). Este calentamiento acelera el ritmo de los cambios en los ecosistemas de montaña, la criosfera (permafrost), los regímenes hidrológicos y la biodiversidad, entre otros.

→ El proyecto EVICC (Estudio de Vulnerabilidades e Impactos del Cambio Climático) se centra en el análisis detallado de los sectores estratégicos del país (i.e. turismo, salud, sector primario y energía)
→ Identificando los factores climáticos de mayor relevancia mediante el análisis de tendencias e indicadores climáticos
→ Definición y el cálculo de indicadores de impacto, vulnerabilidad, exposición y adaptación al cambio climático.
→ La finalidad de estos indicadores es proporcionar información, cuantificar el impacto y la gravedad de los efectos del cambio climático en cada sector estratégico. Los resultados de este proyecto contribuirán a desarrollar políticas sectoriales fundamentales para afrontar los desafíos actuales de adaptación al cambio climático y cumplir con los objetivos climáticos nacionales.

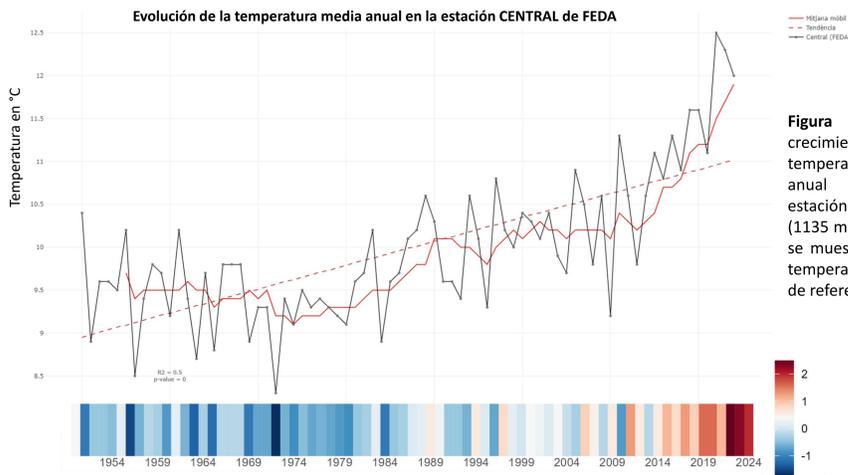


Figura 1: Ritmo de crecimiento de la temperatura media (TM) anual 1950-2024 en la estación Central de FEDA (1135 m) y en la barra inferior se muestra la anomalía de la temperatura para el período de referencia 1981-2010.

Tabla 1: Tipología de indicadores climáticos requeridos para los distintos sectores.

Categoría CID	Factores Climáticos	Definición/Indicador	Sectores
Calor	Ola de calor	Caracterización de los episodios de temperatura máxima extrema	Salud, Energía
Calor	Calor intenso	Superación de umbrales	Salud, Energía, Agricultura
Frío	Ola de frío	Caracterización de los episodios de temperatura mínima extrema	Salud, Energía, Agricultura
Sequía	Sequía extrema	SPI - SPEI	Agricultura, Salud, Energía
Humedad	Precipitación extrema	Superación de umbrales	Salud
Nieve	Precipitación en forma de nieve	Duración de una temporada	Turismo, Agricultura
Tiempo severo	Episodios extremos	European Extreme Events Climate Index (E3CI)	Salud
Tiempo severo	Granizo	European Extreme Events Climate Index (E3CI) Hail leading condition	Agricultura

PROYECCIONES CLIMÁTICAS

→ Los principales resultados en Andorra de las proyecciones CLIM'PY obtenidas por el método estadístico de regresión (Amblar-Francés et al., 2020) muestran un aumento progresivo de la temperatura máxima y mínima media anual a lo largo del siglo XXI.
→ Las proyecciones muestran también un aumento progresivo de la temperatura media anual a lo largo del siglo XXI.
→ La precipitación media anual no muestra un comportamiento tan robusto como el de la temperatura, ya que esta variable presenta una gran variabilidad interanual. Esto dificulta identificar una tendencia clara.

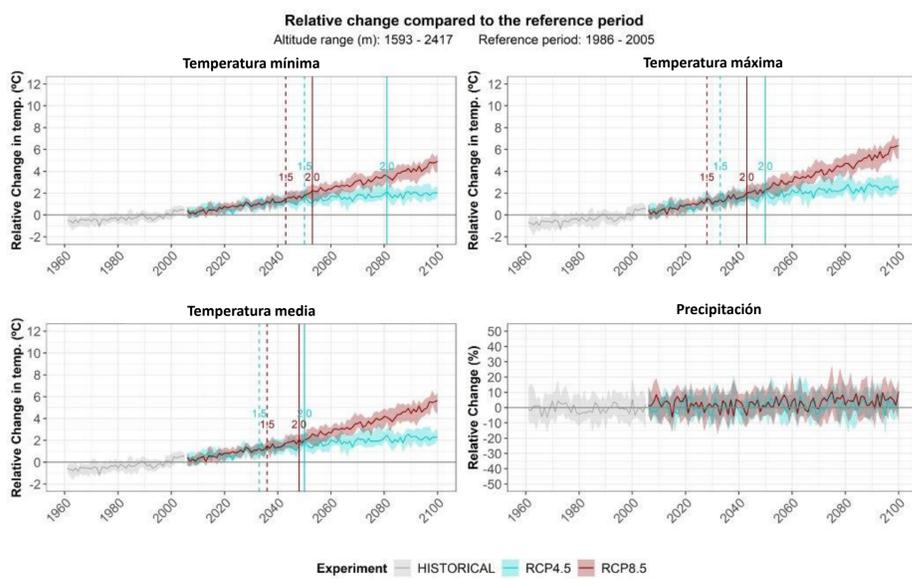


Figura 2: Evolución de la anomalía de la temperatura mínima, máxima y mediana diaria (°C) y de la precipitación (%) en Andorra para cada RCP. La línea representa la media de los modelos y la sombra los percentiles 17 y 83. Se indica el primer año en que la temperatura supera los 1,5°C y los 2,0°C para cada escenario. Fuente: CLIM'PY.

EXTREMOS CLIMÁTICOS: OLAS DE CALOR

→ En el caso de las olas de calor, se prevé un incremento en el número de días en situación de ola de calor, especialmente para el escenario RCP8.5, y, por lo tanto, una menor frecuencia de episodios (año 2059 con más de 70 días en ola de calor). En cambio, el escenario RCP4.5 muestra una mayor frecuencia de episodios, pero con menor duración. En las proyecciones no se ha detectado ninguna ola de calor fuera de los meses de junio a septiembre.

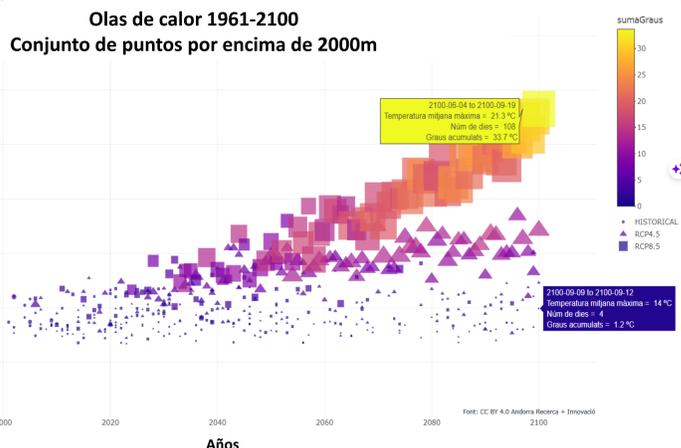


Figura 3: Análisis de las olas de calor para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5 para Andorra en altitudes por encima de 2000 m. En el eje horizontal se representan los años del período 1960-2100 y en el eje vertical la temperatura media máxima (intensidad). Cada símbolo representa un escenario, el color la severidad y el tamaño la duración de los episodios. Fuente: CLIM'PY

SECTORES

TURISMO

Las regiones de montaña son especialmente vulnerables. El retroceso de glaciares, la disminución de nevadas, el aumento de riesgos naturales y los cambios en la biodiversidad evidencian su fragilidad. Dado que la nieve y el turismo de naturaleza y aventura son pilares clave de su economía, resulta crucial analizar cómo estos cambios afectan aspectos esenciales como la innovación artificial y el confort térmico, para evaluar sus impactos socioeconómicos en estas regiones (Pons, López Moreno, et al., 2014; Steiger et al., 2019, 2022).

- Identificar las variables clave para evaluar la exposición y los impactos del cambio climático en el sector turístico en regiones de montaña.
- Analizar los impactos y las vulnerabilidades del turismo de nieve, naturaleza y aventura frente al cambio climático.
- Diseñar e implementar medidas de adaptación específicas para el sector turístico en zonas de montaña.

SECTOR PRIMARIO

El análisis de los impactos y vulnerabilidades del sector primario en Andorra se ha centrado en tres ejes principales:

- Ecosistemas agro pastorales de montaña.
- Ganadería extensiva de montaña.
- Sector forestal.

Los tres son sectores socioeconómicos clave, por su importancia territorial y en los recursos naturales del país, por su valor ancestral y de futuro. El cambio climático impacta sobre estos tres ejes del sector primario y los objetivos del proyecto se han centrado en analizar cómo el aumento de temperaturas, la disminución o la irregularidad de las precipitaciones y los fenómenos climáticos extremos impactan en el sector primario. Los indicadores que nos permitirán monitorear el cambio, y qué medidas podemos tomar para la adaptación del sector.

SALUD

Los impactos del cambio climático sobre la salud planetaria son conocidos, y desde hace años se trabaja para orientar y apoyar a los países que evalúan la vulnerabilidad actual y futura a los riesgos sanitarios causados por el cambio climático y, al mismo tiempo, puedan elaborar políticas y programas que ayuden a aumentar la resiliencia. (WHO, 2024).

- Identificar los principales riesgos sanitarios relacionados con el cambio climático que afectan a la salud de la población de Andorra.
- Identificar los colectivos de población vulnerable y los factores de vulnerabilidad.
- Medidas necesarias para hacer frente a estos riesgos.

ENERGÍA

El sistema energético de Andorra se caracteriza por una dependencia energética del exterior superior al 90%, importando el 80% de la energía eléctrica y el 100% de los combustibles fósiles (OECC, 2021). Este y otros factores, como el continuo crecimiento de la demanda energética, el riesgo de saturación de las líneas de importación eléctrica, el encarecimiento constante de los carburantes y las tarifas eléctricas, y la voluntad del cumplimiento de las directrices energéticas europeas, han posicionado este sector como uno de los cuatro sectores estratégicos del país.

- Identificar los impactos del cambio climático sobre el sector de la energía en Andorra
- Determinar indicadores clave con el objetivo de facilitar el seguimiento de los impactos, la vulnerabilidad, la exposición y la adaptación al cambio climático del territorio andorrano.
- Realizar una modelización del sistema energético andorrano para poder calcular los indicadores a medio y largo plazo.

CONCLUSIONES

→ Las proyecciones climáticas permitirán realizar el cálculo de los indicadores para anticipar medidas de adaptación.
→ Se detecta que, a escala regional en zonas de montaña, los modelos climáticos subestiman las anomalías de temperatura (histórico) y, en consecuencia, la caracterización de las olas de calor. El ritmo de crecimiento de la temperatura (modelos climáticos) muestra que en 2034 se alcanzarán los 1,5°C y en 2050 los 2,0°C para el escenario RCP4.5 (Fig. 5). Las observaciones indican que este límite ya es una realidad; en 2020 se superaron por primera vez los 1,5°C y en 2022 se superaron los 2,5°C (Fig. 1) en la estación Central de FEDA.

→ En colaboración con los actores clave del territorio, se está llevando a cabo un trabajo transversal con el objetivo de desarrollar indicadores adaptados a las especificidades de cada sector.

→ Los resultados derivados de este estudio deben contribuir a afrontar los retos futuros ante las consecuencias del cambio climático en el territorio y a alcanzar los objetivos de la Ley 21/2018, de 13 de septiembre, de impulso a la transición energética y del cambio climático (Litecc).

Figura 4: Estación de esquí del sector El Tarter (Canillo) de Grandvalira a 1640m de altitud.



REFERENCIAS:
 • Amblar-Francés, M.P., Ramos, P., Sanchis, J., Hernanz, A., Peral, M.C., Navascués, B., Domínguez, M., Pastor, M.A. & Rodríguez, E. (2020). High resolution climate change projections for the Pyrenees region, *Advances in Science and Research*, 17, 191–208. doi:10.5194/asr-17-191-2020.
 • OECC. (2021). Estratègia energètica nacional i de lluita contra el canvi climàtic 2020-2050. https://www.mediambient.ad/images/stories/CanviClimatic/Memoria_EENCC.pdf
 • Pepin, N.C., Arnone, E., Gobiet, A., Haslinger, K., Kotlarski, S., Notarnicola, C., et al. (2022). Climate changes and their elevational patterns in the mountains of the world. *Reviews of Geophysics*, 60, doi:10.1029/2020RG000730
 • Pons, M., López Moreno, J. I., Esteban Vea, P., Macià, S., Gavalda, J., García Olalia, C., Rosas Casals, M., & Jover, E. (2014). Climate change influence on winter tourism in the Pyrenees. Experience from the NIVOPYR. *Pirineos*, 169(169), 1–12. <https://doi.org/doi: http://dx.doi.org/10.3989/Pirineos.2014.169006>
 • Steiger, R., Demiroglu, O. C., Pons, M., & Salim, E. (2022). Climate and carbon risk of tourism in Europe. *Journal of Sustainable Tourism*, 1–31. <https://doi.org/10.1080/09669582.2022.2163653>
 • Steiger, R., Scott, D., Abegg, B., Pons, M., & Aall, C. (2019). A critical review of climate change risk for ski tourism. *Current Issues in Tourism*, 22(11), 1343–1379. <https://doi.org/10.1080/13683500.2017.1410110>
 • World Health Organization. (2024). Compendium of WHO and other UN guidance on health and environment 2024 update