

# Costes y beneficios de la adaptación al cambio climático en el sector del turismo de nieve en España<sup>1</sup>

Luis Miguel Campos Rodrigues, Jaume Freire-González,  
Aina González Puig e Ignasi Puig-Ventosa

Fundació ENT, Vilanova i la Geltrú (Barcelona)

Las zonas de alta montaña constituyen uno de los sistemas más vulnerables al cambio climático (OECC-UCLM, 2005), estando los principales efectos asociados a cambios en los patrones de temperatura atmosférica (p.e. incremento de los valores medios anuales, reducción del número de días bajo cero) y de precipitación (p.e. reducción de la media anual). Estos efectos pueden tener posibles consecuencias en relación a la reducción del espesor y de la superficie cubierta de nieve (IPCC, 2013).

Uno de los sectores económicos más vulnerables a la menor disponibilidad de nieve natural es el turismo de nieve en su vasto conjunto de actividades recreativas, donde se incluyen esquí alpino, esquí de fondo o snowboard. La mayoría de los estudios realizados en el contexto de zonas de montaña (p.e. Steiger y Abegg, 2013; para los Alpes; Scott *et al.*, 2003; 2007 para Canadá; Dawson *et al.*, 2013 para EE UU; y Hendrikx *et al.*, 2012 para Nueva Zelanda) sugiere que el cambio climático conllevaría un

impacto negativo en la duración de la temporada de esquí, en la reducción de zonas esquiabiles y una disminución del número de esquiadores tanto en estaciones de baja altitud como de baja latitud.

El sector de turismo de invierno lleva aplicando desde hace algunas décadas estrategias para aumentar la disponibilidad de nieve natural, siendo la innivación artificial una de las medidas más adoptadas. La nieve artificial es considerada como un recurso indispensable para mantener la regularidad de oferta de días con nieve en las estaciones y así reducir la inseguridad del negocio (Clarimont, 2008). Sin embargo, esta medida es a menudo objeto de críticas asociadas al potencial impacto ambiental y social, además de ser discutida su viabilidad en escenarios más extremos y para zonas más vulnerables. Además de este tipo de actuación, la adaptación de los centros invernales al cambio climático puede comprender diversas medidas, entre ellas, la diversificación de actividades recreativas, la protección y conservación de los recursos nivales, el monitoreo sistematizado de indicadores meteorológicos y climáticos, o incluso el propio cambio de modelo económico del territorio de las estaciones de invierno.

<sup>1</sup> El estudio que resume el presente artículo fue realizado en el marco de la "Convocatoria de la concesión de ayudas en régimen de concurrencia competitiva, para la realización de actividades en el ámbito de la biodiversidad, el cambio climático y el desarrollo sostenible en el ejercicio 2014" de la Fundación Biodiversidad (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente).

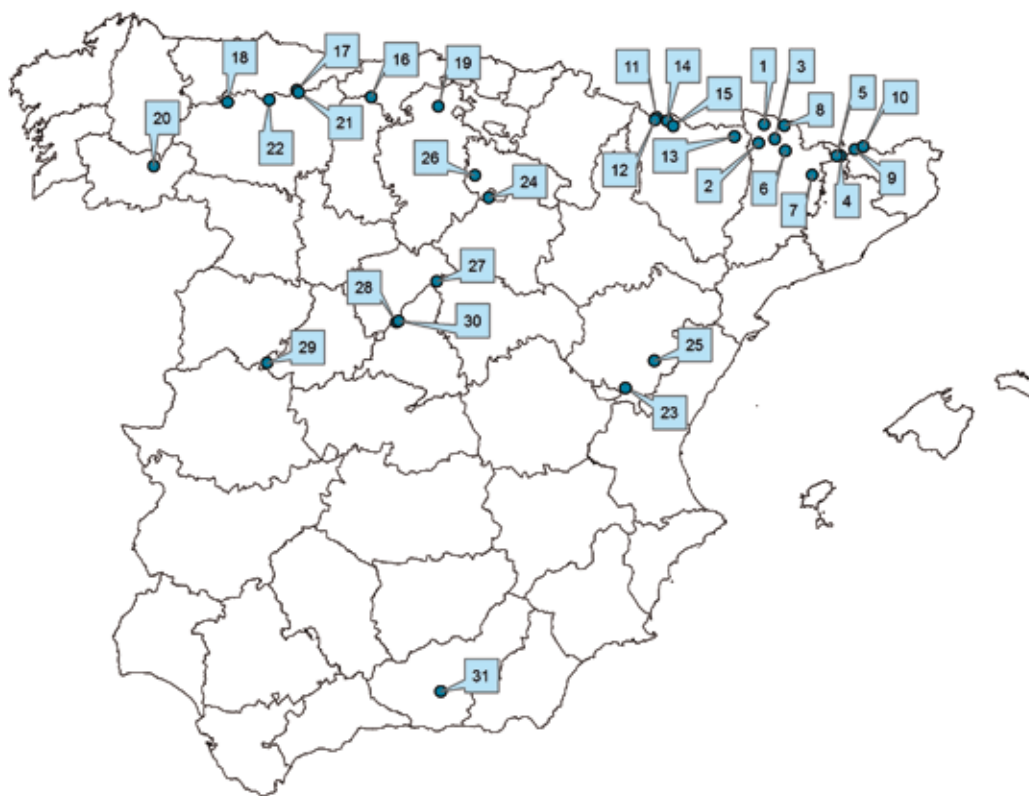


Figura 1.  
Mapa de las  
estaciones de  
esquí alpino  
de España.

Fuente: Elaboración propia.

Leyenda: Pirineo Catalán (PC): 1. Baqueira Beret; 2. Boí Taüll; 3. Espot Esquí; 4. La Molina; 5. Masella; 6. Port Ainé; 7. Port del Comte; 8. Tavascán; 9. Vall de Núria; 10. Vallter 2000; Pirineo Aragonés (PA): 11. Astún; 12. Candanchú; 13. Cerler; 14. Formigal; 15. Panticosa; Cordillera Cantábrica (CC): 16. Alto Campoo; 17. Fuentes de Invierno; 18. Leitariegos; 19. Lunada; 20. Manzaneda; 21. San Isidro; 22. Valgrande-Pajares; Sistema Ibérico (SI): 23. Javalambre; 24. Punto de Nieve Santa Inés; 25. Valdelinares; 26. Valdescaray; Sistema Central (SC): 27. La Pinilla; 28. Puerto Navacerrada; 29. Sierra de Béjar; 30. Valdesquí; Sistema Penibético (SP): 31. Sierra Nevada.

Este artículo presenta un análisis de los impactos del cambio climático en zonas de turismo de invierno de España, centrándose en la descripción de medidas de adaptación posibles de adoptar, y un análisis coste-beneficio según varios escenarios climáticos para dos medidas de adaptación: el aumento de la innivación artificial y la ampliación de horarios de actividad.

## EL TURISMO DE NIEVE DE ESPAÑA

Este artículo se centra en el análisis de 31 estaciones de esquí alpino de España, ubicadas en seis zonas montañosas: la Cordillera Cantábrica, el Pirineo Aragonés y Catalán, y los Sistemas Central, Ibérico y Penibético (Figura 1).

Las estaciones están comprendida entre cotas mínimas y máximas de 1655 y 2257 m. En total, estaban disponibles 1083 pistas en la temporada 2014/2015, representando aproximadamente 1150 km esquiables y una capacidad total de 470 583 esquiadores por hora. Para las estaciones de que se disponen datos (25 estaciones), en la temporada anterior (2013/2014) se vendieron un total de 4,6 millones de *forfaits*. En cuanto a la producción de nieve artificial, se inniva, como media, un 44,5% de la superficie total esquiable de las estaciones, en un total de 394,8 km.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Fuentes: ATUDEM (2014), con excepción de los datos referentes al número de *forfaits* vendidos que tuvo como fuente <http://www.nevasport.com/noticias/art/43268/Ranking-de-estaciones-de-la-peninsula-por-forfaits-vendidos-2013-2014> [29/01/2016] y la información sobre número de km innivados que, además de ATUDEM (2014), contó con la fuente <http://www.lugaresdenieve.com/?q=es/estacion/valdesqui> [29/01/2016] para la estación de Valdesquí.

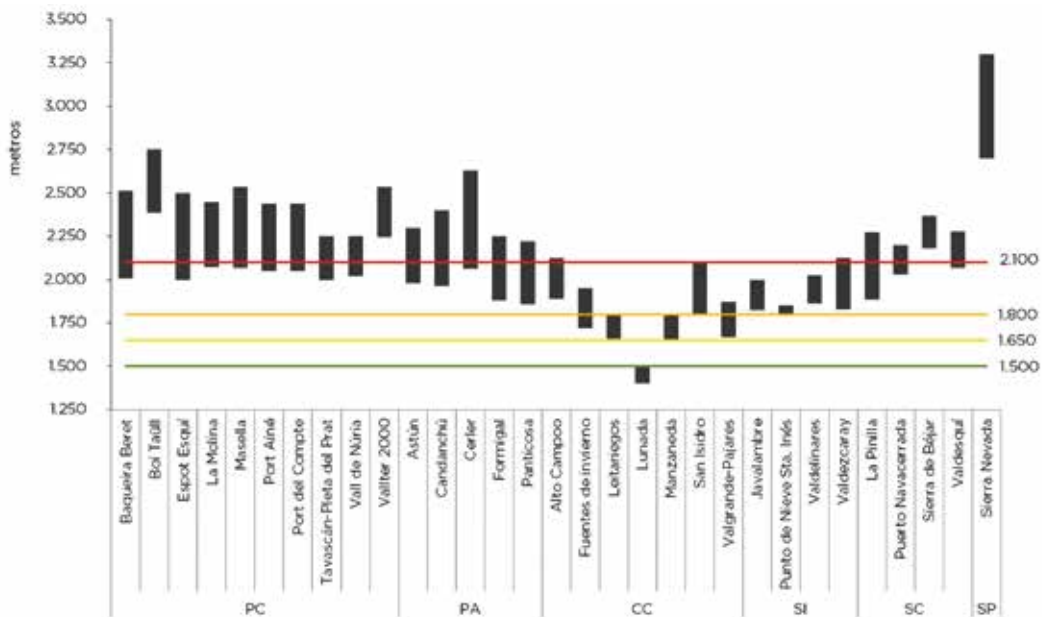


Figura 2. Viabilidad de las estaciones de esquí alpino según escenarios climáticos (metros).

Fuente: Elaboración propia basada en Abegg et al. (2007).  
 Legenda: La línea verde representa el momento actual, mientras que las restantes líneas indican tres escenarios climáticos: subida de 1°C (amarilla), 2°C (naranja) y 4°C (roja).

### VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO

Las proyecciones presentadas en el Quinto Informe de Evaluación del IPCC (IPCC, 2013) indican la posibilidad de un incremento gradual de temperatura media global de entre 1°C y 3,7°C hasta el final del siglo.<sup>3</sup> Otros efectos mencionados en este informe susceptibles de afectar el sector de turismo de nieve, son la reducción del nivel de precipitación así como de la cobertura de nieve.

En cuanto a proyecciones regionalizadas para España disponibles en la Agencia Estatal de Meteorología,<sup>4</sup> todas las Comunidades Autónomas (CC AA) asociadas a las estaciones de esquí presentan una tendencia de incremento de la temperatura mínima de invierno y una reducción del número de días de helada. Este último indicador puede llegar a representar una reduc-

ción de más de 45 días para algunas CC AA según el escenario climático más extremo (p.e. Aragón y Castilla y León). En cuanto a cambios en los valores medios de precipitación en invierno, las proyecciones son menos acentuadas en comparación con los indicadores anteriores. Sin embargo, en general se observa una ligera tendencia de reducción en los valores de precipitación de cara a finales del siglo.

El desarrollo de actividades recreativas de invierno es posible en gran medida gracias a la disponibilidad de nieve. Según Pons *et al.* (2014), se considera una estación viable cuando hay la presencia de un manto de nieve de un mínimo de 30 cm de espesor durante 100 días.

La disponibilidad de nieve natural que verifique la condición anterior depende, entre otros factores, de la altitud de las estaciones de esquí. Tomando como referencia las líneas de altitud del clima alpino de influencia mediterránea definidas en Abegg *et al.* (2007) se realizó un análisis de vulnerabilidad de las estaciones de esquí de España. La Figura 2 presenta el momento actual (línea verde) y tres escenarios que contemplan la subida de 1°C (línea amarilla), 2°C (línea naranja) y 4°C

<sup>3</sup> IPCC (2013) presenta posibles cambios en varios indicadores climáticos según distintos escenarios de emisión designados como Sendas Representativas de Concentración (RCP en inglés), en concreto, el RCP 2,6 (421 ppm en 2100), RCP 4,5 (538 ppm en 2100), RCP 6,0 (670 ppm en 2100) y el RCP 8,5 (936 ppm en 2100).

<sup>4</sup> [http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/cambio\\_climat/](http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/cambio_climat/) [16/12/2015].

Tabla 1. Medidas de adaptación de las estaciones de esquí al cambio climático

Medidas de adaptación	
Producción de nieve artificial	Red de cañones de innivación
	Red de suministro de agua
	Insumo de energía eléctrica
Innovación tecnológica	Menor insumo de agua por m <sup>3</sup> de nieve producida
	Menor insumo de energía eléctrica por m <sup>3</sup> de nieve producida
	Posibilidad de innivar a temperaturas más elevadas
Protección y conservación de los recursos nivales	Protección de vientos laterales
	Operaciones de drenaje de aguas de ladera
	Modificación de la inclinación de las pistas
	Protección de avalanchas
	Reducción del número de esquiadores por hora
	Contratación de servicios para rentabilizar la cobertura de nieve
	Protección de la cobertura de nieve
Monitoreo meteorológico y climático	Análisis regular de variables meteorológicas y climáticas y proyecciones climáticas
Diversificación de productos de nieve	Oferta de más actividades recreativas vinculadas a la nieve (p.e. toboganes, parques temáticos)
Ampliación de horarios de actividad de esquí	Oferta de diversas actividades nocturnas aprovechando los recursos nivales
Ampliación del área esquiabile	Expandir el área de las estaciones a zonas de mayor altitud o a vertientes montañosas con menor escasez de nieve natural
Medidas de carácter asistencial y soluciones de gestión	Subvenciones
	Seguros
	Desgravaciones fiscales
	Intervención de estaciones y conversión a gestión pública
	Gestión integrada de carácter privado o público
Reconversión a estaciones de montaña	Oferta de actividades recreativas y de ocio, bajo una reconversión a estaciones de montaña que operan durante todo el año
Replanteamiento del modelo económico local	Apuesta por otros sectores económicos de montaña en las zonas de las estaciones de esquí
Estrategias de marketing	Desarrollar nuevas estrategias comerciales para atraer clientes en un contexto de cambio climático y elevada competencia entre estaciones

Fuente: Elaboración propia.

(línea roja). Los valores de altitud representan la mitad superior del rango total de la estación. Si este rango está por encima de las líneas de viabilidad se considera que la estación es viable.

Según este tipo de análisis, las estaciones de Sierra Nevada, Boí Taull, Vallter 2000 y Sierra de Béjar son viables para todos los escenarios considerados. Por el contrario, la estación de Lunada se presenta como inviable para todos los escenarios. La figura sugiere, además, que los sistemas montañosos del Pirineo Catalán y Penibético presentan un menor grado de vulnerabilidad, mientras que la Cordillera Cantábrica indica señales de mayor vulnerabilidad.

## MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

Las estrategias de adaptación pueden incluir la producción de nieve artificial, innovación tecnológica, protección y conservación de recursos nivales, monitoreo meteorológico y climático, diversificación de actividades recreativas de nieve, ampliación horaria de actividad de esquí, ampliación del área esquiabile, reconversión de las estaciones de esquí a estaciones de montaña, replanteamiento del modelo económico local, entre otras (Tabla 1).

Las diversas medidas conllevan costes y beneficios de orden ambiental y social. Algunos

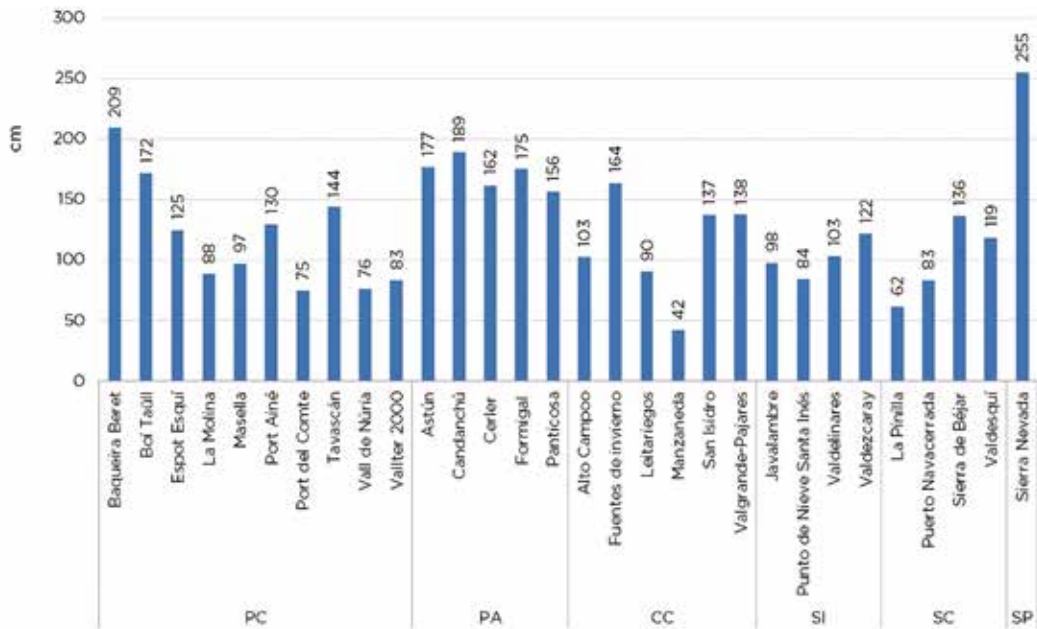


Figura 3. Valores de espesor máximo mensual medio para el periodo 2009/2010-2014/2015.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos facilitados por Infonieve.es.

ejemplos de costes incluyen: el impacto negativo sobre el balance hídrico o el aumento de emisiones de CO<sub>2</sub> por la mayor producción de nieve artificial y la necesidad de una mayor red de cañones de innivación; el impacto sobre la fauna y flora a consecuencia de la ampliación del área esquiable; costes de oportunidad derivados del posible desvío de recursos públicos a las estaciones de esquí, etc. Por otro lado, posibles beneficios pueden estar asociados al aumento de la seguridad de las pistas y de los practicantes con la mayor protección y conservación de los recursos nivales; la reducción de la dependencia económica y/o de la presión ambiental con la diversificación de actividades recreativas, etc.

### ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA INNIVACIÓN ARTIFICIAL

Este análisis consta de dos partes. Primero se establece un escenario de referencia, donde se realiza una aproximación a la necesidad de nieve artificial actual en las estaciones de esquí, así como una comparación entre los costes de innivación y los ingresos derivados de la venta de *forfaits*. En la segunda parte se crean tres escenarios climáticos con el objetivo de analizar

cómo podrá cambiar el nivel de dependencia de la nieve artificial en relación a los ingresos derivados de la venta de *forfaits*.

#### a) Escenario de referencia

Como primer paso se analizaron los niveles de espesor máximos de las estaciones de esquí en las temporadas 2009/2010 a 2014/2015.<sup>5</sup> La Figura 3 presenta los valores medios observados durante el periodo de análisis, considerando los meses de noviembre a abril. En este periodo, el nivel medio de espesor máximo mensual varió entre 42 y 255 cm para las estaciones de Manzaneda y Sierra Nevada, respectivamente.

A continuación, se analizaron los datos de innivación de la estación de La Molina para estimar una posible relación entre el nivel de espesor máximo de nieve (cm) y la innivación artificial (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> de pistas innivadas) mensuales.

Conjuntamente con la variable referente a espesores máximos mensuales también fue integrada una variable designada como “Periodo”, asociada al mes de la temporada. Esta variable

<sup>5</sup> La estación de Lunada (Cordillera Cantábrica) fue excluida del análisis por haber estado cerrada en la temporada de 2014/2015.

### Cuadro de texto 1. Ecuación de regresión sobre necesidades de innivación artificial para la estación de La Molina, 2009/2010-2014/2015

$$\text{Nieve artificial (m}^3\text{/m}^2\text{)} = 0,45902 - 0,00106 * \text{Espesor máximo mensual (cm)} - 0,07664 * \text{Periodo}$$

Fuente: Elaboración propia a partir de datos facilitados por el Grupo de Turismo y Montaña de los Ferrocarriles de la Generalitat de Catalunya y de Infonieve.es.

fue codificada con el valor 1 para diciembre, 2 (enero), 3 (febrero), 4 (marzo) y 5 (abril).<sup>6</sup>

A priori se espera encontrar una relación negativa, es decir, menor necesidad de nieve artificial para niveles de espesor máximos más elevados.<sup>7</sup> Los resultados del modelo estadístico indican que, en términos medios, para un incremento mensual de 1 cm en el espesor máximo hay una reducción de la necesidad de nieve artificial de aproximadamente  $-0,001 \text{ m}^3$  por mes y  $\text{m}^2$  de superficie innivable. Sin embargo, esta relación tiene que ser posteriormente ajustada al periodo de innivación. El valor negativo asociado al coeficiente de esta variable indica que a medida que avanza la temporada la necesidad de innivación será menor (Cuadro de texto 1).

La ecuación anterior fue utilizada en la estimación de las necesidades de nieve artificial de las estaciones de esquí por temporada en el escenario de referencia (2009/2010 a 2014/2015) utilizando los niveles de espesor máximos mensuales medios de las estaciones. Los resultados indican una necesidad total de 6,9 millones de  $\text{m}^3$  de nieve artificial por temporada, con valores que varían entre  $16\,580 \text{ m}^3$  para Manzaneda y  $795\,708 \text{ m}^3$  para Masella.<sup>8</sup>

<sup>6</sup> Los meses de noviembre y mayo fueron excluidos del análisis por la falta de información sobre el espesor de nieve para todos los años y estaciones.

<sup>7</sup> Los datos referentes a espesores de nieve máximos se usan en este estudio debido a la no disponibilidad de datos sobre espesores medios y mínimos de las estaciones. Igualmente, la utilización de los datos de La Molina en este análisis fue realizada ante la dificultad de encontrar información sistematizada en relación a cuanto se produce en cada estación cada mes y sobre cuanta área es innivada cada temporada. Por tanto, los resultados obtenidos en este estudio deben ser leídos como una aproximación a las necesidades de innivación.

<sup>8</sup> En este análisis fueron únicamente incluidas las estaciones que presentaban sistemas de innivación en el periodo comprendido entre 2009/2010 y 2014/2015, con lo que se excluyó las estaciones de Alto Campoo, Fuentes de Invierno y Lunada y Punto de Nieve de Santa Inés. La estación de Tavascán fue igualmente excluida del análisis por la falta de información sobre km innivados.

Para la estimación de los costes asociados a la innivación, se utilizó el coste medio por  $\text{m}^3$  observado para las temporadas 2009/2010 a 2014/2015 en la estación de La Molina, en concreto de  $0,83 \text{ €/m}^3$ . Aplicando este valor en las cantidades de nieve artificial asociadas a cada estación, el valor más elevado perteneció a Masella (~660 miles de euros), seguido de Baqueira Beret (~546 miles de euros) y Cerler (~462 miles de euros). A nivel agregado, el coste estimado fue de aproximadamente 5,8 millones de euros.

#### b) Escenarios climáticos

Para este estudio fueron definidos los siguientes escenarios climáticos hipotéticos:

1. **Impacto de nivel bajo:** reducción de un 10% en los niveles de espesor máximos mensuales medios por estación.
2. **Impacto de nivel medio:** reducción de un 25% en los niveles de espesor máximos mensuales medios por estación.
3. **Impacto de nivel elevado:** reducción de un 50% en los niveles de espesor máximos mensuales medios por estación.

A través de la aplicación de la ecuación del Cuadro de texto 1 y de la consideración de los escenarios anteriores se estimaron los cambios marginales en comparación con el escenario de referencia en lo que se refiere a las necesidades de innivación, los costes derivados de producir más nieve artificial, así como a la relación entre estos y la venta de *forfaits* de alta temporada.

La Tabla 2 presenta los resultados de necesidades de innivación según los tres escenarios climáticos (en total de  $\text{m}^3$  por estación y temporada), estableciéndose una relación compa-

**Tabla 2. Estimación de necesidades de nieve artificial de las estaciones de esquí por temporada según escenarios climáticos**

Sistema montañoso	Estación	Bajo		Medio		Elevado	
		Total (m <sup>3</sup> )	Incremento en relación a escenario de referencia (%)	Total (m <sup>3</sup> )	Incremento en relación a escenario de referencia (%)	Total (m <sup>3</sup> )	Incremento en relación a escenario de referencia (%)
PC	Baqueira Beret	704571	6,7	803191	18,1	1036858	36,6
	Boí Taüll	309998	8,8	350968	19,5	437103	35,3
	Esport Esquí	278765	5,3	30658	13,9	365357	27,8
	La Molina	568470	5,3	616302	12,6	710212	24,2
	Masella	847702	6,1	925695	14,0	1085274	26,7
	Port Ainé	214657	5,3	234231	13,2	279162	27,2
	Port del Comte	467388	4,1	498947	10,2	561721	20,2
	Vall de Núria	152275	4,6	164695	11,8	185396	21,7
PA	Vallter 2000	205571	4,5	219443	10,5	249252	21,2
	Astún	176079	8,0	198707	18,5	241434	32,9
	Candanchú	155609	4,4	1756601	15,3	214375	30,6
	Cerler	605554	8,1	678894	18,0	846348	34,2
	Formigal	509029	5,8	582559	17,7	727778	34,1
CC	Panticosa	283392	6,2	309535	14,1	368606	27,8
	Leitariegos	76139	5,3	82507	12,6	95095	24,2
	Manzaneda	16984	2,4	17589	5,7	18599	10,9
	San Isidro	33317	5,4	36019	12,5	42363	25,6
SI	Valgrande-Pajares	108591	5,9	119384	14,4	147415	30,7
	Javalambre	289260	6,1	321028	15,4	374381	27,5
	Valdelinares	178321	6,9	196971	15,7	234404	29,2
SC	Valdezaray	152805	4,9	167165	13,1	197467	26,4
	La Pinilla	318893	3,7	336762	8,8	366543	16,2
	Puerto Navacerrada	56982	5,0	62111	12,8	70845	23,6
	Sierra de Béjar	50647	6,2	55352	14,2	67344	29,5
SP	Valdesquí	24921	3,6	26716	10,1	30646	21,6
	Sierra Nevada	598744	7,4	630063	12,0	863045	35,8
Total		7384662	-	8117078	-	9817023	-

Fuente: Elaboración propia.

rativa con el escenario de referencia (incremento porcentual). Se puede observar que según el escenario de impacto más elevado (50% de reducción del espesor máximo mensual), estaciones como Masella y Baqueira Beret sobrepasan el millón de m<sup>3</sup> de innivación. Como sería de esperar, los tres escenarios climáticos llevan asociados una mayor necesidad de innivación.

En base a la tabla anterior y asumiendo un precio por m<sup>3</sup> de nieve artificial producida (0,83 €/m<sup>3</sup>), los costes marginales de la innivación arti-

ficial adicional se estimaron en cerca de 0,4, 1 y 2,4 millones de euros para los escenarios de impacto bajo, medio y elevado, respectivamente.

A continuación, se presenta un análisis de cuantos *forfaits* diarios de temporada alta es necesario vender para cubrir los costes de innivación de las estaciones de esquí, tanto en términos absolutos como a nivel relativo. Este tipo de análisis permite dar a conocer la magnitud de costes de innivación en comparación con los beneficios directos derivados de la venta de *forfaits* en los

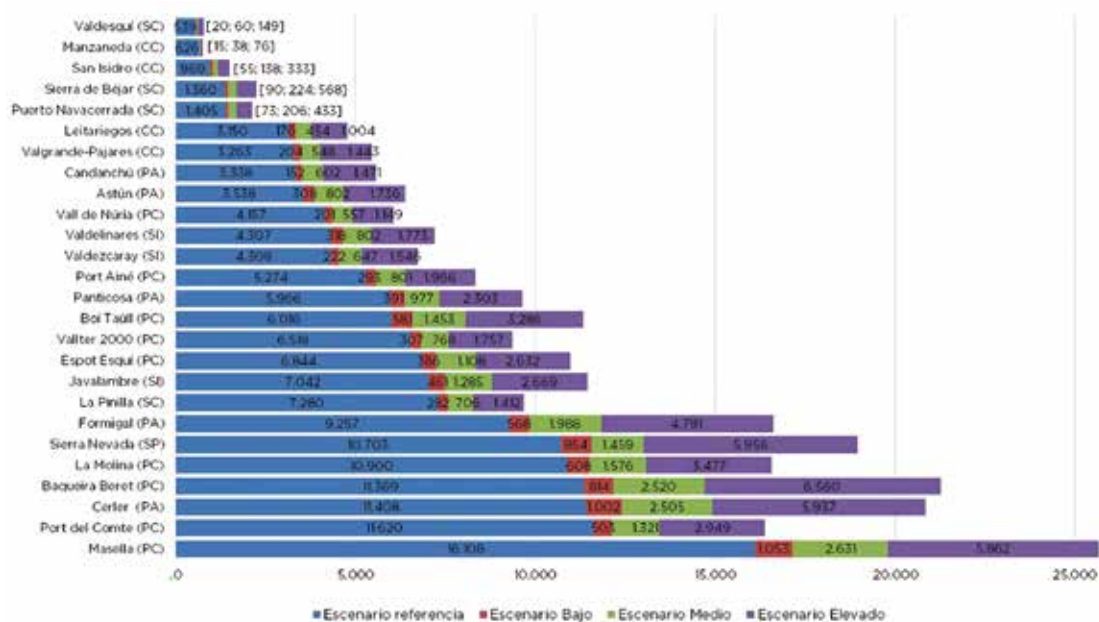


Figura 4. Estimación del incremento del número anual de forfaits necesarios para cubrir costes de innivación en relación al escenario de referencia.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los valores del escenario de referencia son absolutos mientras que los demás valores son el incremento estimado para los escenarios climáticos en relación al escenario de referencia.

escenarios de referencia y climáticos. Para la estimación se utilizaron los valores de los precios de *forfait* diario de temporada alta y el número total de *forfaits* vendidos en la temporada 2014/2015. El nivel de precios de *forfait* de alta temporada varió entre 19€ para la estación de Manzaneda y 48€ para Baqueira Beret.<sup>9</sup>

Los resultados presentados en la Figura 4 ilustran el número de *forfaits* que sería necesario vender para cubrir los costes de innivación. Para cada estación se presenta el número absoluto de *forfaits* necesarios para cubrir el coste de innivación en el escenario de referencia, y el incremento observado para los escenarios climáticos en comparación con el escenario de referencia. El mayor aumento para el escenario de impacto bajo y medio fue observado para Masella, donde se estimó un incremento de 1053 y 2631 *forfaits*, respectivamente. Para

el escenario de impacto elevado, la estación de Baqueira Beret registró el mayor aumento, en concreto de 6560 *forfaits* que será necesario vender anualmente para compensar el incremento de costes de innivación.

A nivel porcentual, Port del Comte, La Pinilla y Javalambre ocupan las tres primeras posiciones en términos de la mayor necesidad de venta de *forfaits* para poder cubrir los costes de innivación. Si se considera el escenario de impacto elevado, la primera estación necesitaría vender un 28% de los *forfaits* vendidos en la temporada 2014/2015 para poder cubrir los nuevos costes de innivación. La gran mayoría de las estaciones estudiadas, en concreto 19, obtienen un valor por debajo del 10% para todos los escenarios (Figura 5).

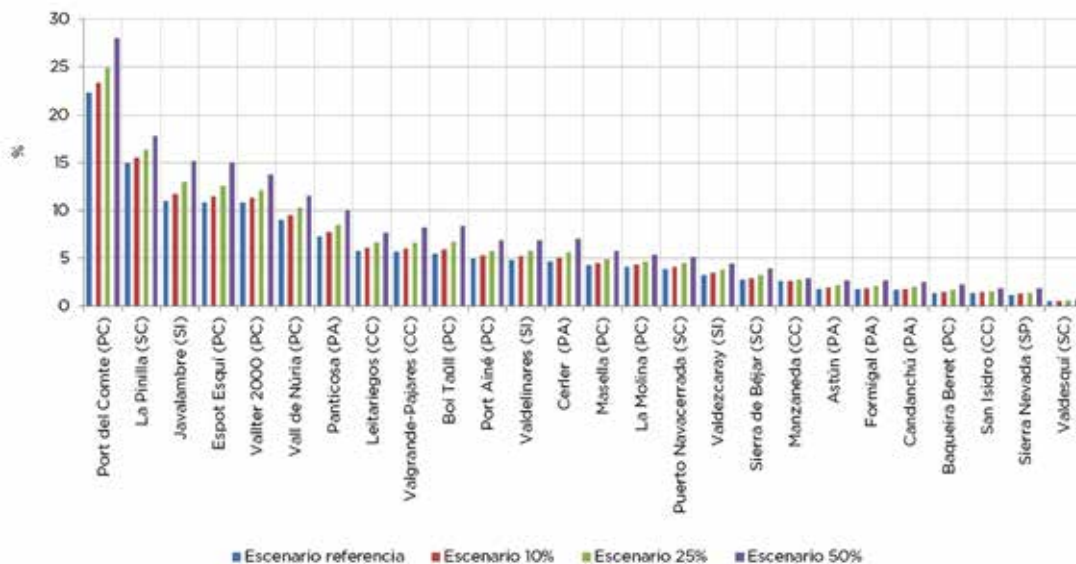
### ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA AMPLIACIÓN HORARIA Y ESQUÍ NOCTURNO

En primer lugar se ha realizado un análisis del impacto económico en el sector como resultado de una posible reducción del número de días de esquí a consecuencia del cambio climático.

<sup>9</sup> La información sobre el precio del *forfait* fue obtenida a partir de: [http://www.elconfidencial.com/deportes/esqui/2014-11-20/si-piensas-esquiar-esta-temporada-en-espana-y-andorra-prepara-la-cartera\\_484722](http://www.elconfidencial.com/deportes/esqui/2014-11-20/si-piensas-esquiar-esta-temporada-en-espana-y-andorra-prepara-la-cartera_484722) [14/12/15]; la información sobre el número de *forfaits* vendidos fue obtenida a partir de: ATUDEM (2015b), con excepción de la estación de Port del Comte que contó con la fuente: <http://solonieve.es/positiva-temporada-para-las-estaciones-de-esqui-del-pirineo-de-lleida> [14/12/15].



Figura 5. Relación entre forfaits necesarios para cubrir costes de innivación y forfaits vendidos en 2014/2015 para varios escenarios climáticos.



Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se analizó cómo la ampliación horaria, en concreto, asociada a la implementación de esquí nocturno, podría contrarrestar las pérdidas económicas originadas en los diferentes escenarios climáticos.

### a) Escenario de referencia

La modalidad de esquí nocturno solamente es practicada en Masella, Vall de Núria, Valgrande-Pajares y Sierra Nevada. El número máximo de horas de esta modalidad fue observado en Valgrande-Pajares (90 horas), aunque con una extensión baja de pistas abiertas (0,3 km) en comparación con Masella (77 horas; 10 km) y Sierra Nevada (77,5 horas; 5,35 km). Vall de Núria suele tener solo un día de esquí nocturno por temporada, con 4 horas y 1,39 km esquiables.<sup>10</sup>

A través de información facilitada por Info-nieve.es sobre la media de km esquiables en

la temporada 2014/2015 y de los datos facilitados por Cetursa, responsable por la gestión de la estación de Sierra Nevada, sobre la caracterización del esquí nocturno (p.e. costes de implementación, *forfaits* vendidos) fue posible analizar la relación entre *forfaits* vendidos en las modalidades de esquí diurno y nocturno por hora y km esquiable.

En la temporada 2014/2015, la estación de Sierra Nevada vendió 22,93 *forfaits* por hora y km esquiable en la modalidad nocturna, mientras que la relación para modalidad diurna fue de 10,68 *forfaits*/h/km. El menor valor observado para el esquí diurno es esperado debido al mayor número de días y km esquiables para esta modalidad en comparación al esquí nocturno, aunque en términos absolutos la primera modalidad es claramente más relevante. Comparando los valores obtenidos para las dos modalidades, se observa que para cada *forfait* de esquí diurno vendido por hora y km esquiable corresponden 2,15 unidades de *forfaits* nocturnos vendidos por hora y km esquiable.

Considerando que no se sabe de antemano cuántas personas podrán esquiar en el caso de que el esquí nocturno se extienda a las demás estaciones, este estudio realizó una proyección de la posible demanda de esta modalidad en

<sup>10</sup> La información sobre la práctica y horario de esquí diurno y nocturno fue obtenida a partir del contacto telefónico con las propias estaciones, así como a través de la consulta de datos sobre la estación de Masella en la página web <http://www.masella.com/ca/paginas/esqui-nocturn> [14/12/2015], la consulta de datos sobre la estación de Vall de Núria en la página web <http://www.nevasport.com/noticias/art/11448/Esqui-nocturno-en-Vall-de-Nuria%C2%A1%C2%A1Participa!!!!> [14/12/2015], ATUDEM (2015a) para la estimación de los km de pistas de esquí nocturno, y el contacto por correo electrónico y consulta de la página web <http://sierranevada.es> para esta estación.

base en los siguientes pasos: primero, se observó cuantos *forfaits* de esquí diurno se vendieron en cada estación en la temporada 2014/2015, así como cuantas horas y km esquiables correspondieron a la misma temporada; segundo, se calculó el número de *forfaits* vendidos por hora y km esquiable; tercero, se utilizó el valor de 2,15 previamente obtenido para Sierra Nevada para la estimación del posible número de *forfaits* que se podrán vender por hora y km esquiable nocturno para las demás estaciones.

Para la estimación de los costes y beneficios asociados al esquí nocturno se utilizaron los datos obtenidos para Sierra Nevada. Considerando los datos para las temporadas 2009/2010 a 2014/2015, el coste medio del esquí nocturno fue de 156,3 € por hora y km esquiable, integrando diversas categorías como el gasto con la electricidad de los remontes e iluminación, costes de personal, etc. En cuanto al precio de *forfait* nocturno, es decir, considerando varias categorías (Sénior, Adulto, Junior), se consideró el valor medio de la temporada 2015/2016, en concreto 15,63 €. <sup>11</sup>

## b) Escenarios climáticos

Una de las posibles consecuencias del cambio climático es la reducción del número de días de la temporada de esquí. Para el presente análisis se definieron 3 escenarios según la reducción en relación a la temporada 2014/2015, concretamente: <sup>12</sup>

1. **Impacto de nivel bajo:** reducción de 10 días.
2. **Impacto de nivel medio:** reducción de 20 días.

<sup>11</sup> La información referente a los costes fue facilitada por Cetursa, empresa gestora de la estación de Sierra Nevada, mientras que el valor del *forfait* nocturno fue consultado en la página web: <http://sierranevada.es/es/invierno/forfait/tarifas/f-nocturno> [14/12/15].

<sup>12</sup> La información sobre el número de días de esquí del escenario de referencia fue obtenida a partir de de ATUDEM (2015b), con excepción de la estación de Port del Comte que contó con la siguiente fuente: <http://www.infonieve.es/estacion-esqui/port-del-comte/22/historico-nieve/> [16/12/15]. En el análisis no se incluyeron las estaciones de Tavascán y Manzaneda debido al bajo número de días en la temporada 2014/2015, respectivamente 60 y 44 días. Además, no se integró la estación de Punto de Nieve de Santa Inés debido a la falta de datos sobre el número de *forfaits* vendidos.

3. **Impacto de nivel elevado:** reducción de 40 días.

La Tabla 3 presenta la estimación de pérdida de ingresos asociada a la reducción de la temporada de esquí. Para este cálculo se utilizó la información sobre el número medio de *forfaits* vendidos por hora y km esquiable obtenido para cada estación. Además, se realizó la estimación en base al nivel de ingreso medio observado en la temporada 2013/2014, en concreto 21,93 € por esquiador (ATUDEM, 2014). La decisión de utilizar este valor en vez del precio del *forfait* se justifica por el hecho de que la reducción de días de esquí tendería a darse en los periodos de temporada baja. En ese sentido se pretendió trabajar con un valor más bajo y que permitiera igualmente capturar otro tipo de *forfaits* (p.e. *forfait* infantil, *forfait* de temporada). Los resultados indican una pérdida total de ingresos de cerca de 8,5, 17 y 34 millones de euros para los escenarios de bajo, medio y elevado impacto, respectivamente, en relación al escenario de referencia.

## c) Aplicación de la medida de adaptación

En cuanto a la implementación de la modalidad de esquí nocturno como respuesta a la reducción de días de temporada, se consideraron las siguientes opciones:

1. Apertura horaria nocturna de 2,5 horas a lo largo de 31 días y de 16,7% de los km esquiables en la temporada. <sup>13</sup>
2. Apertura horaria nocturna de 2,5 horas a lo largo de 31 días y de 30% de los km esquiables en la temporada.

Para la estimación del balance económico de las opciones 1 y 2 de adaptación se contabilizaron como costes la pérdida de ingresos de la venta de *forfaits* derivada de la reducción de la temporada con los escenarios climáticos, así como

<sup>13</sup> El valor referente a los km esquiables (16,7%) representa el valor medio asociado a las estaciones que tenían la modalidad de esquí nocturno en el escenario de referencia, en concreto Masella, Vall de Núria, Valgrande-Pajares y Sierra Nevada.

**Tabla 3. Estimación del número de *forfaits* diarios vendidos y de la pérdida de ingresos (euros) asociada a los escenarios climáticos**

Sistema montañoso	Estación	Escenario bajo		Escenario medio		Escenario elevado	
		Forfaits diarios vendidos	Pérdida de ingresos (€)	Forfaits diarios vendidos	Pérdida de ingresos (€)	Forfaits diarios vendidos	Pérdida de ingresos (€)
PC	Baqueira Beret	731 805	-1 360 040	669 787	-2 720 081	545 753	-5 440 161
	Boí Taüll	101 608	-198 952	92 536	-397 904	74 391	-795 807
	Esport Esquí	58 072	-112 701	52 933	-225 401	42 655	-450 802
	La Molina	244 188	-473 898	222 579	-947 797	179 360	-1 895 594
	Masella	340 906	-602 908	313 413	-1 205 816	258 428	-2 411 632
	Port Ainé	96 735	-187 735	88 175	-375 470	71 053	-750 940
	Port del Comte <sup>1</sup>	47 357	-101 818	42 714	-203 636	33 429	-407 271
	Vall de Núria	41 729	-88 846	37 677	-177 691	29 575	-355 382
	Vallter 2000	55 470	-105 780	50 647	-211 560	41 000	-423 119
PA	Astún	179 735	-394 160	161 762	-788 320	125 815	-1 576 639
	Candanchú	173 333	-365 500	156 667	-731 000	123 333	-1 462 000
	Cerler	226 073	-438 743	206 067	-877 485	166 054	-1 754 971
	Formigal	475 928	-940 279	433 051	-1 880 557	347 299	-3 761 115
	Panticosa	75 552	-149 267	68 746	-298 534	55 133	-597 069
CC	Alto Campoo	90 460	-190 749	81 762	-381 497	64 366	-762 995
	Fuentes de Invierno	50 394	-122 793	44 794	-245 585	33 596	-491 171
	Leitariegos	48 910	-120 515	43 414	-241 031	32 423	-482 061
	San Isidro	62 643	-127 200	56 842	-254 399	45 242	-508 798
	Valgrande-Pajares	51 731	-116 954	46 397	-233 907	35 731	-467 815
SI	Javalambre	57 268	-149 511	50 451	-299 023	36 815	-598 045
	Valdelinares	81 070	-170 948	73 275	-341 896	57 684	-683 793
	Valdezcaray	121 033	-228 815	110 599	-457 630	89 731	-915 261
SC	La Pinilla	43 462	-116 234	38 162	-232 468	27 561	-464 935
	Puerto Navacerrada	32 034	-85 672	28 128	-171 345	20 314	-342 690
	Sierra de Béjar	44 288	-103 324	39 577	-206 648	30 154	-413 296
	Valdesquí	85 337	-205 654	75 960	-411 307	57 204	-822 614
SP	Sierra Nevada	813 659	-1 222 160	757 929	-2 444 321	646 469	-4 888 641
Media		164 102	-314 117	149 779	-628 234	121 132	-1 256 467
Total		4 430 780	-8 481 154	4 044 044	-16 962 309	3 270 568	-33 924 617

Fuente: Elaboración propia.

los gastos asociados con la implementación de esquí nocturno. En cuanto a los beneficios se incluyó el incremento de ingresos por la venta de *forfaits* nocturnos.

Se observa que todas las estaciones presentaron resultados negativos y que estos fueron casi idénticos para las dos opciones, apuntándose valores algo mejores en la opción 2. Los valores máximos fueron observados para la estación

de Baqueira Beret con un balance negativo de cerca de 5,3 y 5,2 millones de euros para el escenario de impacto elevado en las opciones 1 y 2, respectivamente. Al contrario, los valores más bajos estuvieron asociados a la estación de Puerto de Navacerrada con aproximadamente -69,1 y -55,9 miles de euros para el escenario de impacto bajo y las opciones 1 y 2, respectivamente. El valor agregado para la opción 1 y para los escenarios de impacto bajo, medio

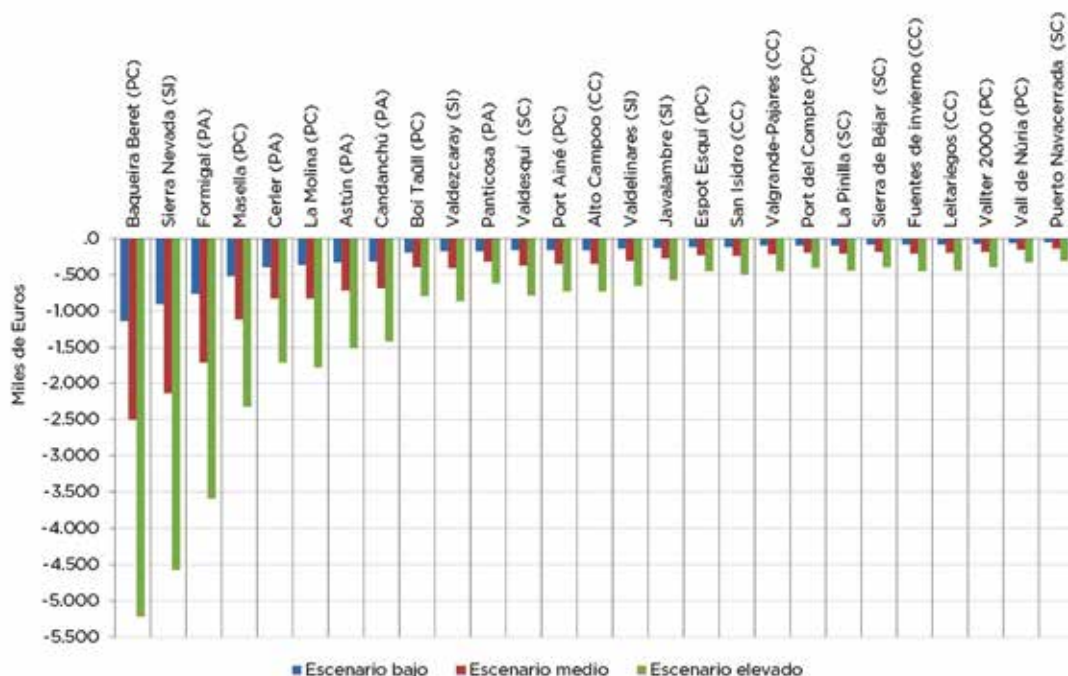


Figura 6. Estimación del balance económico entre el efecto económico asociado a los escenarios climáticos y la ampliación horaria nocturna (opción 2).

Fuente: Elaboración propia.

y elevado fue de aproximadamente -7,7, -16,1 y -33,1 millones de euros, respectivamente. En cuanto a la opción 2, los valores para los mismos escenarios fueron de cerca de -7, -15,4 y -32,4 millones de euros (Figura 6).

## CONCLUSIONES

Las estaciones de esquí están ubicadas en uno de los sistemas más expuestos al cambio climático –las zonas de alta montaña–. La respuesta a este problema requerirá una combinación de acciones de adaptación según las características de las estaciones en relación a diversos aspectos como su ubicación geográfica, la altitud, el potencial de atracción turística, etc.

La adopción de estrategias aisladas como la innivación artificial o la ampliación horaria puede no constituir la respuesta adecuada, en la medida de que pueden no ser rentables económicamente. Además, principalmente la primera de ellas, puede conllevar impactos de orden ambiental y social elevados. Igualmente, es importante asegurar que la financiación

sea soportada por las entidades que benefician directamente e indirectamente de la actividad.

El análisis económico de la producción de nieve artificial fue realizado en base al supuesto de que las estaciones que presentan un mayor espesor de cobertura de nieve a lo largo de la temporada necesitarán menor cantidad de nieve artificial. En este estudio fue desarrollado un modelo estadístico que ha permitido estimar las necesidades de nieve artificial en las estaciones de esquí alpino según un escenario de referencia y varios escenarios climáticos. La lógica subyacente es que los costes asociados a las nuevas necesidades de innivación representan parte de los costes necesarios para evitar los daños resultantes de los escenarios climáticos.

A nivel agregado, los costes estimados para la innivación artificial adicional se estimaron entre 0,4 y 2,4 millones de euros para los escenarios de impacto bajo y elevado, respectivamente. Además, el análisis económico permitió relacionar las estimaciones de costes de innivación actuales y futuros con la venta de *forfaits*. Esa relación permitió averiguar, por ejemplo, que

el porcentaje de *forfaits* necesarios para cubrir los costes de innivación puede ser superior al 10% para varias estaciones y incluso sobrepasar el 25% según los escenarios considerados.

Para la medida de ampliación horaria y esquí nocturno, el análisis estimó primeramente las pérdidas originadas por una reducción de días de la temporada de esquí como resultado de diversos escenarios climáticos. Seguidamente, se estudió el efecto de la implementación de esquí nocturno según dos opciones: la práctica de esta modalidad durante 31 días por temporada en el 16,7% y el 30% de los km esquiabiles.

El balance económico global estimado (resultado de la pérdida por la reducción de días de esquí, los costes de ampliación horaria y los beneficios derivados de la venta de *forfaits* nocturnos) es considerablemente negativo para todas las estaciones. Los resultados indican un balance negativo agregado comprendido entre 7 y 33,1 millones de euros.

Las estaciones podrán considerar varias medidas de adaptación, incluyendo, medidas potencialmente de menor impacto como: la protección y conservación de recursos nivales respetuosas con el medio ambiente; mejorar el monitoreo meteorológico y climático; la diversificación de actividades recreativas; o la propia conversión de estaciones de esquí en estaciones de montaña que operen durante todo el año.

Por otro lado, algunas zonas podrán tener que repensar el modelo económico y apostar por otras actividades de montaña más adaptadas a futuros escenarios climáticos. A la hora de concebir este tipo de medidas de orden más estructural, es importante considerar posibles desafíos como pueden ser: la necesidad de involucrar los agentes económicos regionales en el debate; la posible necesidad de rentabilizar el capital físico invertido en las estaciones; o la consideración de la tipología del mercado laboral que, en algunas zonas de montaña, puede ser más rígido en relación a otras zonas en cuanto a la posibilidad de permitir una fluctuación hacia otras actividades. ❀

## Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Fundación Biodiversidad, del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, y a la Oficina Española de Cambio Climático por el apoyo prestado en la elaboración de este estudio. Además, se desea agradecer a Albert Solà i Martí del Departamento de Turismo y Montaña, Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya (FGC) y a Eduardo Valenzuela de Cetursa (Sierra Nevada) por los datos facilitados, y a todos los participantes en las entrevistas realizadas durante el desarrollo de esta investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abegg, B., S. Agrawala, F. Crick, A. De Montfalcon (2007), Climate change impacts and adaptation in winter tourism. In S. Agrawala (Ed.): *Climate change in the European Alps: Adapting winter tourism and natural hazards management* (pp. 25–58). Paris: Organization for Economic Cooperation and Development.
- ATUDEM (2014), Guía oficial de estaciones esquí 2015. Editor: Media Pro Dynamic, S.L Barcelona.
- ATUDEM (2015a), Dossier de prensa. Temporada 2015, <http://atudem.org/images/descargas/dossier-prensa-online.pdf>, [12 de Mayo de 2015].
- ATUDEM (2015b), Balance ATUDEM temporada 2014-2015.
- Clarimont, S. (2008), Turismo de invierno y cambio climático: la producción de nieve artificial en los Pirineos, ¿un uso sostenible del agua?. 6º Congreso Ibérico sobre gestión y planificación del agua, Vitoria, 5 de diciembre.
- Dawson, J., D. Scott, y M. Havitz (2013), Skier demand and behavioural adaptation to climate change in the US Northeast. *Leisure/Loisir* 37(2), 127-143.
- Hendrikx, J., E.Ö. Hreinsson, M.P. Clark, A.B. Mullan (2012), The potential impact of climate change on seasonal snow in New Zealand: part I-an analysis using 12 GCMs. *Theoretical and Applied Climatology* 110 (4), 607-618.
- IPCC (2013), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
- OECC-UCLM (2005), Principales conclusiones de la evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático. Madrid. Ministerio de Medio Ambiente.
- Pons, M., J.I. López-Moreno, P. Esteban, S. Macià, J. Gavalda, C. García, M. Rosas, E. Jover (2014), Influencia del cambio climático en el turismo de nieve del Pirineo. Experiencia del proyecto de investigación NIVOPYR. Pirineos, 169, e006.
- Scott, D., G. McBoyle, B. Mills (2003), Climate change and the skiing industry in southern Ontario (Canada): Exploring the importance of snowmaking as a technical adaptation. *Climate Research* 23, 171-181.
- Scott, D., G. McBoyle, A. Minogue (2007), Climate change and Quebec's ski industry. *Global Environmental Change* 17, 181–190.
- Steiger, R., B. Abegg (2013), The sensitivity of Austrian Ski areas to climate change. *Tourism, Planning and Development* 10(4), 480-493.