



INFORME

Enero 2016

Costes y beneficios de la adaptación al cambio climático en el sector del turismo de nieve en España



Con el apoyo de:



Este estudio se ha realizado con el apoyo de la **Fundación Biodiversidad, del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.**

Autores:

Luís Miguel de Campos e Rodrigues

Dr. Jaume Freire González

Aina González Puig

Dr. Ignasi Puig Ventosa (Coord.)

info@ent.cat

www.ent.cat

Autoría:



Con el apoyo de:



Fundació ENT

C/ Sant Joan, 39, primer pis

08800 Vilanova i la Geltrú

 @ENTmediambient

 ENTmediambient

 ENT Environment & Management

Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a Mónica Gómez Royuela y José Ramón Picatoste Ruggeroni de la Oficina Española de Cambio Climático (OECC) por la colaboración prestada 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 del grupo Cetursa (Sierra Nevada) por los datos facilitados, así como a todos los participantes en las entrevistas realizadas.

ÍNDICE DE TABLAS.....	III
LISTA DE ACRÓNIMOS.....	VII
RESUMEN EJECUTIVO.....	8
1. INTRODUCCIÓN.....	14
2. REVISIÓN DE LITERATURA	16
2.1. Aspectos económicos de las medidas de adaptación.....	16
2.1.1. Los impactos del cambio climático en el turismo de nieve	16
2.1.2. Fundamentos económicos de la adaptación al cambio climático	17
2.1.3. Adaptación vs mitigación	18
2.1.4. Barreras económicas para la toma de decisiones sobre medidas de adaptación.....	18
2.2 Métodos de evaluación de costes y beneficios orientados al objeto de estudio.....	20
2.2.1. Análisis coste-beneficio (ACB)	20
2.2.2. Análisis coste-efectividad (ACE).....	22
2.2.3. Análisis multicriterio (AMC).....	22
2.3 Métodos de valoración ambiental.....	23
2.4.Revisión de literatura sobre costes y beneficios de la adaptación.....	27
3. CARACTERIZACIÓN DEL TURISMO DE NIEVE EN ESPAÑA	29
3.1. Caracterización de las estaciones de esquí en España	29
3.2.1. Escenarios regionalizadas de cambio climático de las Comunidades Autónomas.....	36
3.2.2. Exposición según zona climática y altitud.....	40
4. MEDIDAS DE ADAPTACIÓN EN EL SECTOR DEL TURISMO DE NIEVE EN ESPAÑA	42
4.1. Descripción y caracterización de las medidas de adaptación.....	42
4.2.Aplicación de medidas de adaptación según niveles de vulnerabilidad de las estaciones	49
4.3.Tipologías de medidas de adaptación según el IPCC	54
4.4. Identificación de los costes y beneficios de las diferentes medidas.....	57
5. VALORACIÓN MONETARIA DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LAS MEDIDAS.....	59

5.1. Producción de nieve artificial.....	59
5.1.1. Escenario de referencia.....	59
5.1.2. Escenarios climáticos.....	69
5.2. Ampliación de horarios de actividad de esquí	75
5.2.1. Escenario de referencia.....	75
5.2.2. Escenarios climáticos.....	80
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y PROPUESTAS	88
7. ANEXOS	91
8. REFERENCIAS	92

TABLA 1. CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTACIONES DE ESQUÍ ALPINO EN ESPAÑA, TEMPORADA 2014/2015.....	32
TABLA 2. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LAS ESTACIONES DE ESQUÍ ALPINO DE ESPAÑA, TEMPORADA 2014/2015.....	33
TABLA 3. LÍNEAS DE ALTITUD VIABLES PARA LA PRESENCIA DE NIEVE NATURAL SEGÚN ESCENARIOS CLIMÁTICOS.....	40
TABLA 4. CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE NIVELES DE VULNERABILIDAD DE LAS ESTACIONES DE ESQUÍ ALPINO	52
TABLA 5. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD DE LAS ESTACIONES DE ESQUÍ ALPINO.....	54
TABLA 6. CLASIFICACIÓN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN SEGÚN TIPOLOGÍAS DEFINIDAS POR EL IPCC	56
TABLA 7. COSTES Y BENEFICIOS SOCIO-ECONÓMICOS Y AMBIENTALES DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN	57
TABLA 8. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LOS NIVELES ESPESOR MÁXIMO MENSUAL ASOCIADO A LAS ESTACIONES DE ESQUÍ, 2009/2010-2014/2015, 2014/2015	60
TABLA 9. PRODUCCIÓN DE NIEVE ARTIFICIAL EN LA MOLINA, 2009/2010 - 2014/2015	62
TABLA 10. RESULTADOS DE LA REGRESIÓN SOBRE NECESIDADES DE INNIVACIÓN ARTIFICIAL PARA LA ESTACIÓN DE LA MOLINA, 2009/2010-2014/2015	63
TABLA 11. ESTIMACIÓN DE SUPERFICIES INNIVADAS DE LAS ESTACIONES DE ESQUÍ, 2009/2010 A 2014/2015 (HA).....	64
TABLA 12. ESTIMACIÓN DE NECESIDADES DE NIEVE ARTIFICIAL DE LAS ESTACIONES DE ESQUÍ POR TEMPORADA EN EL ESCENARIO DE REFERENCIA, 2009/2010 A 2014/2015.....	65
TABLA 13. COSTES UNITARIOS MEDIOS DE PRODUCCIÓN DE NIEVE ARTIFICIAL, LA MOLINA, 2009/2010 - 2014/2015.....	66
TABLA 14. ESTIMACIÓN DEL COSTE POR TEMPORADA DE LA PRODUCCIÓN DE NIEVE ARTIFICIAL EN LAS ESTACIONES DE ESQUÍ EN EL ESCENARIO DE REFERENCIA, 2009/2010 A 2014/2015.....	66
TABLA 15. PRECIO DEL FORFAIT DIARIO DE TEMPORADA ALTA, FORFAITS VENDIDOS DE TODAS LAS CATEGORÍAS Y DÍAS DE ESQUÍ EN LA TEMPORADA 2014/2015	67
TABLA 16. ESTIMACIÓN DE NECESIDADES DE NIEVE ARTIFICIAL DE LAS ESTACIONES DE ESQUÍ POR TEMPORADA SEGÚN ESCENARIOS CLIMÁTICOS	70
TABLA 17. ESTIMACIÓN DEL COSTE MARGINAL DE LA PRODUCCIÓN DE NIEVE ARTIFICIAL SEGÚN ESCENARIOS CLIMÁTICOS (MILES DE EUROS; INCREMENTO PORCENTUAL EN RELACIÓN AL ESCENARIO DE REFERENCIA).....	71

TABLA 18. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE LAS MODALIDADES DE ESQUÍ DIURNO Y NOCTURNO, 2015	75
TABLA 19. INFORMACIÓN SOBRE KM ESQUIABLES Y FORFAITS VENDIDOS EN 2014/2015	77
TABLA 20. ESTIMACIÓN DE FORFAITS DIURNOS Y NOCTURNOS EN ESCENARIO DE REFERENCIA	78
TABLA 21. COSTES UNITARIOS MEDIOS ASOCIADOS AL ESQUÍ NOCTURNO, SIERRA NEVADA, 2009/2010 - 2014/2015	79
TABLA 22. ESTIMACIÓN DEL BALANCE ENTRE COSTES-BENEFICIOS DEL ESQUÍ NOCTURNO PARA DIVERSAS ESTACIONES, 2014/2015	80
TABLA 23. NÚMERO DE DÍAS DE ESQUÍ SEGÚN EL ESCENARIO DE REFERENCIA Y ESCENARIOS CLIMÁTICOS	80
TABLA 24. ESTIMACIÓN DEL NÚMERO DE FORFAITS DIURNOS VENDIDOS Y DE LA PÉRDIDA DE INGRESOS (EUROS) ASOCIADA A LOS ESCENARIOS CLIMÁTICOS	82
TABLA 25. ESTIMACIÓN DE FORFAITS VENDIDOS Y BALANCE DE COSTES Y BENEFICIOS PARA LA OPCIÓN 1 Y 2 DE AMPLIACIÓN HORARIA NOCTURNA.....	84

FIGURA 1. ESTACIONES DE ESQUÍ ALPINO EN ESPAÑA	30
FIGURA 2. ALTITUDES DE LAS ESTACIONES DE ESQUÍ ALPINO DE ESPAÑA (METROS)	33
FIGURA 3. ESPESOR MÁXIMO MEDIO DE NIEVE EN LAS TEMPORADAS 2009/2010 A 2014/2015	34
FIGURA 4. CAMBIO EN LA TEMPERATURA MEDIA GLOBAL SEGÚN VARIOS ESCENARIOS, 1950-2100	35
FIGURA 5. CAMBIO EN LA SUPERFICIE CUBIERTA POR NIEVE (PRIMAVERA) SEGÚN VARIOS ESCENARIOS, 1980-2100.....	36
FIGURA 6. CAMBIO EN LA TEMPERATURA MÍNIMA DE INVIERNO POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS ANALIZADAS Y SEGÚN VARIOS ESCENARIOS, 2005-2100	36
FIGURA 7. CAMBIOS EN EL NÚMERO DE DÍAS DE HELADA EN LAS COMUNIDADES AUTÓNOMAS ANALIZADAS Y SEGÚN VARIOS ESCENARIOS, A 2025, 2050 Y 2100.....	38
FIGURA 8. CAMBIOS EN LOS VALORES MEDIOS DE PRECIPITACIÓN EN INVIERNO, 2005-2100.....	38
FIGURA 9. VIABILIDAD DE LAS ESTACIONES DE ESQUÍ ALPINO SEGÚN ESCENARIOS CLIMÁTICOS (METROS).....	41
FIGURA 10. MAPA DE LAS ESTACIONES DE ESQUÍ ALPINO Y DE LOS PARQUES NACIONALES	52
FIGURA 11. MAPA DE LAS ESTACIONES DE ESQUÍ ALPINO Y DE LOS ESPACIOS ZEPA	53
FIGURA 12. MAPA DE LAS ESTACIONES DE ESQUÍ ALPINO Y DE LOS ESPACIOS LIC	53
FIGURA 13. VALORES DE ESPESOR MÁXIMO MENSUAL MEDIO PARA EL PERIODO ENTRE 2009/2010-2014/2015 Y PARA LA TEMPORADA DE 2014/2015	61
FIGURA 14. ESTIMACIÓN DEL NÚMERO DE FORFAITS/ESQUIADORES NECESARIOS PARA CUBRIR COSTES DE INNIVACIÓN, 2013-2014.....	69
FIGURA 15. ESTIMACIÓN DEL INCREMENTO DE NÚMERO DE FORFAITS NECESARIOS PARA CUBRIR COSTES DE INNIVACIÓN EN RELACIÓN AL ESCENARIO DE REFERENCIA	73
FIGURA 16. RELACIÓN ENTRE FORFAITS NECESARIOS PARA CUBRIR COSTES DE INNIVACIÓN Y FORFAITS VENDIDOS EN 2014/2015 PARA VARIOS ESCENARIOS CLIMÁTICOS (PRECIO DE FORFAIT DE TEMPORADA ALTA 2014/2015)	74
FIGURA 17. RELACIÓN ENTRE FORFAITS NECESARIOS PARA CUBRIR COSTES DE INNIVACIÓN Y FORFAITS VENDIDOS PARA VARIOS ESCENARIOS CLIMÁTICOS (INGRESO MEDIO 2013/2014)	74

FIGURA 18. ESTIMACIÓN DEL BALANCE ECONÓMICO ENTRE EL EFECTO ECONÓMICO ASOCIADO A LOS ESCENARIOS CLIMÁTICOS Y LA AMPLIACIÓN HORARIA NOCTURNA (OPCIÓN 1) 85

FIGURA 19. ESTIMACIÓN DEL BALANCE ECONÓMICO ENTRE EL EFECTO ECONÓMICO ASOCIADO A LOS ESCENARIOS CLIMÁTICOS Y LA AMPLIACIÓN HORARIA NOCTURNA (OPCIÓN 2)..... 86

FIGURA 20. ESTIMACIÓN DEL BALANCE ECONÓMICO ASOCIADO A LOS ESCENARIOS CLIMÁTICOS Y A LA AMPLIACIÓN HORARIA NOCTURNA (OPCIÓN 1)87

FIGURA 21. ESTIMACIÓN DEL BALANCE ECONÓMICO ASOCIADO A LOS ESCENARIOS CLIMÁTICOS Y A LA AMPLIACIÓN HORARIA NOCTURNA (OPCIÓN 2).....87

ACB	Análisis coste-beneficio
ACE	Análisis coste-efectividad
AMC	Análisis multicriterio
ATUDEM	Asociación turística de estaciones de esquí y montaña de España
BC3	Basque Centre for Climate Change
CC	Cordillera Cantábrica
CC AA	Comunidades autónomas
EE UU	Estados Unidos de América
FGC	Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya
GEI	Gases de efecto invernadero
IPCC	Panel Intergubernamental de Cambio Climático
IPTS-JRC	Institute for Prospective Technological Studies-Joint Research Center
IVA	Impuesto sobre el valor añadido
LIC	Lugares de Importancia Comunitaria
OECC	Oficina Española de Cambio Climático
ONGs	Organizaciones no Gubernamentales
PA	Pirineo Aragonés
PC	Pirineo Catalán
PN	Pirineo Navarro
RCP	Representative Concentration Pathways
SC	Sistema Central
SI	Sistema Ibérico
SP	Sistema Penibético
SUMMLAB-UPC	Sustainability Measurement and Modeling Laboratory de la Universitat Politècnica de Catalunya
TIR	Tasa interna de retorno
UCLM	Universidad de Castilla-La Mancha
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
VAN	Valor actual neto
VET	Valor Económico Total
ZEPA	Zonas de Especial Protección para las Aves

1. Introducción

Las zonas de alta montaña se encuentran entre los sistemas más sensibles al cambio climático, pudiéndose observar diversos efectos, como la reducción de la cubierta de nieve o el retroceso de los glaciares a consecuencia de cambios en los patrones de temperatura y precipitación, entre otros.

Diversos estudios indican que el cambio climático puede conllevar varios impactos sobre el turismo de nieve, incluyendo la reducción de la temporada y de las zonas esquiabiles.

La adaptación de este sector puede requerir varias soluciones, abarcando medidas como producción de nieve artificial, protección y conservación de recursos nivales, diversificación de actividades recreativas, cambio de modelo económico local, etc. Cada medida conlleva costes y beneficios que deben ser evaluados de forma previa a su implementación.

Este estudio pretende analizar el sector de turismo de nieve de España, concediendo especial atención al esquí alpino. Dentro de sus objetivos específicos, se incluyen: la caracterización socio-económica de este sector; un análisis de proyecciones climáticas adaptadas a las escalas regional y local; la identificación y análisis cualitativo de diversas medidas de adaptación; y un análisis monetario de costes y beneficios asociado a dos medidas de adaptación: la innivación artificial y la ampliación horaria de la jornada, promoviendo el esquí nocturno.

Este estudio contó con varias fuentes de información, destacando: literatura sobre cambio climático y adaptación; realización de entrevistas a agentes del sector y del área de investigación del cambio climático; información sobre el sector obtenida desde el portal web Infonieve.es y Nevasport.com, así como facilitada por las propias estaciones de invierno, en particular, La Molina (Pirineo Catalán - PC) y Sierra Nevada (Sistema Penibético - SP).

Las zonas de alta montaña se encuentran entre los sistemas más sensibles al cambio climático.

El sector de turismo de invierno puede ver reducida la duración de la temporada de esquí o de las zonas esquiabiles a causa del cambio climático.



2. Revisión de literatura

En el contexto de la respuesta al cambio climático se pueden considerar conjuntamente medidas de adaptación y mitigación.

Las medidas de mitigación, al estar centradas en las causas del cambio climático (p.e. reducción de emisiones de dióxido de carbono) garantizan en su mayoría externalidades positivas. Por su parte, las medidas de adaptación pueden ocasionar beneficios que se extienden a muchos agentes económicos, pero por su naturaleza favorecen principalmente a los agentes que implementan las medidas.

La evaluación de los resultados esperados de las medidas de adaptación puede ser realizada a través de varias técnicas de análisis económico, entre los que destacan el Análisis Coste-Beneficio (ACB), el Análisis Coste-Efectividad (ACE) y el Análisis Multicriterio (AMC).

La evaluación económica de costes y beneficios en el contexto de la adaptación al cambio climático es aún un área de investigación por explorar.

3. Caracterización del turismo de nieve en España

Un poco más de una treintena de estaciones de esquí componen el sector de turismo de nieve en España en las zonas montañosas del Pirineo Catalán, Aragón y Navarra, la Cordillera Cantábrica, y los Sistemas Central, Ibérico y Penibético.

En la temporada 2013/2014, las estaciones de esquí recibieron 5,11 millones de visitantes, lo que representó aproximadamente el 3% del total de usuarios de las estaciones europeas. El ingreso medio diario fue de 21,93 Euros por esquiador, sumando cerca de 107 millones de Euros.

Aunque existe un conjunto diverso de actividades recreativas de invierno, el esquí alpino es la actividad más popular en los centros invernales de España.

Las estaciones de esquí de alpino analizadas en este estudio contabilizaban al inicio de la temporada 2014/2015 un total de 1.083 pistas de esquí y 1.150 km

La respuesta al cambio climático se puede realizar a través de medidas de mitigación y adaptación.

La evaluación costes y beneficios de medidas de adaptación puede ser realizado a través de diversas técnicas, como el Análisis Coste-Beneficio, el Análisis Coste-Efectividad, o el Análisis Multicriterio.

Las estaciones de esquí de España recibieron más de 5 millones de visitantes en la temporada 2013/2014.



esquiabiles. En cuanto a los sistemas de innivación, contaban con un total de 4.791 cañones de nieve artificial, operando sobre una extensión de casi 400 km esquiabiles, es decir, un 34% del total esquiabile.

En cuanto a la altitud de las estaciones, la cota mínima se sitúa en los 1.300 metros en la estación de Lunada (CC), mientras que el máximo corresponde a 3.300 metros en la estación de Sierra Nevada (SP). Las estaciones que presentan cotas de altitud más baja presentan un mayor grado de vulnerabilidad al cambio climático. En este estudio fueron definidas líneas de altitud viables para las estaciones de esquí a través de la consideración de varios escenarios climáticos. Zonas como la Cordillera Cantábrica presentan señales de mayor vulnerabilidad en contraste con zonas como el Pirineo Catalán o el Sistema Penibético que presentan mejores resultados.

4. Medidas de adaptación en el sector del turismo de nieve en España

Varias medidas de adaptación deberán ser consideradas para contrarrestar efectos del cambio climático, tales como la posible reducción de la precipitación de nieve o el derretimiento más rápido de la zona innivada a consecuencia de temperaturas más elevadas.

Las estrategias de adaptación incluyen acciones asociadas a 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, realización de seguros contra el riesgo climático y soluciones de gestión, reconversión de las estaciones de esquí a estaciones de montaña, replanteamiento del modelo económico local, estrategias de marketing, etc.

Las diversas medidas conllevan costes y beneficios del orden ambiental y social. Algunos ejemplos de costes incluyen: el impacto negativo sobre el balance hídrico o el aumento de emisiones de CO₂ por el aumento de la producción de nieve artificial y la necesidad de una mayor red de cañones de innivación; el impacto sobre la fauna y flora a

Zonas montañosas de cotas de altitud más bajas, como la Cordillera Cantábrica, presentan señales de mayor vulnerabilidad en comparación con zonas más elevadas como el Pirineo Catalán o el Sistema Penibético.

Existen varias estrategias de adaptación basadas en acciones de orden técnica (p.e. innivación artificial) o de orden estructural (p.e. reconversión de las estaciones de esquí en estaciones de montaña, replanteamiento del modelo económico local).



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 por 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.

5. Valoración monetaria de los costes y beneficios de las medidas

Se ha realizado un análisis económico de costes y beneficios relacionados con la implementación de dos medidas de adaptación: la producción de nieve artificial; y la ampliación horaria de las estaciones de esquí, permitiendo la modalidad de esquí nocturno.

Aumento de la innivación artificial

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. A partir de datos de espesor máximo mensual observado para las estaciones de esquí y de datos de innivación de la estación de La Molina (PC) sobre cantidad de nieve artificial producida y los costes respectivos, fue desarrollado un modelo econométrico 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 371,9 miles de Euros 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

Los costes asociados a necesidades adicionales de innivación según diversos escenarios climáticos pueden llegar a un valor agregado de 2,4 millones de Euros.



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 e incluso llegar al 30% y 40% según los escenarios considerados.

Ampliación horaria e implementación de esquí nocturno

En la actualidad, las estaciones de Masella y Vall de Núria (PC), Valgrande-Pajares (CC) y Sierra Nevada (SP) ofrecen la modalidad de esquí nocturno.

Este análisis se basó primeramente en la estimación de pérdidas originada 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 esquiables.

Los resultados indican que para la gran mayoría de las estaciones estudiadas la implementación de esquí nocturno ofrece un balance económico positivo. Sin embargo, el balance económico global (compuesto por la pérdida de esquiadores resultante de 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 valores mínimos y máximos de aproximadamente 7 y 33,1 millones de Euros.

La implementación de esquí nocturno posiblemente no garantiza la recuperación de pérdidas económicas relacionadas con la reducción de días de esquí por temporada según diversos escenarios climáticos.

6. Análisis de resultados y propuestas

Las estaciones están ubicadas en uno de los sistemas más expuestos al cambio climático. Aunque exista alguna incertidumbre sobre la magnitud de los efectos y respuestas de los sistemas natural y social, es necesario enfrentar la realidad del cambio climático.

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 se benefician directamente e indirectamente de la actividad.

Las estaciones podrán considerar varias medidas de adaptación, incluyendo medidas potencialmente de menor impacto como: la protección 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 y locales 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 que en otras zonas en cuanto a la posibilidad de permitir una fluctuación hacia otras actividades.

Las estaciones de esquí deberán considerar varias medidas de adaptación combinadas, asegurando el balance entre su impacto socio-económico y ambiental.



1. Introducción

La evidencia científica confirma que el cambio climático se está produciendo y que la mayor parte del calentamiento observado durante los últimos 50 años se debe a las actividades humanas, como así lo muestra el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) de las Naciones Unidas en su quinto informe (IPCC, 2014). El cambio climático tiene consecuencias complejas y a menudo inciertas que afectarán a multitud de aspectos, pero hay determinados fenómenos ya identificados por la comunidad científica. Dichas consecuencias también cambian en función de la localización geográfica.

La política climática y ambiental de los gobiernos y organismos internacionales trata de hacer esfuerzos para mitigar el cambio climático, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), pero la inevitabilidad de algunos de sus efectos hace que también aumente la necesidad de adaptarse.

La adaptación a la nueva situación se debe producir en todos los ámbitos socioeconómicos, y tanto en el sector público, como en la esfera privada. Hay que adaptar aspectos tan diversos como la gestión de recursos, la planificación de infraestructuras, el urbanismo, la planificación comercial y de la producción, o la valoración de los riesgos. El comportamiento de consumidores y productores se verá afectado y, por tanto, también la economía en su conjunto.

Las actividades se verán afectadas en mayor o menor medida en función de su dependencia del clima. Una de las zonas que más se verán afectadas según todas las proyecciones que se han realizado es la alta montaña. Por lo tanto, las actividades relacionadas con el turismo de nieve son muy vulnerables, y con ello las zonas cuya dependencia económica de estas actividades es muy fuerte.

Para paliar los efectos que pueda tener el cambio climático sobre estas actividades y zonas, en algunos casos se están tomando y en otros se están



proponiendo medidas de adaptación que permitan mantener la principal fuente de ingresos de estas economías locales de manera sostenible. Una de las herramientas de evaluación de las medidas de adaptación es su análisis coste-beneficio (ACB), encaminada a la elección de las que se consideren más beneficiosas.

El presente informe tiene por objetivo principal la evaluación cualitativa y cuantitativa de los costes y los beneficios de un conjunto de medidas de adaptación al cambio climático en el sector del turismo de nieve en España

El documento se estructura de la siguiente forma: en el Capítulo 2 se presenta una revisión de la literatura sobre metodologías de valoración y evaluación económicas y de estudios realizados en el ámbito de la adaptación al cambio climático; en el Capítulo 3 se caracterizan las zonas de turismo de nieve de España en relación a aspectos diversos como la capacidad de oferta de las estaciones de esquí, el número de visitantes al año, el nivel de ingresos, así como se analizan diversas proyecciones climáticas según varios escenarios climáticos; en el Capítulo 4 se identifican y caracterizan medidas de adaptación para el sector en relación al grado de vulnerabilidad de las estaciones de esquí, a su tipología, y a los costes y beneficios asociados; en el Capítulo 5 se realiza un análisis de los costes y beneficios asociados a un conjunto de medidas de adaptación; y, por último, en el Capítulo 6 se presentan las principales conclusiones del estudio.



2. Revisión de literatura

En este capítulo se realiza una revisión de la literatura existente sobre los costes y beneficios de la adaptación en el ámbito del turismo de nieve. Por una parte se analiza brevemente la literatura que trata los aspectos económicos de la adaptación al cambio climático, para posteriormente centrarse en aquellos estudios existentes sobre los costes y beneficios de las medidas de adaptación en materia de turismo de nieve.

2.1. Aspectos económicos de las medidas de adaptación

2.1.1. Los impactos del cambio climático en el turismo de nieve

Los impactos del cambio climático sobre el turismo de nieve son muy variados y dependen en gran medida de aspectos como el grado de dependencia del área geográfica de análisis respecto del sector del esquí, de la vulnerabilidad de las pistas de esquí (cada caso es diferente), del tipo de clima, de la localización, etc.

Como indican Pons *et al.* (2014), hay diversos estudios a nivel mundial que analizan los impactos del cambio climático en regiones montañosas del mundo. La mayoría están centrados en las principales zonas a nivel mundial:

- Alpes (König y Abegg, 1997; Breiling y Charamza, 1999; Elsasser y Bürki, 2002; Abegg *et al.*, 2007; Steiger, 2012; Steiger y Abegg, 2013; Uhlmann *et al.*, 2009)
- Canadá (McBoyle y Wall, 1987; Scott *et al.*, 2003; 2007).
- Estados Unidos (Dawson y Scott, 2010; Dawson *et al.*, 2013).
- Otros como Suecia (Moen y Fredman, 2007); Australia (Hennessy *et al.*, 2003; Bicknell y Mc-Manus, 2006); Japón (Fukushima *et al.*, 2003); Nueva Zelanda (Hendrikx *et al.*, 2012).



Según nuestro conocimiento, Pons *et al.* (2014) es el único estudio que realiza un análisis del impacto del cambio climático en el turismo de invierno en España, centrándose en la región de los Pirineos. Este estudio presenta un análisis de vulnerabilidad de distintas estaciones de esquí bajo varios escenarios de cambio climático.

La mayoría de los estudios anteriores sugieren 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.

2.1.2. Fundamentos económicos de la adaptación al cambio climático

Como indica el IPCC (2014a), al considerar la adaptación, los estudios económicos dan una idea sobre los roles de los diversos actores, sobre el carácter de las estrategias de adaptación, los tipos de costes y beneficios involucrados, el papel del tiempo y un conjunto de otros factores que se discuten en esta sección.

Las estrategias de adaptación pueden ser autónomas, planificadas o naturales. Las acciones autónomas son mayoritariamente llevadas a cabo por agentes privados, mientras que las planificadas pueden ser llevadas a cabo por entidades privadas o públicas. La adaptación natural la llevan a cabo los ecosistemas como reacción al cambio climático, pero pueden ser sujetas a intervención humana.

Los beneficios de la mayoría de medidas de adaptación pueden ser completamente apropiados por quien las acomete, a diferencia de los que sucede con la gran mayoría de las medidas de mitigación, que por lo general conllevan externalidades positivas. Sin embargo, hay otras medidas de adaptación que generan bienes o servicios públicos que benefician a muchos agentes económicos y, por lo tanto, cuyos beneficios no pueden ser completamente apropiados (internalizados) por parte de quien lleva a cabo la medida. Un bien público es aquel que presenta características de no rivalidad e imposibilidad de exclusión. La no rivalidad supone que el hecho de que alguien lo consuma no impide que otros lo hagan sin verse afectada la satisfacción que obtienen. La característica de no exclusión significa que no se puede excluir a determinados agentes del consumo del bien o servicio. Esto crea los denominados *free-riders*, que se apropian de manera gratuita.

La teoría económica clásica (Samuelson, 1954) y diversos estudios en relación con la adaptación (Mendelsohn, 2000; Osberghaus *et al.*, 2010; Wing y Fisher-Vanden, 2013), indican que los bienes públicos no reciben los niveles adecuados de inversión privada (generando un fallo del mercado). Esto requiere de la acción pública por parte de determinados agentes como las administraciones públicas, Organizaciones no Gubernamentales (ONGs) u organismos internacionales.



Por otra parte, las estrategias de adaptación suponen efectos secundarios, los cuales pueden ser positivos o negativos. Algunos estudios argumentan que los beneficios colaterales deberían tenerse en cuenta en la toma de decisiones (por ejemplo Viguie y Hallegatte (2012), Kubal *et al.* (2009), De Bruin *et al.* (2009), Brouwer y van Ek (2004), Ebi y Burton (2008), y Qin *et al.* (2008)). Si una economía tiene una suma de dinero para asignar entre dos proyectos de adaptación que compiten, y ambas estrategias generan efectos secundarios netos positivos, entonces la asignación socialmente óptima de inversión en adaptación será diferente del óptimo privado y favorecerá la actividad con efectos directos más secundarios mayores.

2.1.3. Adaptación vs mitigación

Un aspecto clave en las políticas de cambio climático es la repartición del gasto entre las políticas de adaptación y de mitigación. Las medidas de mitigación y adaptación requieren de coordinación, dado que están compitiendo por los mismos recursos escasos (Gawel *et al.*, 2012). También compiten con otros gastos e inversiones no relacionadas con las políticas climáticas. La teoría económica indica que, en condiciones de competencia perfecta, los rendimientos marginales sociales de todas las formas de gasto deben ser iguales, permitiendo efectos distributivos que pueden hacerse por ponderaciones diferenciales de beneficios y costos entre grupos de población distintos según su nivel de renta (Musgrave y Musgrave, 1973; Brent, 1996). En la práctica resulta más dificultoso y acostumbran a preponderar los criterios políticos a los puramente económicos (los cuales también padecen de distorsiones de mercado).

Algunos autores indican que la consideración conjunta de medidas de adaptación y mitigación permite reducir el coste total de las políticas de cambio climático y las hace más efectivas (de Bruin *et al.*, 2009; Koetse y Rietveld, 2012; Wang y McCarl, 2013).

2.1.4. Barreras económicas para la toma de decisiones sobre medidas de adaptación

La literatura económica sobre adaptación identifica diversas barreras para una correcta toma de decisiones en relación a las medidas de adaptación en contextos de incertidumbre. A continuación se muestran las principales (IPCC, 2014a):

a) Costes de transacción

Los costes de transacción representan una de las principales barreras e incluyen, entre otros, los costes necesarios para acceder a los mercados, para obtener la información necesaria para una toma de decisiones racional, así como para ejecutar las medidas (Coase, 1937, 1960; Williamson, 1979). Una medida de adaptación deseable puede potencialmente dejar de serlo debido a los costes de transacción (IPCC, 2014a).



b) Fallos de mercado

Las externalidades, la información asimétrica y los riesgos morales (Osberghaus *et al.*, 2010) son los principales fallos de mercado que generan problemas para la adecuada implementación de medidas de adaptación. Esto hace que determinadas acciones socialmente deseables, no lo sean a nivel privado y por tanto no se tomen sin la intervención de la administración pública, y al revés.

c) Obstáculos de comportamiento

Los obstáculos relacionados con el comportamiento de los individuos pueden llevar a tomar decisiones de adaptación subóptimas, como se ilustra en Grothmann y Patt (2005). Así, la provisión de información sobre el clima tiene que considerar posibles fallos cognitivos en los receptores de esa información (Suárez y Patt, 2004; Osberghaus *et al.*, 2010). Los individuos a menudo difieren a la hora de elegir entre opciones ambiguas (Tversky y Shafir, 1992; Trope y Liberman, 2003) y toman decisiones que son inconsistentes en términos temporales (por ejemplo, atribuyen un peso inferior al largo plazo a través del "descuento hiperbólico", Ainslie, 1975). También favorecen sistemáticamente el mantenimiento del *status quo* y decisiones que les son familiares (Johnson y Goldstein, 2003). Además, los individuos valoran las pérdidas y ganancias de forma diferente (Tversky y Kahneman, 1974).

d) Cuestiones éticas y redistributivas

Las cuestiones redistributivas suelen justificar la intervención pública basándose en la ética y los valores. Los impactos del cambio climático varían de modo importante entre grupos sociales. Diversos autores sugieren que los estratos de población más pobres son los más afectados por dichos impactos (Stern, 2006; Füssel *et al.*, 2012). Como indica el IPCC (2014a), algunos individuos, empresas, comunidades e incluso países pueden ser incapaces de afrontar la adaptación aunque sea de un interés primordial para ellos.

La teoría económica clásica sugiere la elección de los proyectos más rentables y luego realizar transferencias financieras a los perjudicados para satisfacer los objetivos de equidad (Atkinson y Stiglitz, 1976; Brown y Heal, 1979). Sin embargo, este enfoque lleva implícitas ciertas hipótesis poco realistas, incluyendo la capacidad de realizar transferencias financieras perfectas y gratuitas. En la práctica, las transferencias son difíciles de realizar y en determinados casos no son políticamente aceptables (Kanbur, 2010). En el caso que las transferencias no vayan a darse, la toma de decisiones sobre las medidas de adaptación no debe tener en cuenta solo los beneficios netos, sino también los impactos sobre la equidad (Aakre y Rübhelke, 2010).



e) *Coordinación, fallos de gobierno y economía política*

Una de las principales funciones de los gobiernos y las autoridades locales es eliminar barreras, realinear los incentivos de los individuos con los objetivos de la sociedad, proporcionar los bienes públicos necesarios para la adaptación, y eliminar sesgos de comportamiento y barreras cognitivas. Pero las administraciones públicas se enfrentan a sus propias barreras, a menudo conocidas como fallos de gobierno o fallos regulatorios (Krueger, 1990).

f) *Incertidumbre*

Como indica el IPCC (2014a), las decisiones sobre adaptación tienen que hacer frente a incertidumbres sobre temas que van desde la demografía a la tecnología o el futuro económico. El cambio climático añade otras fuentes de incertidumbre, incluyendo la incertidumbre sobre el alcance y las pautas del cambio climático, que dependen del incierto desarrollo socioeconómico y las políticas climáticas, así como la incertidumbre sobre la reacción y adaptación de los ecosistemas.

2.2 Métodos de evaluación de costes y beneficios orientados al objeto de estudio

Esta sección se centra en los enfoques económicos existentes sobre la toma de decisiones bajo incertidumbre, una cuestión central en las políticas de cambio climático.

2.2.1. Análisis coste-beneficio (ACB)

El ACB es un método de evaluación de proyectos, medidas o políticas basado en la eficiencia económica, es decir, sin considerar a priori cuestiones redistributivas. Un ACB implica el cálculo de todos los costes y beneficios que generará la medida a lo largo de toda su vida útil, expresado de forma agregada y en términos monetarios. La mejor opción es la que la maximiza el valor presente neto esperado de los costes y beneficios.

Este método proporciona una base para la priorización de medidas de acuerdo con la eficiencia económica o rentabilidad de las mismas. La principal ventaja de este método es que permite la comparación de diversas opciones con una métrica sencilla. Los principales inconvenientes son la necesidad de identificación de todos los costes y beneficios, la valoración monetaria de costes y beneficios que no pasan por el mercado (p.e. bienes y servicios ambientales), así como el establecimiento de una adecuada tasa de descuento social, teniendo en cuenta la dificultad de establecer preferencias presentes y futuras en contextos de preservación del medio ambiente y/o cambio climático.



Un aspecto a tener en cuenta en este tipo de análisis es ver cómo se distribuyen los costes y beneficios, con el objeto de establecer mecanismos de compensación en la medida de lo posible, si es este el método de evaluación a partir del cual se van a escoger las medidas.

El análisis coste-beneficio aplicado a la adaptación al cambio climático utiliza probabilidades subjetivas para diferentes proyecciones climáticas (Tebaldi *et al.*, 2005; New y Hulme, 2006). La aversión al riesgo puede ser considerada a través de funciones de bienestar o la introducción explícita de una prima de riesgo.

A continuación se muestran los pasos a seguir en la evaluación de opciones de adaptación utilizando ACB (UNFCCC, 2011):

1. Acordar/establecer el objetivo de adaptación e identificar las opciones de adaptación potenciales. El objetivo de adaptación debe estar bien definido y su consecución tiene que ser cuantificable en términos monetarios (p.e. reducir vulnerabilidad).
2. Establecer una línea de base. Es aquel escenario sin que la intervención de adaptación se lleve a cabo. A partir de esta se pueden determinar los costes y beneficios.
3. Cuantificar y agregar los costes durante un periodo temporal definido. Los costes que hay que incluir son los directos (p.e. inversión, regulación) y los indirectos (p.e. pérdidas de bienestar social, costes de transición, etc.).
4. Cuantificar y agregar los beneficios durante un periodo temporal definido. Los beneficios de una intervención de adaptación deben incluir los daños evitados de los impactos del cambio climático y los co-beneficios, si son relevantes. Para su cuantificación pueden usarse los métodos descritos en el apartado 2.3.1.
5. Comparar los costes y los beneficios agregados. Estos tienen que ser descontados con una tasa para calcular su valor presente. Se pueden considerar tres opciones a considerar en la elección del indicador adecuado para la toma de decisiones:
 - a) Valor actual neto (VAN): es la diferencia entre el valor presente de los beneficios y el valor presente de los costes. El VAN tiene que ser mayor de cero para que la opción sea aceptable.
 - b) Relación beneficio-coste: es el ratio entre el valor actual de los beneficios y el valor actual de los costes. El ratio indica el valor global del proyecto. Si el ratio es mayor de 1, la opción es aceptable.
 - c) Tasa interna de retorno (TIR): es aquella tasa que hace que el valor actual neto sea igual a cero. Cuanto mayor es la TIR, más deseable es un proyecto.



2.2.2. Análisis coste-efectividad (ACE)

El ACE es un método de evaluación de proyectos, medidas, políticas y alternativas que consiste en la determinación del coste de alcanzar un objetivo. Dado que en muchos casos el objetivo ya está predeterminado, se escoge aquella medida que lo consigue a un menor coste.

Se puede utilizar este método en contextos en los que resulta difícil evaluar monetariamente todos los beneficios de una medida o conjunto de medidas, pero en que los costes resultan más fáciles de cuantificar.

Los pasos a seguir en la evaluación de opciones de adaptación utilizando ACE (UNFCCC, 2011):

1. Acordar el objetivo de adaptación e identificar las opciones de adaptación potenciales.
2. Establecer una línea de base.
3. Cuantificar y agregar los costes durante un periodo temporal definido, incluyendo los costes directos e indirectos.
4. Determinar la efectividad de la medida. Esta definición depende del objetivo de adaptación y la línea de base.
5. Comparar el coste-efectividad de las diferentes opciones.

El ACE sigue un procedimiento similar al ACB, pero resulta menos complejo, ya que no requiere la monetización de todos los beneficios del proyecto. Esto hace que la selección de opciones se haga en base a la consecución de los objetivos establecidos obviando otros beneficios que podrían conllevar las opciones evaluadas. Del mismo modo que en el ACB, este método no considera la distribución de costes y beneficios, fijándose tan solo en el criterio de eficiencia económica en la asignación de recursos.

2.2.3. Análisis multicriterio (AMC)

El análisis multicriterio (AMC) (Keeney y Raiffa, 1993; Martínez-Alier *et al.*, 1998; etc.) es un método que permite la evaluación entre un número determinado de alternativas de adaptación en base a un número de criterios determinado. Cada criterio recibe una ponderación que es la que permite proporcionar un valor agregado de la valoración de cada proyecto, medida o política. Posteriormente, se seleccionan aquellas medidas con una mayor valoración global.

Este método ofrece una alternativa de selección de medidas de adaptación cuando solo existen datos parciales, cuando se considera que las cuestiones culturales o ecológicas son difíciles de considerar o cuando se considera que los beneficios monetizados o la efectividad son solo dos criterios entre otros diversos.



Su principal ventaja es que valora un abanico más amplio de factores que la simple consideración de costes y beneficios (los cuales no siempre quedan recogidos en su totalidad en un ACB o ACE). El principal inconveniente es que la elección de las ponderaciones presenta dificultades diversas y arbitrariedades. En la definición de pesos es necesaria la implicación de los agentes involucrados en las consecuencias de las medidas de adaptación. Aun así, hay dificultades intrínsecas, ya que su elección es subjetiva y discrecional.

Este método fue utilizado por los países en desarrollo cuando las Naciones Unidas prepararon sus programas nacionales de adaptación (NAPAs, en su sigla en inglés) (UNFCCC, 2011).

Como indica UNFCCC (2011), los pasos a seguir para realiza un AMC son:

1. Acordar el objetivo de adaptación e identificar las opciones de adaptación potenciales.
2. Acordar el criterio de decisión.
3. Puntuar cada opción de adaptación en relación a cada uno de los criterios establecidos.
4. Asignar una ponderación a los criterios para reflejar las prioridades.
5. Ordenar las opciones.

El AMC puede llevarse a cabo conjuntamente con el ACB y el ACE. De hecho, pueden formar parte del análisis como uno de los criterios a ponderar.

Ha sido aplicado a la evaluación de medidas de adaptación, como el riesgo de inundaciones urbanas (Kubal *et al.*, 2009; Grafakos, 2012; Viguie y Hallegatte, 2012), vulnerabilidad agrícola (Julius y Scheraga, 2000), y elección de opciones de adaptación en los Países Bajos (Brouwer y van Ek, 2004; de Bruin *et al.*, 2009), Canadá (Qin *et al.*, 2008) y África (Smith y Lenhart, 1996).

2.3 Métodos de valoración ambiental

Tanto la economía ambiental como la economía ecológica han desarrollado métodos de valoración de bienes y servicios ambientales. Entre estos destacan los métodos de valoración monetarios y no monetarios.

2.3.1. Métodos de valoración monetarios

En el ámbito de la valoración ambiental monetaria, el valor total asociado a un bien o servicio ambiental es habitualmente definido como la suma de los valores de uso y valores de no uso, *i.e.* Valor Económico Total (VET) (Turner *et al.*, 1994). La primera categoría de valores está relacionada con beneficios obtenidos a través del uso directo de un bien o servicio (p.e. práctica de actividades recreativas), y con beneficios obtenidos de forma indirecta (p.e. regulación del clima a través de la función de captura de carbono). La segunda categoría incluye



valores de existencia o de herencia que se refieren, por ejemplo, a la satisfacción obtenida con el conocimiento de una especie o por saber que la misma no se encuentra en peligro de extinción. Una categoría adicional, intermedia a las dos anteriores, es la de valores de opción y cuasi-opción, que se pueden asociar a valores relacionados con el uso futuro de un bien o servicio.

Cuando un determinado bien o servicio ambiental no dispone de un mercado real, dos tipos de técnicas pueden ser utilizadas. Por un lado, los métodos de preferencia reveladas se utilizan cuando es posible encontrar una relación con otros bienes y servicios que sí pasan por el mercado. Al observar el comportamiento real de los consumidores en relación a estos últimos bienes y servicios se pueden valorar los primeros. Algunos ejemplos incluyen los métodos del coste del viaje, precios hedónicos y costes evitados. Por otro lado, cuando no es posible encontrar ninguna relación con un mercado real, los métodos de preferencia declaradas permiten medir las preferencias de los consumidores a través de la creación de mercados hipotéticos. Métodos utilizados para este fin incluyen la valoración contingente y experimentos de elección. Una ventaja de los métodos de preferencia declaradas es la posible estimación de valores de no uso.

A continuación se describen estos métodos:

a) Método del coste de viaje

Este método se ha aplicado tradicionalmente a la valoración económica de espacios naturales. Aunque el precio de entrada a un espacio de interés natural sea cero, el visitante incurre en unos gastos ocasionados por el desplazamiento, los cuales expresan demanda. Por lo tanto, cada visita conlleva una transacción implícita en la que se intercambia el coste de acceso a este lugar por los servicios recreativos que ofrece el espacio. Cuanto más cerca se resida del espacio natural mayor será el número de visitas realizadas. Por lo tanto, los individuos se enfrentan a diferentes costes de viaje, y su respuesta (su mayor o menor número de visitas) a las variaciones de estos precios implícitos son la base para poder estimar la curva de demanda. Se asume que existe una relación de complementariedad débil (Mäler, 1974) entre el bien ambiental y los bienes privados necesarios para acceder. Por ello, a diferencia del método de la valoración contingente (directo), sólo se puede estimar el valor de uso.

b) Método de los precios hedónicos

Los individuos adquieren determinados bienes en el mercado que son multiatributo. Estos atributos (entre los que hay la calidad ambiental) no pueden ser comercializados por separado, por la inexistencia de mercados formales y precios explícitos. Por lo tanto, se estiman los precios implícitos de cada característica que marca las diferencias entre variedades de un mismo bien. Debería ser posible, entonces, la estimación de una función de precios hedónicos



que exprese el precio del bien en función de la combinación de las diferentes características.

Sin embargo, presenta una serie de limitaciones, como sesgos derivados de la omisión de variables relevantes (Atkinson y Crocker, 1992), la elección de la forma funcional adecuada (Garrod y Allanson, 1991), la segmentación de mercados, cambios en las variables ambientales o la no consideración de los valores de no uso, entre otras. Sin embargo, el primero y más importante es que tiene un campo de aplicación muy limitado, básicamente debido a que resulta difícil encontrar bienes en el mercado cuyo precio dependa directamente de características ambientales. Se ha utilizado sobre todo para estimar la incidencia de la calidad ambiental sobre el precio de las viviendas y sobre los salarios.

c) Método de los costes evitados, inducidos y otros métodos de sustitución de costes

Estos métodos suponen que los costes de evitar ciertos daños sobre el medio ambiente o reemplazar los servicios que proveen los ecosistemas constituyen estimaciones útiles de su valor. Este supuesto descansa en el hecho de que si las personas están dispuestas a incurrir en este coste para evitar los perjuicios causados por la pérdida de algún servicio ambiental o para reemplazarlo, entonces, estos servicios deben valer, al menos, lo que se paga por ello. Tomando como ejemplo el método de sustitución de costes, este se podría aplicar en la valoración de la protección de la erosión costera por parte de determinados ecosistemas al estimar el valor asociado a la construcción de espigones que permitan lograr el mismo fin.

d) Método de la valoración contingente

Este método se basa en realizar encuestas a los consumidores potenciales de un bien o servicio público a fin de simular un mercado y obtener su valoración. Las preguntas giran sobre todo en torno a la disponibilidad a pagar para obtener un bien o disfrutar de un servicio, aunque también para evitar su pérdida. Es un método muy utilizado para la valoración de los bienes y servicios ambientales, para la valoración de servicios recreativos, valores de existencia, paisajes urbanos y rurales, especies animales y vegetales, valores de uso de parques urbanos, valores de existencia de bienes culturales, etc.

Entre sus ventajas destacan: obtención directa del excedente del consumidor y gran flexibilidad para valorar todo tipo de situaciones y bienes públicos. Además de la disposición a pagar, también permite obtener la disposición a ser compensado como contraprestación a un deterioro ambiental. Entre las principales críticas a este método hay que destacar: no se basa en la realidad sino en una situación hipotética; sesgo del punto de partida: el comportamiento dependerá en parte del punto de partida en que se sitúe el entrevistador; comportamiento estratégico; confusión del todo con la parte; compra de



satisfacción moral; sesgo del entrevistador; sesgo del promotor; complacencia; etc. (Azqueta, 1994).

e) Experimentos de elección

Los experimentos de elección son igualmente realizados a través del soporte de cuestionarios que pretenden identificar las preferencias de los consumidores sobre determinados bienes o servicios ambientales. Sin embargo, en comparación con el método de valoración contingente, en un experimento de elección no se pregunta directamente a los individuos sobre su disponibilidad a pagar o ser compensado por posibles cambios en la oferta de bienes ambientales. El objeto de valoración es presentado a través de un conjunto de atributos (con niveles asociados) que lo caracterizan (Hanley *et al.*, 1998). Distintas combinaciones (o alternativas de elección) se presentan a los participantes para que estos seleccionen la opción que maximiza su satisfacción o utilidad. Al incluir el precio (o una “*proxy*”) como uno de los atributos, es posible estimar la disponibilidad a pagar o a ser compensado.

2.3.2. Métodos de transferencia de valor ambiental

Este tipo de métodos consiste en la aplicación de valores monetarios estimados (por medio de los métodos anteriormente descritos) en una o más áreas de estudio a otras zonas de interés, permitiendo ahorrar costes y tiempo al no ser necesaria la realización de nuevos estudios primarios (Brouwer, 2000). Entre las opciones para la transferencia de valores ambientales destacan: la transferencia unitaria de valor con o sin ajuste a las características específicas de la zona de estudio (p.e. nivel de rendimiento per cápita de la población en estudio); función de transferencia valor, donde se estima una función que integra, por ejemplo, como variables dependientes la disponibilidad a pagar, y como variables independientes características de las zonas de estudio y de los individuos; y función meta-análisis que, a diferencia del enfoque anterior, estima la función de acuerdo con los resultados de varios estudios (Bateman *et al.*, 2000). Una de las principales críticas a este tipo de métodos es la dificultad de que el área referente al estudio primario presente niveles elevados de similitud con la nueva zona de estudio (Spash and Vatn, 2006).

2.3.3. Métodos de valoración no monetarios

Por último, hay un conjunto de métodos de valoración que no obtienen valores monetarios, sino que valoran los bienes y servicios en otras unidades. Los más relevantes son los enfoques biofísicos, y entre ellos los más destacables son los métodos que evalúan los bienes y servicios en función de su coste energético (energía incorporada, análisis exergético, análisis del metabolismo energético, etc.) y los que los evalúan en función de su coste en términos de materiales o de ocupación del suelo (análisis de flujos de materiales, análisis input-output ambiental, huella ecológica, flujo de ocupación del suelo, etc.). Estos métodos obtienen valoraciones de los bienes y servicios, o de determinadas actuaciones en



términos físicos, tratando de alejarse de las subjetividades y arbitrariedades que pueden incorporar los métodos que pretenden obtener valores de mercado.

2.4. Revisión de literatura sobre costes y beneficios de la adaptación

A grandes rasgos, los beneficios de la adaptación son la reducción de los posibles daños y perjuicios del cambio climático, y el mantenimiento o mejora de los niveles de bienestar social (National Research Council, 2010; Banco Mundial, 2010).

Por otra parte, los costes de la adaptación pueden incluir costes directos relacionados con las inversiones necesarias para adaptarse al cambio climático (UNFCCC, 2011) y costes indirectos que pueden resultar, por ejemplo, de externalidades ambientales asociadas a las medidas de adaptación (IPCC, 2014a). Otro concepto importante de mencionar es el de coste de oportunidad, es decir, la posible pérdida de ingresos que se podrían obtener del uso de los recursos en otros proyectos alternativos a la adaptación.

Como indica el IPCC (2014a), la consideración de los costes y los beneficios de una medida de adaptación plantea diversas cuestiones conceptuales. Algunas acciones pueden tener influencia en la adaptación al cambio climático sin haber sido desarrolladas para ese fin. Por otra parte, muchas medidas de adaptación pueden producir efectos colaterales en aspectos no relacionados con los impactos del cambio climático.

Para definir el componente de adaptación se requiere la definición de una línea de base (¿Cuál sería el impacto del cambio climático en ausencia de la acción de adaptación? ¿Qué proyectos alternativos se implementarían en ausencia de cambio climático?), Y la definición de "adicionalidad", es decir, la cantidad de reducción de pérdidas adicionales o ganancias de bienestar que ocurre a causa de la medida. Por ejemplo, la construcción de una nueva infraestructura puede ser marginalmente más costosa debido a la adaptación al cambio climático, pero seguiría siendo realizada sin el cambio climático y, por tanto, sólo una fracción de ese costo y de los beneficios resultantes sería considerada como adaptación (Dessai y Hulme, 2007). Cuando se consideran los costes y beneficios de las medidas de adaptación hay que tener en cuenta diversos factores. Entre estos, hay consecuencias económicas indirectas de las medidas de adaptación que más allá de los costes o beneficios (directos e indirectos) tienen otras implicaciones económicas, como por ejemplo, consecuencias en la distribución de la renta, la pobreza (Jacoby *et al.*, 2011) o cambios en los patrones de consumo, distribución regional de la producción, etc. Todos estos factores son más difíciles de identificar y todavía más de computar en términos monetarios. Todo esto sin contar las afectaciones en los factores de no mercado como las afectaciones sobre los ecosistemas, el ciclo del agua, la salud humana, cambios culturales, etc.



Los impactos de las medidas de adaptación son pues complejos y variados. Algunos de ellos son (IPCC, 2014a):

- Macroeconómicos (p.e. Fankhauser y Tol, 1995).
- Distribución de fondos con un efecto desplazamiento de otras inversiones climáticas y no climáticas con consecuencias para el crecimiento económico futuro (Hallegatte *et al.*, 2007; Hallegatte y Dumas, 2009; Wang y McCarl, 2013).
- Bienestar de las generaciones actuales y futuras a través de la disponibilidad de recursos y otros efectos no monetarios.
- Distribuciones de riesgo en todo lo anterior, debido a la variabilidad de rutina, más las estimaciones inciertas sobre el cambio climático.

La aplicación de este tipo de análisis a medidas de adaptación al cambio climático es todavía un campo de investigación por explorar (Ojea *et al.*, 2012). Una parte considerable de los estudios realizados han sido aplicados a la adaptación a la subida del nivel del mar y a eventos extremos. Algunos ejemplos incluyen: Nicholls y Tol (2006), que analizaron la adaptación a la subida del nivel del mar en regiones costeras mundiales; Hallegatte (2006), que se centró en el análisis de la adaptación a huracanes en Nueva Orleans (EE UU); Esteban *et al.* (2012), que realizaron un ACB del incremento de la aportación de energía de fuentes renovables al sistema eléctrico en escenarios de ciclones; Rojas *et al.* (2013), que analizaron la adaptación a inundaciones de diversos ríos en la Unión Europea; y Hinkel *et al.* (2013), que se centraron en el sector del turismo a través de un análisis de la adaptación de zonas costeras al nivel mundial, considerando medidas como la sustitución de la arena erosionada.

Según nuestro conocimiento, ningún estudio ha aplicado esta metodología de forma específica para la adaptación del sector de turismo de invierno al cambio climático. Agrawala (2007) realiza un ACE asociada a los efectos de varias medidas de adaptación en zonas de glaciares de los Alpes. Este estudio presenta una comparación entre costes y reducción de riesgo asociado a varias medidas. Las acciones que fueron consideradas como más efectivas incluyeron el monitoreo y la predicción de desastres naturales en comparación con medidas más costosas como la construcción de infraestructuras de protección. El trabajo de Grêt-Regamey *et al.* (2008) también se aproxima de nuestro ámbito de análisis. Este estudio incluyó un ACB de medidas que intentan preservar servicios ecosistémicos de montaña alpina (protección de avalanchas, producción de madera, belleza escénica y hábitat) bajo escenarios de cambio climático y desarrollo urbano. El estudio incluye la componente de turismo de invierno pero con un enfoque diferente del presente estudio. En concreto, analiza el impacto del desarrollo de infraestructuras de esquí sobre los servicios ecosistémicos, pero no se centra en la adaptación de este sector.



3. Caracterización del turismo de nieve en España

Este capítulo presenta en el primer apartado una caracterización general del sector del turismo de nieve en España, incluyendo información de orden geográfica y socio-económica. En el segundo apartado se realiza una aproximación a diferentes escenarios climáticos a una escala de análisis centrada en las Comunidades Autónomas (CCAA) y en las estaciones de esquí españolas.

3.1. Caracterización de las estaciones de esquí en España

El sector del turismo de nieve en España está compuesto por 37 centros invernales,¹ distribuidos por orden decreciente de relevancia por los sistemas montañosos del Pirineo Catalán - PC (11), Cordillera Cantábrica - CC (7), Pirineo Aragonés - PA (6), Sistema Central - SC (6)², Sistema Ibérico - SI (4), Sistema Penibético - SP (2) y Pirineo Navarro - PN (1).

Las estaciones de esquí están ubicadas en 11 de las 17 CCAA, destacándose Cataluña (11), Aragón (8) y Castilla León (7). A nivel provincial, Lleida (Cataluña), Huesca (Aragón) y Girona (Cataluña), son las más relevantes con 7, 6 y 4 estaciones, respectivamente.

En relación a las actividades realizadas, el esquí alpino es la más relevante al ser practicada en 31 de las 37 estaciones (Figura 1).³ Por su lado, el esquí nórdico (de fondo) es practicado en 6 estaciones. Sin embargo, existen otras actividades recreativas de nieve: snowboard, trineo, ice karting, motos de nieve, trineos con

¹ Este número incluye la estación de La Lunada (Provincia de Burgos), que estuvo inactiva en la temporada 2014-2015.

² Este número incluye la estación de esquí indoor de Madrid Zone.

³ Las estaciones de Formigal y Panticosa serán tratadas separadamente a lo largo de este estudio a pesar de la reciente unión de los dominios esquiables en una sola estación.

perro, snake gliss, motos y quads de nieve, etc. De forma complementaria, las estaciones también disponen de actividades no directamente relacionadas con la nieve (p.e. tiro con arco, senderismo, barranquismo) (ATUDEM, 2014).

Figura 1. Estaciones de esquí alpino en España



Fuente: Elaboración propia.

Leyenda:

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.

PA: 11. Astún; 12. Candanchú; 13. Cerler; 14. Formigal; 15. Panticosa.

CC: 16. Alto Campoo; 17. Fuentes de Invierno; 18. Leitariegos; 19. Lunada; 20. Manzaneda; 21. San Isidro; 22. Valgrande-Pajares.

SI: 23. Javalambre; 24. Punto de Nieve Santa Inés; 25. Valdelinares; 26. Valdecaray.

SC: 27. La Pinilla; 28. Puerto Navacerrada; 29. Sierra de Béjar; 30. Valdesquí.

SP: 31. Sierra Nevada.

Durante la temporada 2013/2014, aproximadamente 5,11 millones de personas frecuentaron las estaciones de esquí españolas, concentrándose más de la mitad en la zona del Pirineo.⁴ Este número representó el 2,7% del total de visitantes de las estaciones europeas. Francia y Austria fueron los países más bien posicionados con un total de 55,3 y 50,8 millones de visitantes, respectivamente (ATUDEM, 2015a). Según información facilitada por el Instituto de Turismo de España, Egatur (2015) un total de 142.646 turistas internacionales realizaron actividades recreativas de nieve en 2014 en España, número que asume una menor

⁴ De este número, 4,88 millones estaban asociados a las estaciones de ATUDEM.



importancia en relación a otras actividades como deportes de aventura y senderismo/montañismo, que contabilizaron aproximadamente 0,5 y 3 millones de turistas, respectivamente.

A nivel socio-económico, se estima que más de 100.000 personas trabajaron en este sector en los cinco meses de turismo de nieve en la temporada 2013/2014. El ingreso medio diario asociado a los remontes en España se situó sobre los 21,93 euros por visitante, totalizando 106,94 millones de euros (ATUDEM, 2014).⁵ Contabilizando las actividades realizadas a lo largo del año y los beneficios indirectos en la economía, la contribución de las estaciones de esquí fue de aproximadamente 734 millones de euros. Este sector realizó igualmente inversiones importantes, concretamente de 34 millones de euros en la temporada 2013/2014, con el objetivo de mejorar la oferta hotelera y de restauración, de actividades al aire libre y de circuitos culturales en las zonas (ATUDEM, 2014).

Focalizando en la actividad de turismo de nieve más relevante, el esquí alpino, las tablas 1 y 2 caracterizan las estaciones que ofertan esta modalidad, a través de un análisis detallado por estación y un análisis descriptivo, respectivamente.

Las estaciones están comprendidas, en media, entre cotas mínimas y máximas de 1.655 y 2.257 m, respectivamente. El punto más bajo se puede encontrar en la estación de Lunada en la Cordillera Cantábrica (1.300 m), mientras que el punto más alto pertenece a la estación de Sierra Nevada en el Sistema Penibético (3.300 m). Este análisis puede ser complementado a través de la Figura 2, que presenta la amplitud de altitudes de las estaciones españolas de esquí alpino.

En total, estaban disponibles 1.083 pistas en la temporada 2014/2015, representando aproximadamente 1.150 km esquiables y una capacidad total de 470.583 esquiadores por hora. Para las estaciones de las que se dispone de datos (25 estaciones), en la temporada 2013/2014 se vendieron un total de 4,6 millones de *forfaits*. En término medio, las estaciones de esquí españolas disponen de 35 pistas, 37 km esquiables, una capacidad de 15.686 esquiadores/hora, y alrededor de 186 miles de *forfaits* vendidos. La estación de Sierra Nevada presentó el mayor número de pistas (120), mientras que Baqueira Beret (PC) la mayor extensión esquiable (153 km). Al respecto de la capacidad de los remontes, la estación catalana fue igualmente la que presentó el valor más alto (60.883 esquiadores/hora), mientras que Sierra Nevada presentó el mayor número de *forfaits* vendidos (781.210).

Para las estaciones analizadas, la capacidad hotelera varió entre 26 (Leitariegos, CC) y 4.883 plazas hoteleras (Sierra Nevada). Por su lado, la capacidad total, que también incluye el área de influencia de las estaciones, alcanzó un mínimo de 490 plazas hoteleras en la estación de Javalambre (SI) y un máximo de 26.663 plazas hoteleras en Sierra Nevada.

⁵ Esta estimación no incluye IVA y no incluye datos referentes a 3 estaciones de esquí.

Tabla 1. Características de las estaciones de esquí alpino en España, temporada 2014/2015

Sistema montañoso	Estación	Nº de pistas de esquí alpino	Km esquiables	Cota mínima (m)	Cota máxima (m)	Remontes (esq/hor)	Forfaits vendidos 2013/2014 ¹	Nº de cañones de nieve	Nº total de km innivados ²	% sobre el área esquiable	Nº de plazas hoteleras (Estación)	Nº de plazas hoteleras (Área influencia)	Nº de plazas hoteleras (Total)
PC	Baqueira Beret	99	153	1.500	2.510	60.883	772.555	611	41	26,8	4.000	7.000	11.000
	Boí Taüll	47	45,28	2.020	2.751	15.130	102.456	205	20,2	44,6	1.200	3.524	4.724
	Espot Esquí	22	23,6	1.500	2.500	8.220	62.000	163	15	63,6	930	907	1.837
	La Molina	54	61	1.700	2.445	26.940	316.926	453	28	45,9	2.495	14.046	16.541
	Masella	65	74,5	1.600	2.535	14.740	400.000	509	41	55,0	878	14.046	14.924
	Port Ainé	25	25,08	1.660	2.440	26.940	85.000	126	11,5	45,9	260	2.000	2.260
	Port del Comte	37	50	1.700	2.400	16.060	115.000	256	20	40,0	ND	ND	ND
	Tavascán-Pleta del Prat	7	5	1.750	2.250	2.600	4.800	1	ND	ND	50	500	550
	Vall de Núria	11	7,6	1.964	2.252	4.600	38.859	88	6,6	86,8	509	3.010	3.519
	Vallter 2000	12	10,33	1.959	2.535	7.200	60.000	86	9	87,1	80	2.317	2.397
PA	Astún	54	50	1.558	2.300	20.000	241.000	ND	12	24,0	520	5.614	6.134
	Candanchú	51	50,06	1.530	2.400	24.950	242.000	141	10,5	21,0	1.174	10.579	11.753
	Cerler	67	79	1.500	2.630	26.120	245.061	375	38	48,1	1.091	5.021	6.112
	Formigal	97	137	1.501	2.251	35.860	543.412	440	30	21,9	2.572	7.488	10.060
	Panticosa	41	39	1.500	2.220	14.145	86.519	82	16	41,0	848	9.604	10.452
	Alto Campoo	23	27,77	1.650	2.125	13.100	84.000	ND	ND	ND	330	1.971	2.301
CC	Fuentes de invierno	15	8,76	1.490	1.950	8.200	70.000	ND	ND	ND	46	635	681
	Leitariegos	10	7	1.513	1.800	5.160	ND	68	3,5	50,0	26	1.434	1.460
	Lunada	9	8	1.300	1.500	2.000	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Manzaneda	20	15,5	1.500	1.800	7.600	31.000	4	0,6	3,9	427	410	837
	San Isidro	31	27,41	1.500	2.100	1.700	ND	57	1,8	6,6	203	2.390	2.593
	Valgrande-Pajares	32	21,5	1.464	1.870	7.000	70.000	80	6,3	29,3	148	1.586	1.734
SI	Javalambre	14	14	1.650	2.000	10.060	58.401	166	14	100,0		490	490
	Punto de Nieve Santa Inés	2	1,8	1.753	1.850	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Valdelinares	10	9	1.700	2.024	11.420	80.949	131	9	100,0	ND	1.300	1.300
	Valdezcaray	24	20	1.530	2.125	16.400	80.605	110	8	40,0	ND	3.001	3.001
SC	La Pinilla	24	22	1.500	2.274	12.694	50.000	196	12,4	56,4	177	1.717	1.894
	Puerto Navacerrada	9	9,12	1.860	2.200	6.900	45.000	63	2,57	28,2	ND	3.928	3.928
	Sierra de Béjar	24	20,29	1.995	2.369	3.314	ND	21	2,8	13,8	ND	4.553	4.553
	Valdesquí	27	22	1.860	2.278	12.471	ND	9	1,2	5,45	ND	4.554	4.554
SP	Sierra Nevada	120	105,6	2.100	3.300	48.176	781.210	350	35	33,1	4.883	21.780	26.663
Total		1.083	1.150,2	-	-	470.583	4.666.753	4.791	395,97	34,3	22.847	135.405	158.252

Fuentes: ATUDEM (2014) con excepción de ¹ <http://www.nevasport.com/noticias/art/43268/Ranking-de-estaciones-de-la-peninsula-por-forfaits-vendidos-2013-2014> [14/12/15] y ² Los datos correspondientes a Valdesquí fueron obtenidos a través de <http://www.lugaresdenieve.com/?q=es/estacion/valdesqui> [14/12/15].

Nota: ND: "No disponible".

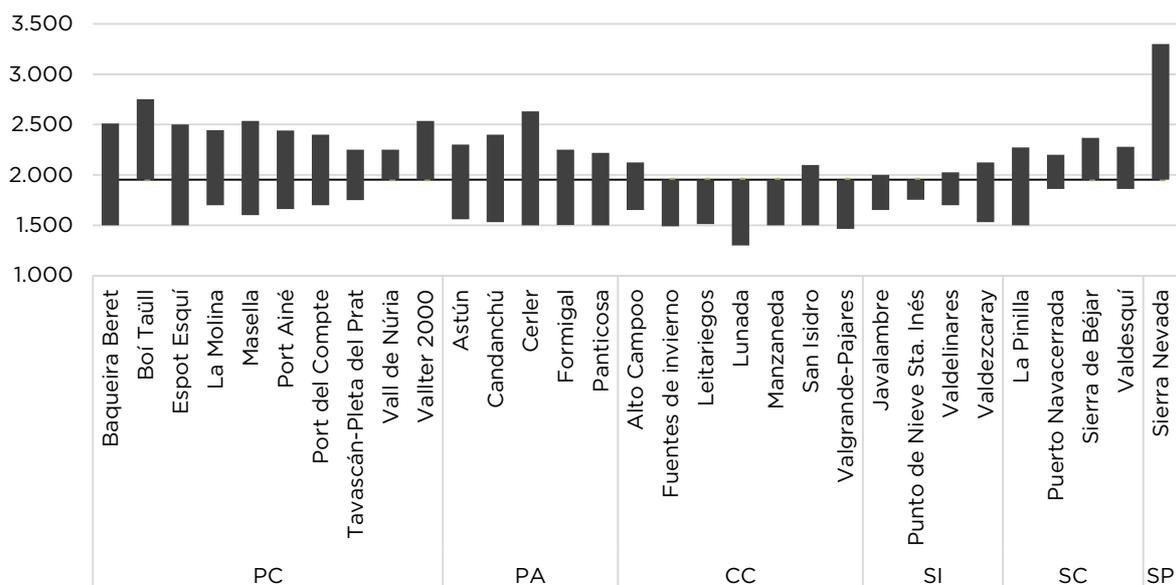
Tabla 2. Análisis descriptivo de las estaciones de esquí alpino de España, temporada 2014/2015

Indicador	Nº de estaciones	Media	Mínimo	Máximo	Desvío estándar	Total
Cota mínima (m)	31	1.655,1	1.300	2.100	199,1	-
Cota máxima (m)	31	2.257,5	1.500	3.300	339,5	-
Nº pistas	31	34,9	2	120	29,3	1.083
Km esquiables	31	37,1	1,8	153	37,9	1.150,2
Remontes (esq./hora)	30	15.686,1	1.700	60.883	13.639,1	470.583
Forfaits vendidos 2013/2014 ¹	25	186.670,1	4.800	781.210	219.339,7	4.666.753
Nº cañones de nieve	26	184,3	1	611	169,4	4.791
Nº total de km innivados ²	25	15,8	0,6	41	12,7	394,8
Porcentaje que representa sobre el total de área esquiable	25	44,5	3,9	100	26,6	-
Nº de plazas hoteleras (Estación)	22	1.038,5	26	4.883	1.315	22.847
Nº de plazas hoteleras (Área influencia)	28	4.835,9	410	21.780	5.083,8	135.405
Nº de plazas hoteleras (Total)	28	5.651,9	490	26.663	6.074,7	158.252

Fuente: ATUDEM (2014), con excepción de ¹ que tuvo como fuente <http://www.nevasport.com/noticias/art/43268/Ranking-de-estaciones-de-la-peninsula-por-forfaits-vendidos-2013-2014> [14/12/15] y ² que aparte de ATUDEM (2014) para la estación de Valdesquí también contó con información obtenida a través de <http://www.lugaresdenieve.com/?q=es/estacion/valdesqui> [14/12/15].

Notas: Las sumas totales referentes a la última columna de la tabla corresponden a los datos asociados al número de estaciones, para lo cual, hay datos disponibles.

Figura 2. Altitudes de las estaciones de esquí alpino de España (metros)

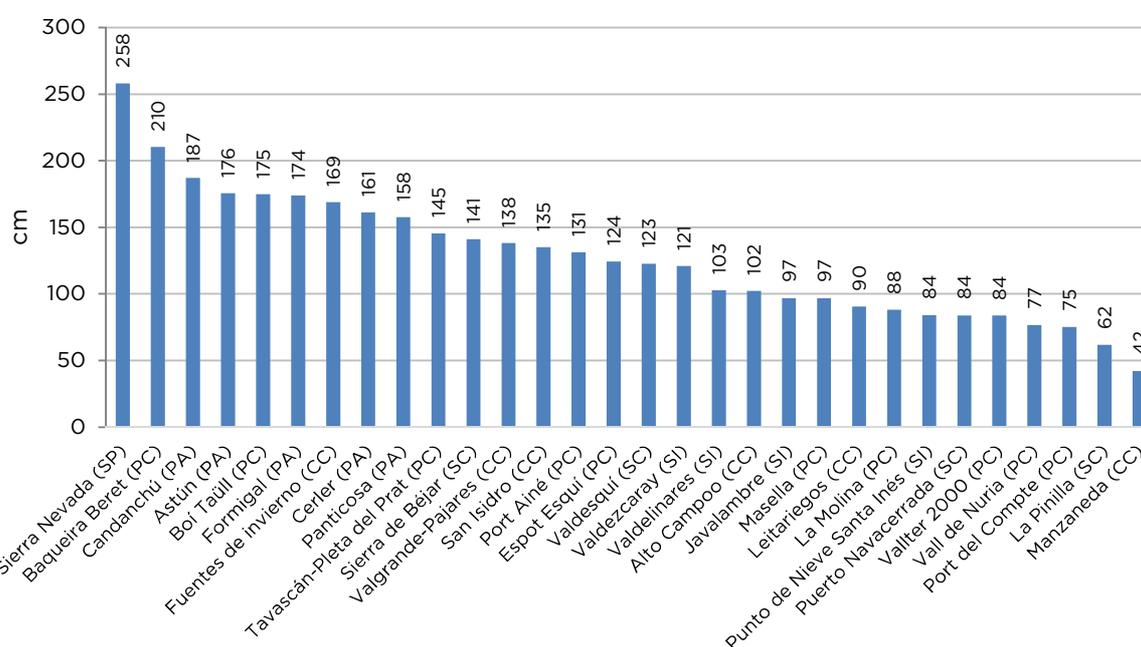


Fuente: ATUDEM (2014)

En relación a la producción de nieve artificial (innivación), las estaciones de esquí disponían de aproximadamente 4.791 cañones al inicio de la temporada 2014/2015, en una extensión de 395 km. El porcentaje de innivación sobre el total de área esquiable presentó el valor mínimo de 3,9% para Manzaneda (CC) y el valor máximo de 100% para la estación de Valdinaraes (SI).

Según datos de Infonieve.es, los espesores máximos medios de nieve (natural y artificial⁶) en el periodo que abarca las temporadas 2009/2010 a 2014/2015 variaron entre 42 cm en la estación de Manzaneda (CC) y 258 cm en Sierra Nevada (SP) (Figura 3).

Figura 3. Espesor máximo medio de nieve en las temporadas 2009/2010 a 2014/2015



Fuente: Datos facilitados por Infonieve.es.

3.2. Análisis de proyecciones de los impactos del cambio climático en las zonas de importante actividad de turismo de nieve en España

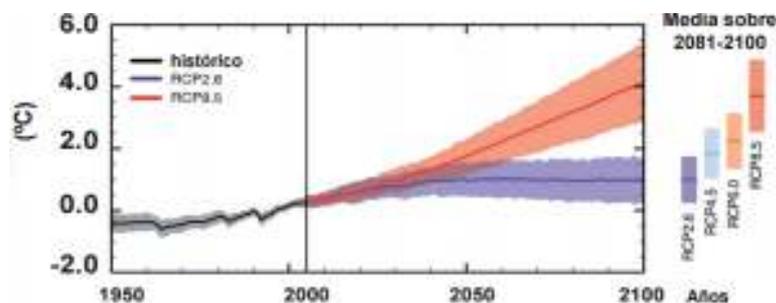
Las zonas de alta montaña constituyen uno de los sistemas más vulnerables al cambio climático (OECC-UCLM, 2005). Los principales efectos están asociados a cambios en los patrones de temperatura atmosférica (p.e. incremento de los valores medios anuales, reducción del número de días bajo cero) y de precipitación (p.e. reducción de la media anual), con posibles consecuencias en

⁶ Según información facilitada por Infonieve.es estos datos se refieren a la cobertura de nieve con mezcla de nieve natural y artificial. Igualmente, se considera la posibilidad de que al inicio de temporada la cobertura esté principalmente basada en nieve artificial, reduciendo su relevancia relativa a medida que se producen las nevadas.

relación a la reducción de la disponibilidad de nieve (p.e. espesor y superficie cubierta) (IPCC, 2013). Una posible combinación de mayor impacto incluye la reducción de precipitación en conjunto con temperaturas superiores a las habituales en el primer periodo de la temporada de invierno, lo que puede implicar una gran reducción en el espesor y días de nieve a lo largo de toda la temporada. La práctica del esquí requiere condiciones exigentes en relación a la cantidad y calidad de nieve, tiempo despejado y condiciones de visibilidad y seguridad suficientes (Clarimont, 2008).

El Quinto Informe de Evaluación del IPCC (IPCC, 2013) presenta posibles cambios en varios indicadores según distintos escenarios de emisión, designados como Sendas Representativas de Concentración (RCP en inglés), en especial, 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). La Figura 4 presenta la evolución del cambio en la temperatura media global para los escenarios anteriores. Los valores medios proyectados para el período entre 2046 y 2065 son de +1°C (RCP 2.6), +1.4°C (RCP 4.5), +1.3°C (RCP 6.0) y +2°C (RCP 8.5). Para el período entre 2081 y 2100, los valores medios para los mismos escenarios son de +1°C, +1.8°C, +2.2°C y +3.7°C, respectivamente.

Figura 4. Cambio en la temperatura media global según varios escenarios, 1950-2100

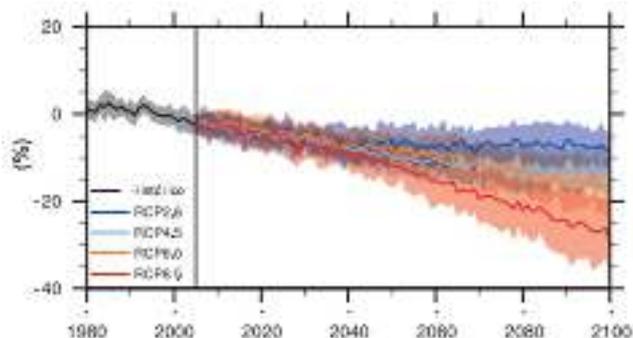


Fuente: IPCC (2013).

El mismo informe presenta otro indicador de especial relevancia para el presente estudio. Se trata de una proyección del cambio en la superficie cubierta de nieve en primavera, considerándose la aplicación de los escenarios anteriores en el hemisferio Norte. Según la Figura 5, este cambio estaría comprendido entre valores medios del 7% para el escenario RCP 2.6 y 25% para el escenario RCP 8.5, en 2100.⁷

⁷ Estos valores son de fiabilidad media debido a la simplificación de los modelos climáticos globales (IPCC, 2013).

Figura 5. Cambio en la superficie cubierta por nieve (primavera) según varios escenarios, 1980-2100



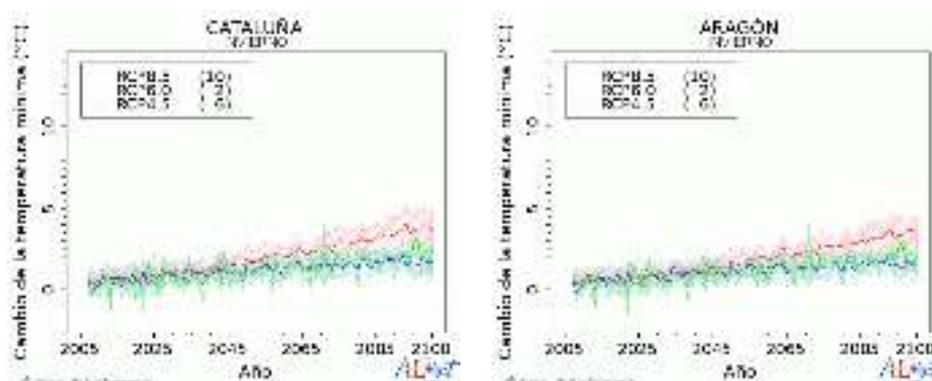
Fuente: IPCC (2013).

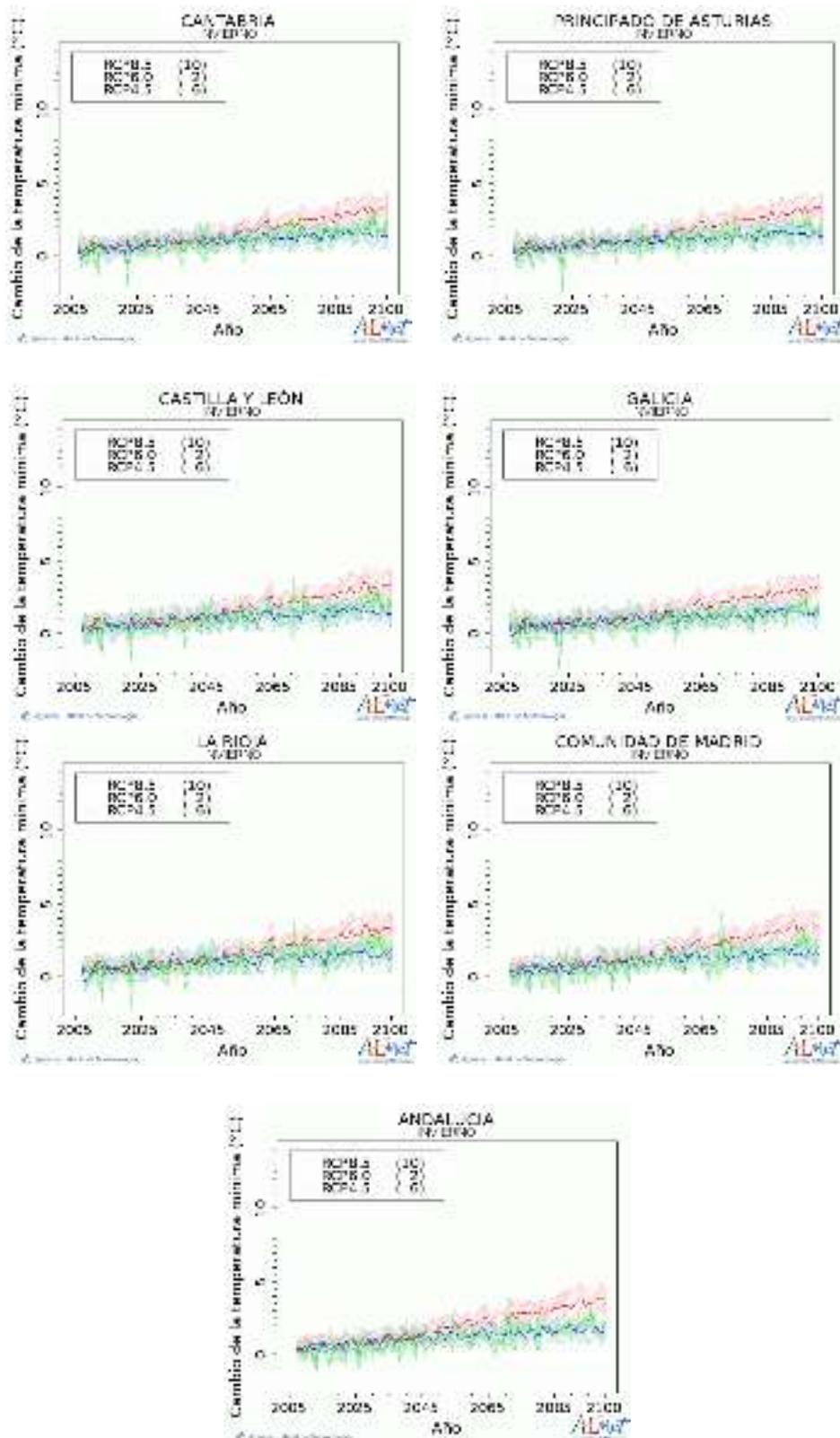
3.2.1. Escenarios regionalizados de cambio climático de las Comunidades Autónomas

A continuación se presentan escenarios regionalizados referentes a los cambios en los valores medios de la temperatura mínima en invierno, en el número de días de heladas observados al año y en los valores medios de precipitación en invierno. El análisis se centra en las CC AA donde se encuentran ubicadas las estaciones de esquí. Además, se basa en tres de los escenarios presentados anteriormente, en concreto RCP 4.5, 6.0 y 8.5, para el período comprendido entre 2005 y 2100.

Según la Figura 6, se observa una tendencia creciente de la temperatura media mínima en invierno en todas las comunidades analizadas. Cataluña es una de las que presenta una mayor subida, aproximándose a un incremento de 4°C en 2100 en el escenario más extremo (RCP 8.5), mientras que en comunidades como Galicia o Cantabria, los valores proyectados según el mismo escenario y periodo se sitúan alrededor de un aumento de 3°C.

Figura 6. Cambio en la temperatura mínima de invierno por Comunidades Autónomas analizadas y según varios escenarios, 2005-2100



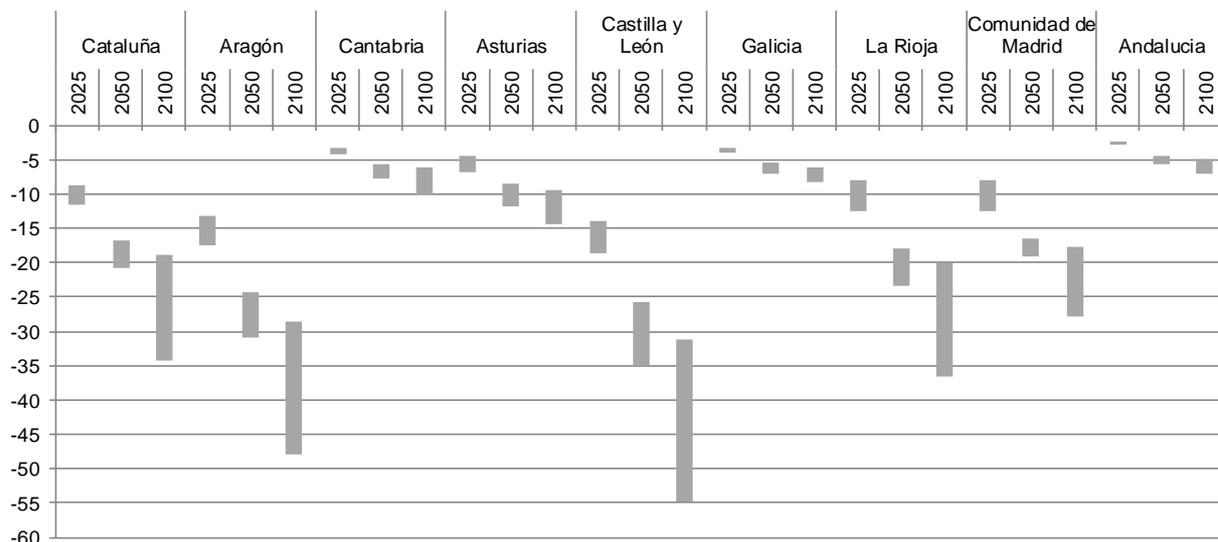


Fuente: www.aemet.es [Julio 2015].

La Figura 7 presenta valores mínimos y máximos asociados a la reducción del número de días de helada en las zonas de estudio. Las CC AA que presentan una posible mayor reducción incluyen Cataluña, Aragón y Castilla y León. A finales de siglo, las proyecciones indican una posible reducción de entre 20 y 55 días de

helada. Las CC AA que presentan cambios menos intensos son Cantabria, Galicia y Andalucía.

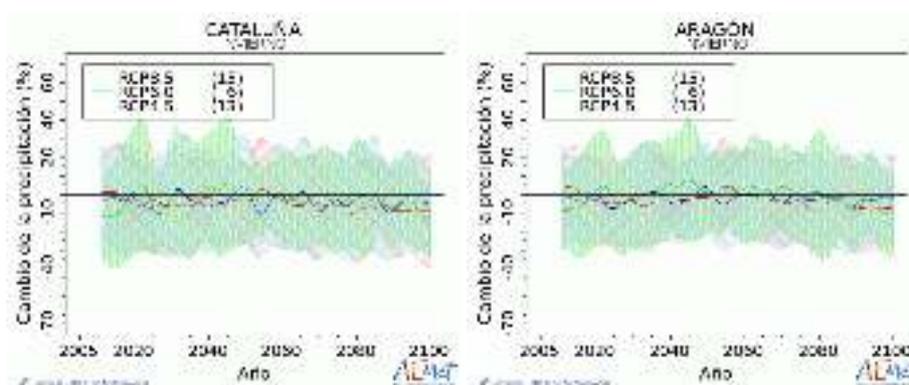
Figura 7. Cambios en el número de días de helada en las Comunidades Autónomas analizadas y según varios escenarios, a 2025, 2050 y 2100

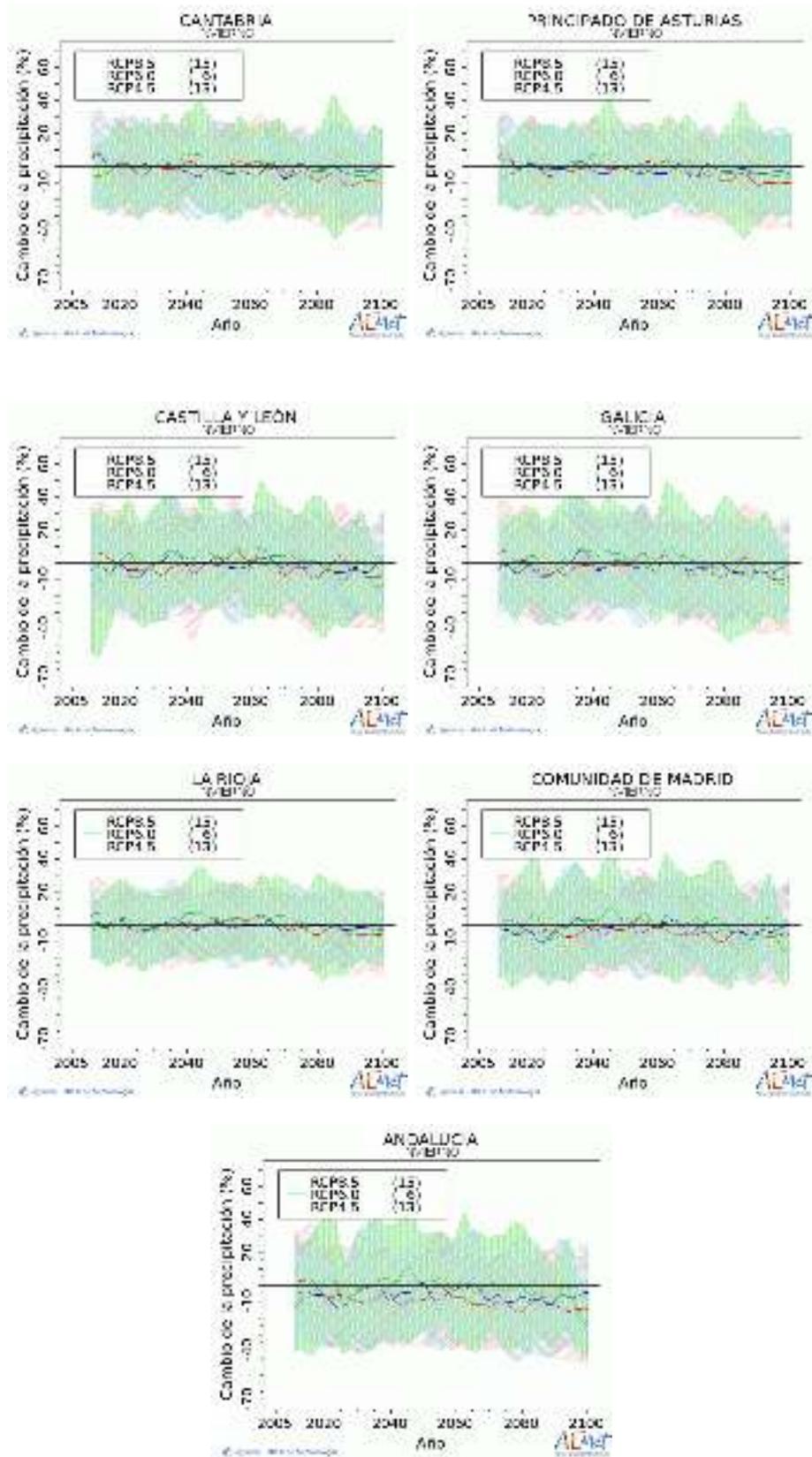


Fuente: Elaboración propia según datos de www.aemet.es [Julio 2015].

Para concluir, la Figura 8 indica los cambios proyectados con respecto a los valores medios de precipitación en invierno para las mismas zonas de estudio. En comparación con los indicadores anteriores, se observa una mayor oscilación de cara al final del siglo. Sin embargo, hay una ligera tendencia de reducción en los valores de precipitación. Algunas excepciones incluyen proyecciones asociadas al escenario RCP 4.5 para las CC AA como Aragón, Castilla y León o Madrid.

Figura 8. Cambios en los valores medios de precipitación en invierno, 2005-2100





Fuente: www.aemet.es [Julio 2015].

3.2.2. Exposición según zona climática y altitud

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. Abegg *et al.* (2007) presenta las líneas de altitud consideradas como viables para la verificación de esta condición en zonas de esquí alpino de Austria, Suiza, Alemania, Francia e Italia. Según este estudio, las líneas de altitud mínimas para garantizar la práctica de esquí alpino varían según el tipo de clima característico de las regiones. Una estación de esquí se considera viable en términos de la disponibilidad de nieve natural si la mitad más alta del rango de altitud está ubicada por encima de la línea de altitud viable. La Tabla 3 presenta las líneas de altitud según escenarios climáticos para varios tipos de clima alpino. Según el mismo estudio,

Tabla 3. Líneas de altitud viables para la presencia de nieve natural según escenarios climáticos

Tipo de clima	Línea de altitud viable para la nieve natural (m)			
	Presente	+1°C	+2°C	+4°C
Alpino (Continental)	1.050	1.200	1.350	1.650
Alpino (Atlántico-marino)	1.200	1.350	1.500	1.800
Alpino (Mediterráneo)	1.500	1.650	1.800	2.100

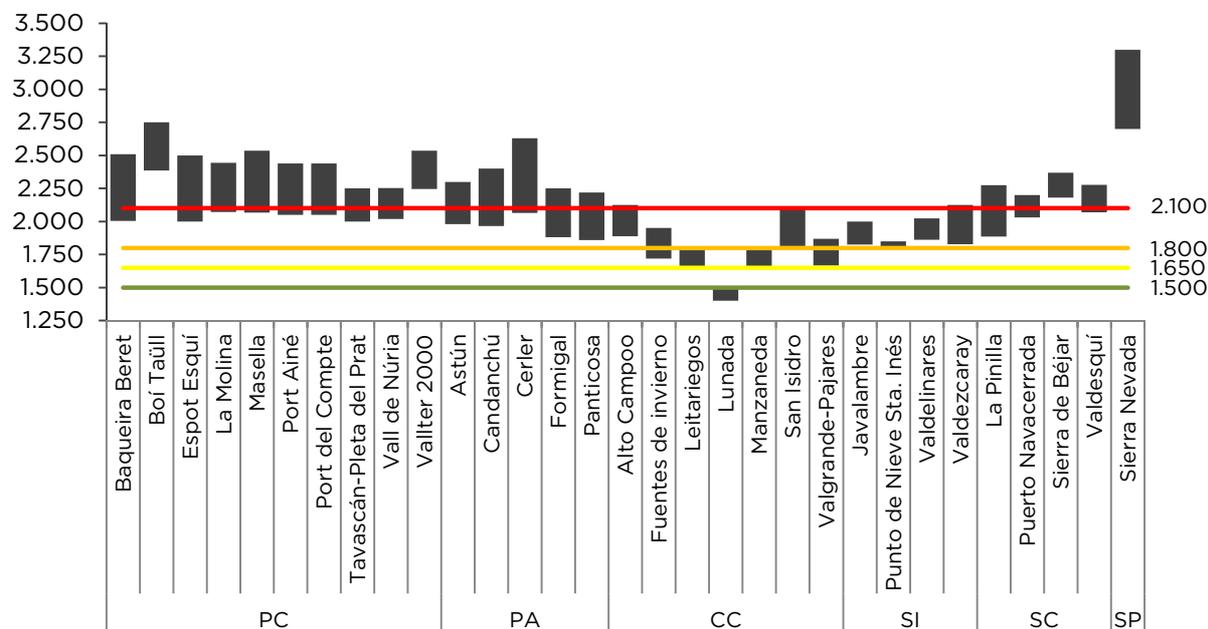
Fuente: Abegg *et al.* (2007)

A continuación se presenta una adaptación de los resultados de la Tabla 3 para las zonas de esquí de España. Se trata de un análisis general de vulnerabilidad basado en el tipo de clima y el rango de altitud de las estaciones de esquí, sin incluir otros factores relevantes (p.e. la orientación de las estaciones de esquí). Las zonas montañosas de España fueron integradas en la categoría de clima alpino de influencia mediterránea a semejanza de lo considerado en Abegg *et al.* (2007) para algunas áreas montañosas de Francia e Italia. Sin embargo, se reconoce que el tipo de clima es diferente entre diversos sistemas montañosos y que además de la cuota de elevación también influye la orientación de la estación.

La Figura 9 presenta un análisis de viabilidad de las estaciones de esquí alpino de España según el momento actual (línea verde), y tres escenarios que contemplan la subida de 1°C (línea amarilla), 2°C (línea naranja) y 4°C (línea roja), respectivamente. En la Figura 9 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, Sierra Nevada (SP), Boí Taull y Vallter 2000 (PC) y Sierra de Béjar (SC) son viables para todos los escenarios considerados. Al contrario, la estación de Lunada (CC) 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.

Figura 9. Viabilidad de las estaciones de esquí alpino según escenarios climáticos (metros)



Fuente: Elaboración propia basada en Abegg *et al.* (2007).

Leyenda: 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).

El primer informe del cambio climático para Cataluña (Llebot *et al.*, 2005) también indica que uno de los posibles escenarios en el caso de un incremento de 2°C es la ubicación de las cotas de nieve viables por encima de los 2.000 metros. Publicado cinco años más tarde, el segundo informe del cambio climático para Cataluña (Llebot, 2010), también refiere la posibilidad de que bajo un incremento de 1.8°C solo las cotas por encima de 2.000 metros sean viables. Además, indica que según ese escenario se podrán perder cerca de 40 días de esquí por año, donde probablemente solo los meses de enero y febrero serán viables.



4. Medidas de adaptación en el sector del turismo de nieve en España

El primer apartado de este capítulo aborda las diferentes medidas de adaptación posibles para el sector del turismo de invierno. En el segundo apartado se relaciona la aplicación de medidas de adaptación según el nivel de vulnerabilidad de las estaciones. En el tercer apartado se hace una clasificación de las medidas de adaptación según tipologías de adaptación indicadas por el IPCC (2014b). Por último, el cuarto apartado presenta un análisis cualitativo de los costes y beneficios de orden social y ambiental asociados a las medidas de adaptación identificadas.

4.1. Descripción y caracterización de las medidas de adaptación

Este apartado contó con varias fuentes de información, siendo importante destacar los datos obtenidos en las entrevistas realizadas a varios expertos del sector o del área de investigación del cambio climático. La sección de anexos presenta información detallada de las personas entrevistadas (Tabla A1). Este apartado contó además con la consulta de un total de 1.541 noticias sobre “nieve artificial” disponibles en el sitio web www.nevasport.com entre julio y septiembre de 2015. A continuación se presentan varias categorías de medidas de adaptación que pueden incluir varios tipos de acciones.

Producción de nieve artificial

El sector de turismo de invierno lleva aplicando desde hace algunas décadas varias estrategias para aumentar la disponibilidad de nieve natural, siendo la innivación artificial la medida más adoptada. 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).

Desde que la estación de La Molina (PC) puso en funcionamiento los primeros cañones de nieve en España en 1985 (López, 1996), hubo un gran incremento de la



potencia instalada en las estaciones de España. Según datos presentados en la Tabla 1 del Capítulo 3, al inicio de la temporada 2014/2015 existían casi 4.800 cañones de innivación, abarcando cerca del 34% de los km esquiables. Este porcentaje podrá aumentar en los próximos años con la realización de proyectos de innivación, desde hace algún tiempo proyectados, en estaciones como Alto Campoo o Manzaneda (CC).⁸ Además, es previsible una mayor apuesta generalizada por la producción de nieve artificial en la eventualidad de una mayor irregularidad y escasez de nieve natural en el futuro.

Sin embargo, es importante considerar que esta medida puede representar costes insostenibles para algunas estaciones. Al mismo tiempo, una de las principales barreras es la dificultad de garantizar su producción en algunas zonas debido a la ausencia de las condiciones necesarias (p.e. temperaturas suficientemente bajas). En las últimas décadas se observaron importantes inversiones en sistemas de innivación que, en algunos casos, rondaron el orden de la decena de millones de Euros.⁹ Algunas de las inversiones son realizadas con el apoyo de fondos públicos, lo que fomenta el debate entre, por un lado, la necesidad de apoyar las estaciones de esquí por su rol en la economía local y, por otro, la idoneidad de aplicar dinero público a este tipo de proyectos en detrimento de otros servicios públicos básicos.¹⁰ El coste elevado de los proyectos de innivación es explicado por la necesidad de varias intervenciones, entre otras, obras de captación de agua, compra y colocación de cañones, y construcción de salas de operaciones (p.e. para el bombeo de agua o centros de transformación de energía) (Consejería de Medio Ambiente, 2011).

La innivación artificial también viene motivada por otros aspectos como la garantía de condiciones para la alta competición deportiva o por motivaciones de orden comercial. Resulta importante “vender” la imagen de una estación con buenos niveles de la cobertura de nieve como forma para atraer más esquiadores en un contexto de competencia elevada con otros destinos de invierno (Steiger y Mayer, 2008). Después de una primera fase de utilización, donde el objetivo era innivar cotas más bajas o vertientes más soleadas con menor disponibilidad de nieve natural, la nieve artificial es actualmente aplicada de forma general en un parte considerable de las zonas de esquí, incluyendo cotas más elevadas y vertientes norte (Saurí y Llurdés, 2010). Además, la utilización de nieve artificial también se puede hacer fuera de la temporada de invierno, lo que permite ofertar más productos y atraer más público. Sin embargo, puede ocurrir que haya zonas innivadas artificialmente al lado de zonas forestales verdes no innivadas, lo que puede defraudar los practicantes (Albert Solà i Martí, comunicación personal, 22 de junio de 2015).

⁸ Información asociada a varias noticias disponibles en www.nevasport.com [09/12/15].

⁹ Idem.

¹⁰ www.nevasport.com/noticias/art/43860/Quieren-parar-a-Manzaneda-su-proyecto-de-innivacion-artificial [09/12/15].



Debido al tipo de intervenciones asociadas a un proyecto de innivación y a los insumos indispensables de agua y de electricidad, la innivación artificial podrá estar asociada a varios costes ecológicos y sociales. Estos pueden incluir: una afectación negativa del balance hídrico; un mayor consumo de energía eléctrica derivada de fuentes de combustible fósiles, incrementando el nivel de emisiones de gases de efecto invernadero; el desvío de recursos hídricos y energéticos que podrían ser destinados a otros fines; el cambio en el uso del suelo natural, potencialmente perjudicial para hábitats y especies de montaña, así como para otras actividades económicas; o la recuperación más lenta de pastizales y matorrales debido al ritmo más lento del derretimiento de la nieve artificial (Clarimont, 2008).

La gran demanda de agua para la innivación artificial y la consecuente afectación de recursos hídricos es uno de los puntos más debatidos. En contrapunto con visiones más críticas sobre el uso elevado de este recurso por parte de las estaciones de esquí,¹¹ existen opiniones que relativizan ese impacto, afirmando que el agua utilizada no contamina y puede reverter de nuevo a la cuenca hídrica (Albert Solà i Martí, comunicación personal, 22 de junio de 2015). Sin embargo, esta situación tiene igualmente que considerar las posibles pérdidas de agua resultantes de la evaporación y de otros factores, por lo que el balance puede resultar negativo.

Aparte de lo expuesto anteriormente, el grado de impacto podrá depender del tipo de abastecimiento del agua, que puede variar entre el uso de recursos hídricos superficiales o subterráneos, el aprovechamiento de la red de agua potable, el acondicionamiento de lagos naturales o ríos, o la construcción de balsas (Clarimont, 2008). En este sentido, podrá ocurrir un impacto relevante en el régimen hidrológico, sobre todo si se trata de la toma directa del agua de los ríos u otras fuentes naturales en periodos de escasez. Igualmente, se podrá dar el caso de que se utilice agua potable en cañones que no necesitan semejante calidad, o impactos visuales asociados a la construcción de balsas reguladoras. Sin embargo, esta última opción surge a menudo mencionada como aquella que representa un menor impacto en el sentido que aprovecha el agua de la lluvia y las escorrentías de verano (Clarimont, 2008; Albert Solà i Martí, comunicación personal, 22 de junio de 2015). Esto permite dotar a las estaciones de esquí una mayor autonomía en relación a la producción de nieve artificial.

Será importante para las estaciones considerar el posible impacto futuro en los recursos hídricos a consecuencia del cambio climático, buscando soluciones innovadoras. Un ejemplo es el aprovechamiento de aguas residuales en Australia a través de sistemas que garantizan su tratamiento y la transformación en nieve.¹²

¹¹ Información derivada de varias noticias disponibles en www.nevasport.com [09/12/15].

¹² www.nevasport.com/noticias/art/10215/Nieve-con-aguas-residuales-en-Australia [09/12/15].

Innovación tecnológica

Existen otras medidas de adaptación que pueden estar asociadas a la producción de nieve artificial. Un ejemplo es la promoción de la innovación tecnológica para asegurar mejores rendimientos de los cañones de nieve. Este tipo de mejoras puede asegurar, entre otros aspectos, la posibilidad de innivar a temperaturas más elevadas, o con un menor consumo de energía y de agua. En las últimas décadas ha habido una gran evolución en la tecnología de innivación. En los años 90 del siglo pasado, los cañones podían innivar a -4°C , mientras que en los últimos años ya consiguen innivar a $-1,5^{\circ}\text{C}$ o incluso a temperaturas más elevadas (Eduardo Valenzuela, comunicación personal, 23 de abril de 2015). Otros avances tecnológicos incluyen, por ejemplo, la reducción del consumo de electricidad por m^3 de nieve producida y la capacidad de automatización de los cañones, aprovechando los momentos de temperatura más favorables para la producción de nieve artificial (Eduardo Valenzuela, comunicación personal, 23 de abril de 2015).

La innovación tecnológica es entendida por una parte de los actores económicos como una de las mejores soluciones para varios problemas ambientales, mientras que otras opiniones defienden acciones de orden estructural (p.e. cambios culturales en los patrones de consumo). La contribución de la nieve artificial a asegurar la apertura de las pistas y a evitar mayores pérdidas económicas es un hecho incuestionable.¹³ Sin embargo, el riesgo de este enfoque es la posibilidad de privilegiar un planteamiento más de corto plazo del sector y no considerar, por ejemplo, la eventual imposibilidad de poder producir nieve artificial a temperaturas más elevadas o el elevado consumo de recursos que implicar mayores costes socio-económicos y ambientales.

Protección y conservación de los recursos nivales

Para asegurar la calidad y mayor durabilidad de la cobertura de nieve (natural y artificial) es importante el uso de técnicas de preparación y conservación de la nieve. Algunas acciones pueden incluir: la mejora de la protección ante vientos laterales; operaciones de drenaje de aguas de ladera para retrasar el deterioro de la nieve,¹⁴ la modificación de la inclinación de las pistas para minorar el efecto de la radiación solar (Civit, 2014); la protección frente a avalanchas; la protección o almacenamiento de nieve en períodos no esquiables;¹⁵ la reducción de número de esquiadores por hora en zonas de esquí, permitiendo un mejor aprovechamiento de la cobertura de nieve, y asegurar una capacidad de carga más sostenible; o la

¹³ Información derivada de varias noticias disponibles en www.nevasport.com [09/12/15].

¹⁴ www.nevasport.com/noticias/art/10115/Valgrande-Pajares-Mas-nieve-y-nuevo-telesilla-de-cuatro-plazas [09/12/15]

¹⁵ El sitio web www.nevasport.com hace referencia al proyecto de almacenamiento de 450.000 m^3 de nieve en Rusia con el objetivo de preparar los Juegos Olímpicos de Invierno de Sochi, 2014: www.nevasport.com/noticias/art/38951/Rusia-comienza-a-almacenar-450000-m3-de-nieve [09/12/15].

contratación de servicios externos de monitoreo y rentabilización de la innivación artificial.¹⁶

Monitoreo meteorológico y climático

Resulta importante realizar un monitoreo regular de variables meteorológicas y climáticas, así como desarrollar proyecciones climáticas al nivel de las zonas montañosas de estudio para mejorar el conocimiento sobre posibles efectos y poder diseñar medidas de adaptación más eficaces.

No obstante, hay una elevada incertidumbre y complejidad en relación a las proyecciones climáticas en zonas de alta montaña, donde los modelos climáticos tienen que integrar posibles cambios en variables como la temperatura y la precipitación. La incertidumbre sobre los efectos del cambio climático, la falta de información, y una visión que privilegia el corto plazo, puede llevar al tipo de estrategia que comentan Dubois y Ceron (2006) de “esperar y ver”.

La incertidumbre podrá ser incorporada de la siguiente forma: para aspectos con mayor probabilidad de ocurrir, la respuesta podrá estar basada en “no regret actions” (“acciones de no arrepentimiento”); y para aspectos asociados con una mayor incerteza, la respuesta puede estar basada en el aumento de protección (acción) o en inacción. La combinación de los dos tipos de acciones se puede caracterizar como “flexible options based planning” (“planificación basada en opciones flexibles”) (Anil Markandya, comunicación personal, 4 de marzo de 2015). Por otro lado, la elaboración de planes de adaptación podrá ser realizada a través de la definición de varios escenarios, identificando aquellos más viables de acontecer (Marc Pons, comunicación personal, 9 de marzo de 2015). Sin embargo, existen pocos estudios centrados en el posible impacto socio-económico y ambiental de las medidas de adaptación (Marc Pons, comunicación personal, 9 de marzo de 2015; Gabriel Borràs Calvo, comunicación personal, 16 de abril de 2015), lo que puede dificultar la definición de estrategias. En ese sentido, resulta importante promover una estrecha cooperación entre las estaciones de esquí, administraciones locales y estatales, y centros de investigación.

Diversificación de productos de nieve

La oferta de más actividades recreativas de nieve puede ayudar a mantener la apuesta por el turismo de invierno. En la actualidad se ofertan distintas actividades en las estaciones españolas, incluyendo parques de nieve temáticos, toboganes de nieve, pista de hielo, montaña-rusa, trineos, etc. Las estaciones intentan diferenciarse en la oferta de productos de nieve, con el objetivo de obtener una respuesta positiva al nivel de la demanda y abarcar un grupo más diversificado de clientes potenciales. A título de ejemplo, en la estación de Sierra Nevada (SP), el parque de nieve llegó a superar el número de pases vendidos al

¹⁶ www.nevasport.com/noticias/art/21074/Espot-Esqui-contrata-un-servicio-para-rentabilizar-la-innivacion-artificial [09/12/15].



día en la pista principal (Eduardo Valenzuela, comunicación personal, 23 de abril de 2015).

Ampliación de horarios de las actividades recreativas de nieve

Esta medida podría permitir aprovechar al máximo los días con nieve. Uno de los ejemplos es la estación de Sierra Nevada (SP), pionera en la práctica de actividades de invierno con luz artificial.¹⁷ Esta medida puede ayudar a reducir las pérdidas que pueden derivarse de la reducción del número días con nieve en cada temporada. La aplicación de productos nocturnos tendrá, sin embargo, que considerar algunas barreras, por ejemplo la posibilidad de condiciones meteorológicas más adversas o la ocurrencia de accidentes (Albert Solà i Martí, comunicación personal, 22 de junio de 2015).

Ampliación del área esquiable

Algunas estaciones pueden tener la posibilidad de ampliar el área esquiable en zonas selectivas donde haya una mayor disponibilidad de nieve natural o facilidad de innivación (Llebot *et al.*, 2005). Sin embargo, es importante analizar la viabilidad ambiental y el impacto social y económico asociado a esta medida. Algunos aspectos a considerar incluyen: la posible competencia de las actividades recreativas de nieve con otros usos del suelo; el impacto de la construcción en áreas protegidas; la reducción de la calidad paisajística (Llebot, 2010); o el incremento del consumo de recursos (p.e. hídricos y energéticos). Además, este tipo de medidas puede tener como limitaciones la necesidad de grandes inversiones, así como la no disponibilidad de terrenos en cotas más elevadas, u otras de tipo orográfico (Llebot, 2010).

Medidas de carácter asistencial y soluciones de gestión

Por otro lado, podrán surgir algunas medidas de carácter asistencial con el objetivo de reducir pérdidas del sector asociadas a la menor disponibilidad de nieve y número de esquiadores. Algunos ejemplos incluyen la otorgación de subvenciones, desgravaciones fiscales o la realización de seguros (Llebot *et al.*, 2005). Algunas estaciones ya obtuvieron subvenciones para renovar los sistemas de innivación,¹⁸ o ya solicitaron ayuda estatal en años de poca nieve resaltando la importancia de las mismas para las economías locales.¹⁹

Debido a la dificultad de cubrir los costes de operación, varias estaciones de España fueron intervenidas en el pasado y son ahora gestionadas por entidades públicas (p.e. Port Ainé o Espot Esquí, en el Pirineo Catalán). En el futuro, y en la eventualidad de nuevas dificultades de orden económico, otras estaciones podrán

¹⁷ <http://sierranevada.es/media/2579/dossier-de-prensa-2014-2015.pdf> [09/12/15].

¹⁸ http://premsa.gencat.cat/pres_fsvp/docs/2010/11/02/16/53/3d19d69e-c362-4c9f-aa15-a83557582e21.pdf [09/12/15].

¹⁹ www.nevasport.com/noticias/art/21393/El-sector-de-la-nieve-solicita-ayudas-para-salvar-la-temporada [09/12/15].



tratar de seguir este camino o tener que encontrar otras soluciones de gestión. Este debate produce opiniones diversas donde, por un lado, se critica el uso de recursos públicos en la gestión de estaciones de esquí y, por otro, se subraya que determinadas estaciones son motores de dinamización demográfica y económica.

Otra opción de gestión implementada es la agrupación de estaciones de esquí con el objeto de compartir recursos, equilibrar cuentas y reducir el riesgo, beneficiándose de las particularidades de cada zona (Marc Pons, comunicación personal, 9 de marzo de 2015). Un ejemplo es el grupo ARAMON, un *holding* que gestiona varias estaciones de esquí en España.

Reconversión a estaciones de montaña

Muchas estaciones aumentaron la oferta de actividades recreativas y de ocio alternativas a la nieve, siguiendo una lógica de reconversión a estaciones de montaña. Esto permite mantener las estaciones abiertas durante más periodos del año, reduciendo la dependencia de las actividades de nieve y captando la atención de otro tipo de público. Algunos ejemplos de actividades complementarias incluyen parques temáticos, tours en bicicleta, senderismo, escalada, spa, espectáculos culturales, etc. Según ATUDEM (2014), el 70% de las estaciones de esquí de España están abiertas en verano. Estaciones como Vall de Núria (Pirineo Catalán) dependen en gran medida de actividades alternativas al producto de la nieve. Se estima que en los últimos años hay una relación aproximada de un esquiador por cada siete visitantes en esta estación (Albert Solà i Martí, comunicación personal, 22 de junio de 2015).

Las estaciones son diferentes en relación al contexto natural y cultural donde están ubicadas. A título de ejemplo, algunas estaciones presentan ventajas comparativas al estar ubicadas en parques naturales, que ya representan un factor de atracción para actividades recreativas de varios tipos. De esa manera, la apuesta por un conjunto diversificado de actividades tendrá que considerar el contexto de competencia asociado no solo a las estaciones de esquí sino también a otras zonas recreativas de montaña.

Estrategias de marketing

Las medidas de adaptación tendrán que acompañar la dinámica del sector en relación a aspectos como la competencia entre estaciones y el comportamiento de los visitantes en relación a posibles cambios del producto de nieve. El incremento de los costes de las estaciones con la aplicación de medidas de adaptación podrá originar una subida de los precios de las actividades recreativas, repercutiendo negativamente en la demanda. Nuevas estrategias comerciales tendrán que ser desarrolladas.

Replanteamiento del modelo económico local

Algunas estaciones podrán tener que replantear su modelo de actuación en el caso de que sean afectadas por escenarios climáticos más severos. Esto puede llegar a implicar la redefinición del modelo económico de la zona donde se inserta la estación. En la eventualidad de no poder garantizar la disponibilidad de nieve (natural o artificial) y de no ser competitivas al nivel de otras actividades recreativas, algunas estaciones y zonas de montaña pueden tener que repensar el modelo económico a través del fortalecimiento de otras actividades económicas (p.e. agricultura, pastoreo, silvicultura, restauración de prácticas tradicionales, turismo natural).

Las estaciones de nieve están ubicadas en zonas montañosas que pueden presentar dificultades a nivel demográfico, sea por procesos de despoblación, baja natalidad o envejecimiento de la población. Algunas zonas podrán no disponer de muchas alternativas y por eso es importante intentar garantizar el equilibrio territorial bajo diferentes escenarios de cambio climático (Albert Solà i Martí, comunicación personal, 22 de junio de 2015) y reflexionar sobre posibles acciones locales para la fijación de población en el medio rural (Gabriel Borràs Calvo, comunicación personal, 16 de abril de 2015). Además, un posible cambio de modelo tendrá que considerar el capital invertido, así como el capital físico existente (p.e. telecabinas) en las estaciones de esquí para poder ser aprovechado para otros fines.

4.2. Aplicación de medidas de adaptación según niveles de vulnerabilidad de las estaciones

Del conjunto de medidas presentadas anteriormente, es posible distinguir cuáles podrán ser aplicadas según distintos niveles de vulnerabilidad. Como indican Pons *et al.* (2014), en un estudio sobre el impacto del cambio climático sobre el turismo de nieve en los Pirineos, la principal consecuencia del cambio climático no será una disminución significativa del turismo de nieve sino su redistribución desde las estaciones más vulnerables hacia aquellas estaciones más resilientes, teniendo en cuenta no solo la variabilidad física y climática de cada una de las estaciones, sino también la influencia de otros factores socioeconómicos como la oferta turística complementaria o la accesibilidad. Este mismo estudio elabora una clasificación de las estaciones de esquí en función de su vulnerabilidad a los efectos del cambio climático, lo que a grandes rasgos permite establecer las medidas de adaptación más adecuadas para cada categoría. Concretamente, establece tres grupos diferenciados:

1. Estaciones de esquí de vulnerabilidad baja (resilientes):

Este grupo está caracterizado por estaciones con unas características geográficas privilegiadas (mayor altitud, mayor influencia de clima atlántico

y/o orientaciones predominantes de norte) y un mayor factor de atractivo turístico. A pesar de sufrir una reducción de la temporada de esquí, la capacidad de abrir durante más días que sus competidores y su mayor y más diversa oferta turística les proporcionan una ventaja estratégica que les permite, tanto en un escenario de cambio climático moderado como en uno más severo, atraer a aquellos esquiadores de las estaciones de esquí cercanas más vulnerables.

Probablemente podrán continuar su actividad aplicando medidas de adaptación técnicas como la nieve de producción o la preparación de pistas. Sin embargo, debido a la capacidad de atraer nuevos esquiadores, seguramente deberán aplicar medidas para reducir y controlar el impacto sobre el entorno como consecuencia del incremento de actividad y del uso más intensivo de recursos que requerirán las medidas tecnológicas de adaptación, como puede ser el mayor uso de cañones de nieve, que tienen repercusiones sobre los recursos energéticos y hídricos.

2. Estaciones de esquí de vulnerabilidad media:

Bajo un escenario de cambio climático medio este grupo de estaciones es capaz de incrementar la frecuentación de esquiadores en su dominio, en gran medida gracias a la nieve de producción. Sin embargo, bajo un escenario de cambio climático más severo, la mayoría de estas estaciones sufrirían un descenso de la frecuentación, principalmente debido a la pérdida de días con las condiciones mínimas de temperatura para producir nieve artificial, lo que reduciría la duración de la temporada.

Las medidas de adaptación de este grupo podrán basarse a medio plazo en medidas de adaptación técnicas, pero con una planificación futura basada en cambios más estructurales de su oferta turística, como una mayor diversificación y desestacionalización de sus actividades.

3. Estaciones de esquí de vulnerabilidad alta:

Estas estaciones están caracterizadas por tener un bajo nivel de atractivo turístico y unas condiciones geográficas y climáticas menos favorables (estaciones a cotas más bajas, con una mayor influencia mediterránea y/o con orientaciones predominantes hacia el sur, etc.).

La principal medida de adaptación en estas estaciones y en sus zonas de influencia sería reconsiderar el turismo de nieve como su actividad principal y reorientarlo, en un marco de turismo sostenible, hacia otras actividades que no dependan tanto de la nieve y estén más orientadas al turismo de montaña estival, como por ejemplo el ciclismo de montaña, el turismo rural o el senderismo.



En base a la clasificación anterior se elabora a continuación una clasificación de las estaciones de esquí alpino de España según posibles señales de vulnerabilidad asociados a aspectos como la altitud, las condiciones actuales de cobertura nival y el nivel de atracción turístico. Para esta última categoría se consideraron como indicadores la proximidad de las estaciones a parques nacionales, espacios ZEPA (Zonas de Especial Protección para las Aves) y a Lugares de Importancia Comunitaria (LIC), con el objetivo de intentar representar el potencial atractivo de otras actividades de naturaleza (p.e. observación de aves o senderismo). Conjuntamente, se utilizó información sobre el número de plazas hoteleras en la zona de influencia y el número de viajeros entrados en la respectiva provincia, lo que pretende complementar la información sobre oferta y demanda turística.

La Tabla 4 identifica los criterios de clasificación de las estaciones según niveles de vulnerabilidad baja, media y elevada. El criterio definido para el primer indicador está basado en los valores medios de espesor máximo mensual registrados en las estaciones durante el periodo comprendido entre 2009/2010 y 2014/2015, y están asociados a la Figura 3. Para el indicador de altitud, los distintos niveles de vulnerabilidad fueron elaborados en función de una línea de viabilidad de 2.000 metros. Sobre la proximidad a espacios naturales, se crearon distintos rangos de proximidad de las estaciones a los varios espacios. En el caso de los parques nacionales se establecieron rangos más amplios en comparación con los espacios ZEPA y LIC, siendo esta decisión soportada por el hecho de que la presencia de espacios ZEPA y LIC es bastante más frecuente en el territorio analizado. Para una mejor visualización, las tres categorías de espacios naturales están representadas en las figuras 10, 11 y 12. Respecto del número de plazas hoteleras en la zona de influencia, se utilizaron los datos de la Tabla 1. Por último, se analizaron los datos de viajeros entrados en las provincias asociadas a todas las estaciones, estableciéndose distintos rangos de viajeros para los tres niveles de vulnerabilidad.²⁰

²⁰ El número de viajeros entrados en las provincias de las estaciones de esquí se presenta a continuación por orden decreciente: Puerto de Navacerrada (10.283.425); Valdesquí (ídem); Masella (3.231.098); Vall de Núria (ídem); La Molina (ídem); Sierra Nevada (2.525.956); Fuentes de Invierno (1.493.707); Valgrande-Pajares (ídem); Alto Campoo (1.493.707); Sierra de Béjar (863.486); Lunada (769.789); Esport Esquí (733.222); Port del Comte (ídem); Tavascán (ídem); Boí Taüll (ídem); Baqueira Beret (ídem); Leitariegos (716.152); San Isidro (ídem); Panticosa (686.718); Formigal (ídem); Cerler (ídem); Candanchú (ídem); Astún (ídem); Valdezacaray (539.092); La Pinilla (385.287); Javalambre (350.033); Valdelinares (ídem); Manzaneda (262.772); Punto de Nieve de Santa Inés (190.879). Fuente: Encuesta de ocupación hotelera 2014, INE.es.

Tabla 4. Criterios para la clasificación de niveles de vulnerabilidad de las estaciones de esquí alpino

Indicadores	Baja	Media	Elevada
Espesor máximo de nieve	173 - 258 cm	87 - 172 cm	0 - 86 cm
Altitud ²	Cota mínima por encima de los 2.000 m	El resto de las estaciones	Cota máxima por debajo de los 2.000 m
Proximidad a parques nacionales	< 10 km	10 - 20 km	> 20 km
Proximidad a espacios ZEPA	< 5 km	5 - 10 km	> 10 km
Proximidad a espacios LIC	< 5 km	5 - 10 km	> 10 km
Número de plazas hoteleras en la zona de influencia	> 6.000	3.000 - 6.000	< 3.000
Número de viajeros entrados en la provincia	> 1 millón	0,5 - 1 millón	< 0,5 millones

Fuente: Elaboración propia.

Figura 10. Mapa de las estaciones de esquí alpino y de los parques nacionales



Fuente: Elaboración propia según datos de <http://www.redeuoparc.org/descargasmapas.jsp> [14/12/15].

Figura 11. Mapa de las estaciones de esquí alpino y de los espacios ZEPA



Fuente: Elaboración propia según datos de http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/rednatura_2000_zepa_descargas.aspx [14/12/15].

Figura 12. Mapa de las estaciones de esquí alpino y de los espacios LIC



Fuente: Elaboración propia según datos de http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/rednatura_2000_zepa_descargas.aspx [14/12/15].

La Tabla 5 presenta la clasificación de los niveles de vulnerabilidad para las estaciones de esquí. Se puede observar mayores señales de vulnerabilidad para estaciones de las zonas montañosas de la Cordillera Cantábrica y el Sistema Ibérico. Al contrario, el Sistema Penibético, compuesto únicamente por la estación

de Sierra Nevada, registró niveles de vulnerabilidad baja en todas las categorías analizadas. Todas las estaciones se encuentran a menos de 5 km de espacios LIC, relevando, por ese motivo, un nivel bajo para este indicador. Los indicadores referentes a la proximidad a parques naturales y al número de plazas hoteleras en el área de influencia fueron aquellos en que estaciones presentaron niveles de vulnerabilidad más elevados.

Tabla 5. Análisis de vulnerabilidad de las estaciones de esquí alpino

Sistema montañoso	Estación	Espesor máximo de nieve ¹	Líneas de viabilidad según altitud ²	Proximidad de parques naturales ³	Proximidad de los espacios ZEPA ⁴	Proximidad de los LIC ⁴	Nº Plazas hoteleras en el área de influencia ⁵	Viajeros entrados por provincia ⁶
PC	Baqueira Beret	Verde	Amarillo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	Boí Taüll	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	Espot Esquí	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	La Molina	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	Masella	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	Port Ainé	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	Port del Comte	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	Tavascán-Pleta del Prat	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	Vall de Núria	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	Vallter 2000	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
PA	Astún	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	Candanchú	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	Cerler	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	Formigal	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	Panticosa	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
CC	Alto Campoo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	Fuentes de invierno	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	Leitariegos	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	Lunada	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	Manzaneda	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	San Isidro	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
SI	Valgrande-Pajares	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	Javalambre	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	Punto de Nieve	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	Santa Inés	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	Valdelinares	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
SC	Valdezaray	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	La Pinilla	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	Puerto Navacerrada	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	Sierra de Béjar	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
SP	Valdesquí	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	Sierra Nevada	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde

Fuente: Elaboración propia a partir de: ¹ Infonieve.es; ² Abegg et al. (2007); ³ <http://www.redeuroparc.org/descargasmapas.jsp> [14/12/15]; ⁴ http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/rednatura_2000_zeпа_descargas.aspx [14/12/15]; ⁵ ATUDEM (2014); ⁶ Encuesta de ocupación hotelera 2014, Ine.es [14/12/15].

Leyenda: Las celdas señaladas a verde, amarillo y rojo indican niveles de vulnerabilidad bajo, medio y elevado, respectivamente.

Nota: ND: "No disponible".

4.3. Tipologías de medidas de adaptación según el IPCC

Como indica IPCC (2014b), existen varios enfoques para la gestión de riesgos del cambio climático que se solapan, en concreto, la reducción de la vulnerabilidad y

la exposición, la adaptación, y la transformación. Dentro de estos enfoques existen varias categorías presentadas a continuación:

- **Desarrollo humano**, incluyendo aspectos como mejor acceso a educación, nutrición e igualdad de género.
- **Alivio de la pobreza**, donde se apunta la necesidad de reforzar las redes de seguridad y protección social, el mejor acceso a recursos locales, etc.
- **Seguridad de los medios de subsistencia**, integrando diversos objetivos como la diversificación de los ingresos o el acceso a la tecnología.
- **Gestión de riesgos de desastre**, en lo que se refiere al desarrollo de sistemas de alerta temprana y el mapeo de peligros y vulnerabilidades, etc.
- **Gestión de ecosistemas**, a partir de, por ejemplo, la reducción de intensidad de otros factores de estrés sobre los ecosistemas.
- **Planificación espacial o uso del suelo**, incluyendo planificación urbanística, suministro de vivienda y servicios adecuados, etc.
- **Estructural/física**, donde hay la división en las sub-categorías de “opciones de ambientes ingenierizados y construidos” (p.e. gestión de tormentas y aguas residuales), “opciones tecnológicas” (p.e. tecnologías de ahorro de agua), “opciones ecosistémicas” (p.e. restauración ecológica) y “servicios” (p.e. saneamiento).
- **Institucional**, dividido en las sub-categorías “opciones económicas” (p.e. incentivos financieros, seguros), “leyes y reglamentos” (p.e. legislación sobre división territorial) y “políticas y programas nacionales y gubernamentales” (p.e. planes de adaptación nacionales).
- **Social**, integrando las sub-categorías de “opciones educativas” (p.e. intercambio de conocimientos), “opciones de información” (p.e. vigilancia y teledetección sistemáticas) y “opciones de comportamiento” (p.e. diversificación de los medios de subsistencia).
- **Esferas de cambio**, abarcando las sub-categorías de “práctica” (p.e. innovaciones sociales y tecnológicas), “política” (p.e. decisiones de carácter político, social, cultural y ecológico) y “personal” (p.e. creencias, valores y visiones del mundo individuales y colectivos).

A continuación se realizó una clasificación de las medidas de adaptación posibles en el sector de turismo de nieve según algunas de las categorías o sub-categorías anteriores. En concreto se utilizaron las siguientes categorías: opciones de ambientes ingenierizados y construidos, opciones tecnológicas, opciones económicas, opciones de información y opciones de comportamiento. La Tabla 6 ilustra los resultados de la clasificación realizada.

Tabla 6. Clasificación de medidas de adaptación según tipologías definidas por el IPCC

Medida de adaptación	Opciones de ambientes ingenierizados y construidos	Opciones tecnológicas	Opciones económicas	Opciones de información	Opciones de comportamiento	
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 ³ de nieve producida	-	✓	-	-	
	Menor insumo de energía eléctrica por m ³ 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 esquiable	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	-	-	✓	-	-
Reconversión a estaciones de montaña	Gestión integrada de carácter privado o público	-	-	✓	-	-
	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 según el rol de tipologías de medidas de adaptación definidas en IPCC (2014b).

Legenda: El símbolo “✓” indica la clasificación de la medida de adaptación según las categorías indicadas en la tabla.

4.4. Identificación de los costes y beneficios de las diferentes medidas

La Tabla 7 presenta una síntesis cualitativa de los costes y beneficios asociados a las medidas de adaptación. Este análisis se basa en la información presentada en los apartados anteriores del presente capítulo.

Tabla 7. Costes y beneficios socio-económicos y ambientales de las medidas de adaptación

Medida de adaptación		Costes (-) y beneficios (+) socio-económicos y ambientales	Magnitud de costes económicos (+++ alta); (++ media), (+ baja)
Producción de nieve artificial	Red de cañones de innivación	(-) Impacto sobre el balance hídrico (-) Aumento de emisiones de CO ₂ . (-) Impacto sobre suelos naturales	+++
	Red de suministro de agua	(-) Impacto sobre fauna y flora (-) Impacto sobre el paisaje (-) Costes de oportunidad asociados al desvío de recursos económicos de otros usos	
	Insumo de energía eléctrica	(-) Posibilidad de no retorno económico (-) Aumento de residuos producidos con las obras de innivación	
Innovación tecnológica	Menor insumo de agua por m ³ de nieve producida	(+) Aportar beneficios recreativos y económicos (+) Utilización de los cañones para apagar incendios en zonas forestales (+) Utilización de balsas reguladoras para otros fines recreativos	++
	Menor insumo de energía eléctrica por m ³ de nieve producida	(-) Costes de oportunidad asociados al desvío de recursos económicos de otros usos (-) Obsolescencia de tecnología, con posibles costes ambientales (p.e. residuos) (-) Consumo de recursos materiales y de energía para la producción de tecnología	
	Posibilidad de innivar a temperaturas más elevadas	(+) Reducción del nivel de emisiones de CO ₂ (+) Menor presión hídrica	
Protección y conservación de los recursos nivales	Protección de vientos laterales	(+) Garantizar ingresos económicos (+) Capacidad de carga más sostenible (+) Aumentar la seguridad de las pistas y de los practicantes	++
	Operaciones de drenaje de aguas de ladera		
	Modificación de la inclinación de las pistas		
Monitoreo meteorológico y climático	Protección de avalanchas	(+) Ahorrar costes con la aplicación de medidas de adaptación más eficaces	+
	Reducción del número de esquiadores por hora		
Diversificación de productos de nieve	Contratación de servicios para rentabilizar la cobertura de nieve	(-) Mayor insumo de recursos materiales, hídricos y energéticos (-) Impacto sobre el paisaje (-) Impacto sobre fauna y flora (-) Competencia con otros usos del suelo	++/+++
	Protección de la cobertura de nieve	(+) Reducir la presión ambiental de otras actividades (+) Reducir la dependencia económica de otras actividades	
Ampliación de horarios de actividad de esquí	Análisis regular de variables meteorológicas y climáticas y proyecciones climáticas	(-) Mayor insumo de recursos energéticos (-) Contaminación sonora y visual con posible afectación negativa sobre especies nocturnas	+ / ++

Medida de adaptación		Costes (-) y beneficios (+) socio-económicos y ambientales	Magnitud de costes económicos (+++ alta); (++ media), (+ baja)
		(-) Seguridad	
		(+) Distribución de la capacidad de carga (+) Aportar beneficios recreativos y económicos	
Ampliación del área esquiable	Expandir el área de las estaciones a zonas de mayor altitud o a vertientes montañosas con menor escasez de nieve natural	(-) Mayor insumo de recursos hídricos y energéticos (-) Competencia con otros usos del suelo (-) Aumento de residuos originados con las obras de ampliación (-) Emisiones de polvo, ruido y contaminantes por combustión de gasóleo asociado a la actividad de la maquinaria (-) Impacto sobre suelos naturales (-) Impacto sobre fauna y flora (-) Impacto sobre el paisaje	+++
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	(+) Aportar beneficios recreativos y económicos (-) Costes de oportunidad asociado al desvío de recursos económicos de otros usos (-) Discriminación fiscal positiva (+) Aportar beneficios económicos y favorecer actividades recreativas	+++
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	(-) Mayor insumo de recursos materiales, hídricos y energéticos a consecuencia de posibles obras de reconversión (-) Aumento de residuos producidos con las obras de reconversión (+) Aportar beneficios recreativos y económicos (+) Garantizar la viabilidad económica local (+) Ajustar las actividades recreativas al medio natural con un menor impacto ambiental (+) Ajustar la oferta recreativa a los escenarios climáticos	++/+++
Replanteamiento del modelo económico local	Apuesta por otros sectores económicos de montaña en las zonas de las estaciones de esquí	(-) Pérdida y degradación de capital físico (-) Degradación del suelo (-) Mayor insumo de recursos materiales, hídricos y energéticos a corto plazo a consecuencia de posibles obras de reestructuración (-) Aumento de residuos producidos por las obras de reestructuración (+) Apuesta por sectores más adaptados a los escenarios climáticos y a las aptitudes de la zona (+) Contribuir a la viabilidad económica y demográfica local	+++
Estrategias de marketing	Desarrollar nuevas estrategias comerciales para atraer clientes en un contexto de cambio climático y elevada competencia entre estaciones	(-) Mayor insumo de recursos materiales, energéticos y residuos a consecuencia de estrategias publicitarias (+) Soportar beneficios recreativos y económicos	+//++

Fuente: Elaboración propia.



5. Valoración monetaria de los costes y beneficios de las medidas

El primer apartado de esta sección realiza un análisis de costes y beneficios asociados al incremento de la necesidad de innivación artificial. El segundo apartado realiza el mismo tipo de análisis aplicado a la implementación de la ampliación horaria de las estaciones de esquí y de la promoción de esquí nocturno. Ambas medidas de adaptación son analizadas en el contexto de varios escenarios climáticos.

5.1. Producción de nieve artificial

Este análisis consta de dos partes. Primero se establece un escenario de referencia (*baseline scenario*), donde se pretende realizar una aproximación a la necesidad de nieve artificial actual en las estaciones de esquí de España, así como hacer una comparación entre los costes de innivación y los ingresos derivados de la venta de *forfaits*. Este análisis permitirá distinguir qué estaciones dependen más de la innivación en términos de costes absolutos y relativos. 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*. Los escenarios consideran distintos niveles de reducción del espesor máximo mensual de nieve y su implicación en la mayor necesidad de innivación.

5.1.1. Escenario de referencia

El escenario de referencia refleja la situación actual de las estaciones de esquí de España en relación a aspectos como el nivel de espesor máximo mensual de nieve y las cantidades de nieve artificial necesarias. El análisis abarcó las temporadas de esquí de 2009/2010 a 2014/2015, considerando que estas suelen estar comprendidas entre los meses de noviembre/diciembre y abril/mayo. En relación a fuentes de datos, Infonieve.es facilitó información sobre los niveles de espesor

máximos de las estaciones de esquí para varios días y temporadas. Además, el grupo de Turismo y Montaña de los Ferrocarriles de la Generalitat de Catalunya prestó información sobre la cantidad y costes asociados a la producción de nieve para la estación de La Molina (PC). Varios datos derivados de esta estación (p.e. costes por m³ de nieve artificial producida; cantidades de nieve producidas distintas temporadas) serán aplicados a lo largo del análisis.

a) Evolución de los niveles máximos de espesor de nieve

Como primer paso se analizó la base de datos de infonieve.es asociada a las siguientes 30 estaciones de esquí.²¹ Las observaciones incluyen los meses de diciembre a abril. Los meses de noviembre y mayo fueron excluidos del análisis por la falta de información para todos los años y estaciones.

La Tabla 8 presenta los resultados de la estadística descriptiva, incluyendo los valores medios, medianos y las variaciones para los niveles de espesor máximo mensual de las estaciones en estudio. Se incluyen los valores medios por temporada calculados para el período comprendido entre las temporadas de 2009/2010 y 2014/2015 así como los valores observados en la temporada de 2014/2015. Para el primer periodo, el espesor máximo medio fue de 128,21 cm, en un rango comprendido entre un mínimo de 0 cm y un máximo 600 cm, que correspondió a Sierra Nevada para marzo de 2011. En el segundo período de análisis, la media de espesor máximo fue 145,8 cm, oscilando entre un mínimo de 22,19 cm y 387,5 cm. La Figura 13 ilustra los valores medios para los dos períodos analizados y para las estaciones estudiadas.

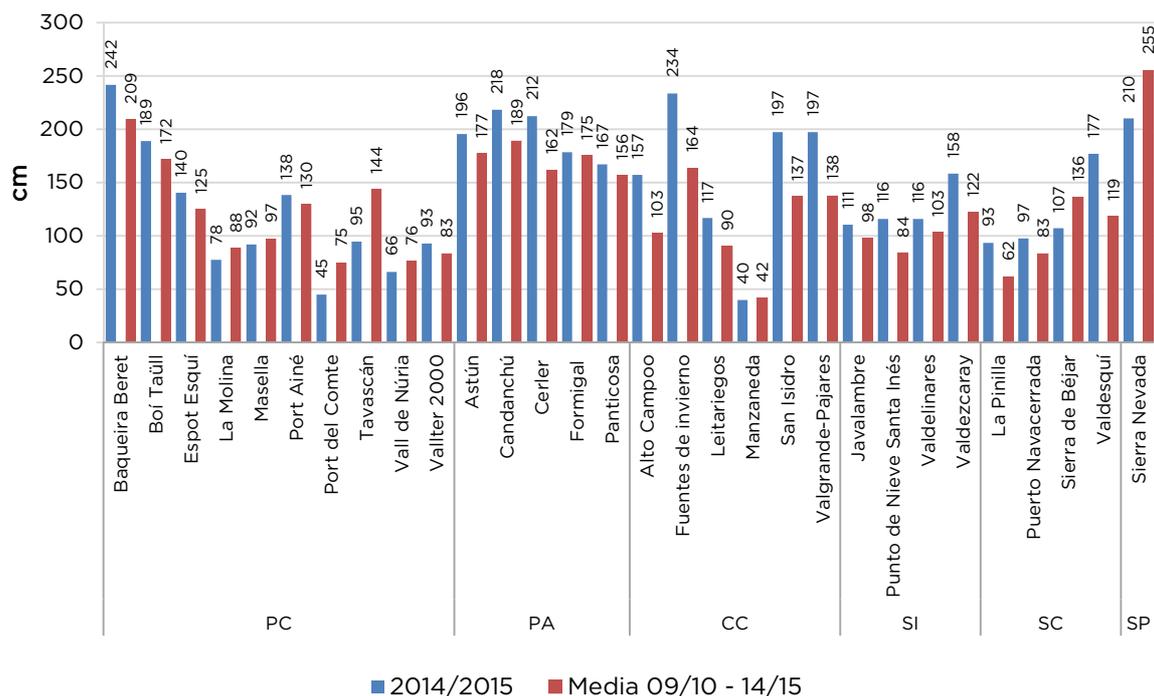
Tabla 8. Estadística descriptiva de los niveles espesor máximo mensual asociado a las estaciones de esquí, 2009/2010-2014/2015, 2014/2015

	Espeor máximo mensual 2009/2010 - 2014/2015	Espeor máximo mensual 2014/2015
Media	128,21	145,80
Mediana	101,46	119,36
Máximo	600,00	387,5
Mínimo	0,00	22,19
Desviación estándar	90,67	93,25
Skewness (oblicuidad)	1,56	0,74
Curtosis	6,11	2,61
Observaciones	900	142

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

²¹ Baqueira Beret, Boí Taüll, Esport Esquí, La Molina, Masella, Port Ainé, Port del Comte, Tavascán, Vall de Nuria y Vallter 2000 (PC); Astún, Candanchú, Cerler, Formigal y Panticosa (PA); Alto Campoo, Fuentes de Invierno, Leitariegos, Manzaneda, San Isidro y Valgrande-Pajares (CC); Javalambre, Punto de Nieve Santa Inés, Valdelinares y Valdezcaray (SI); La Pinilla, Puerto Navacerrada, Sierra de Béjar y Valdesquí (SC); y Sierra Nevada (SP). La estación de Lunada (CC) fue excluida del análisis por haber estado cerrada en la temporada de 2014/2015.

Figura 13. Valores de espesor máximo mensual medio para el periodo entre 2009/2010-2014/2015 y para la temporada de 2014/2015



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

b) Relación entre niveles de espesor de nieve e innivación artificial

En el segundo paso se utilizaron los datos facilitados por el Grupo de Turismo y Montaña de los Ferrocarriles de la Generalitat de Catalunya para la estación de La Molina. Esta información sirvió para estimar una relación entre el nivel de espesor máximo de nieve (cm) e innivación artificial (m^3/m^2 de pistas innivadas) mensuales. A priori se espera encontrar una relación negativa, es decir, menor necesidad de nieve artificial para niveles de espesor máximos más elevados.

La Tabla 9 presenta datos sobre la producción de nieve mensual por temporada, así como su relación con el número de días de temporada, el número de esquiadores y los km y área innivados. El análisis se centró en el periodo abarcado por las temporadas de 2009/2010 a 2014/2015. Para el cálculo de la superficie innivada se tuvo que realizar una aproximación a la anchura de las pistas a través del área esquiable de la estación (171 ha) (Información obtenida a través del Grupo de Turismo y Montaña de los Ferrocarriles de la Generalitat de Catalunya) y de la longitud total de pistas (61 km) (Tabla 1), resultando en una anchura de 28 metros. Aplicando este valor sobre el total de km innivados (28 km), se obtuvo un valor de superficie innivada de 78,4 ha.

Se observa que los valores mínimos de producción de nieve suelen estar normalmente asociados a los meses de octubre y abril, mientras que la mayor producción se suele realizar en noviembre, diciembre y enero. A nivel medio, se

produjeron aproximadamente 669 miles de m³ de nieve por temporada, lo que equivale a 23,88 mil m³/km y 0,85 m³/m² de superficie innivada por temporada.

Tabla 9. Producción de nieve artificial en La Molina, 2009/2010 - 2014/2015

Categoría	09/10	10/11	11/12	12/13	13/14	14/15	Valores medios
Octubre	0	9.411	0	0	0	0	1.568
Noviembre	32.898	194.734	16.769	53.077	137.849	15.303	75.105
Diciembre	132.875	156.439	173.349	176.664	46.636	161.944	141.318
Enero	111.511	38.463	120.805	122.019	76.184	139.189	101.362
Febrero	19.586	16.725	55.718	16.582	17.568	41.954	28.022
Marzo	7.367	11.232	6.191	2.327	0	102	4.536
Abril	0	0	0	0	0	0	0,0
Nieve producida por temporada (m³)	578.050	811.308	708.381	704.271	528.650	681.135	668.632
Días abiertos	131	149	122	131	137	123	132
Km innivados	28	28	28	28	28	28	28
Superficie innivada (ha)	78,4	78,4	78,4	78,4	78,4	78,4	78,4
Nieve producida por día (m³)	4.412,6	5.445,01	5.806,4	5.376,1	3.858,8	5.537,7	5.073
Nieve producida por km innivado (m³)	20.645	28.975	25.299	25.153	18.880	24.326	23.880
Nieve producida por m² innivado (m³)	0,74	1,03	0,90	0,90	0,67	0,87	0,85

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

El análisis de regresión que se presenta a continuación pretende realizar una aproximación a una posible relación causal entre espesores de nieve máximos y necesidades de nieve artificial. 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.

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 fue codificada con el valor 1 para diciembre, 2 (enero), 3 (febrero), 4 (marzo) y 5 (abril). La inclusión de esta variable permite capturar el efecto de cada mes en las necesidades de innivación, en la medida que no solamente el espesor influye en la innivación sino también características posiblemente asociadas con los meses de temporada (p.e. posibilidad de innivar debido a las temperaturas, meses de mayor demanda).

La aplicación de este tipo de análisis econométrico sigue el establecido en Rixen *et al.* (2011), donde se hizo un análisis semejante a través de una regresión simple que relaciona el número de días de nieve con la altitud de varias estaciones de esquí de Suiza.

Los resultados de la regresión entre datos de espesor máximo mensual y de innivación de la estación de La Molina se presentan en la Tabla 10 y en la ecuación presentada en el Cuadro de texto 1. Estos 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 m³ por mes y m² 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.

Tabla 10. Resultados de la regresión sobre necesidades de innivación artificial para la estación de La Molina, 2009/2010-2014/2015

Variable	Coeficiente	Desviación error	t-estadístico	P-valor
B	0,459012	0,035333	12,99113	0,0000
Espesor máximo mensual	-0,001061	0,000386	-2,745343	0,0106
Periodo	-0,076641	0,010672	-7,181646	0,0000

Número de observaciones (30)

R² (0,801520)

R² ajustado (0,786818)

F-estadística (54,51687)

Prob(F-estadística) (0,000000)

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.

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

$$\text{Nieve artificial (m}^3\text{/m}^2\text{)} = 0,4590 - 0,0010 \cdot \text{Espesor máximo mensual (cm)} - 0,0766 \cdot \text{Periodo}$$

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.

c) Estimación de nieve producida por estación y zona de esquí

En este punto se realizó una aproximación a las cantidades de nieve artificial producidas en las estaciones y zonas de esquí de España. Este procedimiento fue realizado 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 estos motivos, los resultados presentados a continuación deben ser leídos como una aproximación a las necesidades de innivación.

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 (CC) y Punto de Nieve de Santa Inés (SI). La estación de Tavascán (PC) fue igualmente excluida del análisis por la falta de información sobre km innivados.

Para este paso se utilizó la ecuación presentada en el Cuadro de texto 1 y los valores de espesores máximos mensuales medios de cada estación para el periodo comprendido entre las temporadas de 2009/2010 y 2014/2015. Se tuvo que estimar la superficie innivada para cada estación para luego poder calcular las

necesidades de nieve artificial. Debido a la falta de datos sobre la anchura de las pistas innivadas para todas estaciones, se estimaron esos valores en base a la información disponible para algunas estaciones. Para las estaciones que no disponen de datos se asignó el valor de anchura de 30 metros, que representa la media de los valores estimados para las estaciones de La Molina (PC), Astún, Formigal y Panticosa (PA) y Sierra de Béjar (SC). Aunque también se estimaron los valores para Baqueira Beret (PC) y Sierra Nevada (SP), respectivamente de 40 y 41,4 metros, estas estaciones son de mayor dimensión y por ese motivo no fueron incluidas en el cálculo de la media de la anchura de pistas. El valor de anchura de las pistas fue multiplicado por la longitud de las pistas innivadas indicada en la Tabla 1. La Tabla 11 presenta la estimación de la superficie innivada (en ha) en las estaciones analizadas.

Tabla 11. Estimación de superficies innivadas de las estaciones de esquí, 2009/2010 a 2014/2015 (ha)

Sistema montañoso	Estación	Anchura de pistas (metros)	Superficie innivada (ha)
PC	Baqueira Beret ¹	40	164
	Boí Taüll	30	60,6
	Espot Esquí	30	45
	La Molina	28	78,4
	Masella	30	123
	Port Ainé	30	34,5
	Port del Comte	30	60
	Vall de Núria	30	19,8
	Vallter 2000	30	27
PA	Astún ²	28,3	34
	Candanchú	30	31,5
	Cerler	30	114
	Formigal ³	34,52	103,6
CC	Panticosa ⁴	30	48
	Leitariegos	30	10,5
	Manzaneda	30	1,8
	San Isidro	30	5,4
SI	Valgrande-Pajares	30	18,9
	Javalambre	30	42
	Valdelinares	30	27
SC	Valdezaray	30	24
	La Pinilla	30	37,2
	Puerto Navacerrada	30	7,71
	Sierra de Béjar ⁵	30,89	8,6
SP	Valdesquí	30	3,6
	Sierra Nevada ⁶	41,4	144,9

Fuentes: Elaboración propia a partir de datos obtenidos a través de: ¹ <http://www.nevasport.com/noticias/art/18645/Baqueira-pide-prioridad-en-el-agua-para-nieve-artificial> [14/12/15], ² <http://www.astun.com/fotosbd/novedades1011.pdf> [14/12/15], ³ Villar y Bellosta (2004), ⁴ <http://www.chebro.es/contenido.streamFichero.do?idBinario=4369> [14/12/15], ⁵ <http://www.sierradebejar-lacovatilla.com/Noticias/abierto-todo-el-dominio-esquiabile-10.html> [14/12/15], ⁶ <http://sierranevada.es/media/2423/novedades-temporada-2014-2015.pdf> [14/12/15].

La Tabla 12 presenta los resultados de la producción estimada media (en m³ totales) por temporada, considerando el periodo entre 2009/2010 y 2014/2015.

Los valores de nieve artificial deben ser interpretados como una aproximación general a las cantidades de nieve artificial necesarias en la actualidad. Como ya se ha indicado anteriormente, el análisis no incluye el mes de noviembre, que es relevante para algunas estaciones, por ejemplo, en términos de la innivación de pistas para la apertura de las temporadas, ni el mes de mayo, claramente menos relevante a nivel de innivación. Aunque, por un lado, la no inclusión del mes de noviembre en el análisis represente la posible estimación de valores más bajos de producción de nieve artificial, por otro lado, puede resultar benéfica al no ser incluido un mes donde la innivación puede estar siendo utilizada como estrategia comercial para abrir las pistas y no como respuesta a la falta de nieve natural debido a factores climáticos.

Tabla 12. Estimación de necesidades de nieve artificial de las estaciones de esquí por temporada en el escenario de referencia, 2009/2010 a 2014/2015

Sistema montañoso	Estación	Nieve artificial (m ³)	Sistema montañoso (Total; %)
PC	Baqueira Beret	657.469	3.531.115 (50,9%)
	Boí Taüll	282.685	
	Esport Esquí	263.880	
	La Molina	538.456	
	Masella	795.708	
	Port Ainé	203.348	
	Port del Comte	448.011	
	Vall de Núria	145.235	
	Vallter 2000	196.323	
PA	Astún	161.976	1.613.003 (23,3%)
	Candanchú	148.815	
	Cerler	556.660	
	Formigal	479.588	
	Panticosa	265.963	
CC	Leitariegos	72.120	222.426 (3,2%)
	Manzaneda	16.580	
	San Isidro	31.516	
SI	Valgrande-Pajares	102.211	582.853(8,4%)
	Javalambre	271.483	
	Valdelinares	166.045	
SC	Valdezcaray	145.325	432.662 (6,2%)
	La Pinilla	306.981	
	Puerto Navacerrada	54.150	
	Sierra de Béjar	47.510	
SP	Valdesquí	24.022	554.486 (7,9%)
	Sierra Nevada	554.486	
Media		266.790	1.156.091
Total		6.936.543	6.936.543

Fuente: Elaboración propia.

d) Relación entre costes y beneficios

El objetivo de este apartado es realizar una comparación entre los costes estimados de producción de nieve artificial y el beneficio directo asociado a la venta de *forfaits*.

Comenzando por los costes, la Tabla 13 presenta cómo se divide el coste de la nieve artificial en relación a categorías como el consumo de energía, mantenimiento, personal, máquinas de pisar la nieve y consumo de agua, para el caso concreto de La Molina. El coste medio observado para las temporadas de 2009/2010 a 2014/2015 fue de 0,83 €/m³. La categoría de coste más relevante es el consumo de energía (55,1% del total), mientras que los demás componentes de coste tienen una importancia parecida. Los costes de inversión asociados al desarrollo de proyectos de innivación (p.e. construcción de balsas, compra de cañones) no están incluidos en este análisis. Además, es importante resaltar que circunstancias locales (temperatura, tecnología, etc.) pueden hacer variar estos valores de una estación a otra.

Tabla 13. Costes unitarios medios de producción de nieve artificial, La Molina, 2009/2010 - 2014/2015

Categoría	€/m ³
Energía	0,46
Mantenimiento	0,09
Personal	0,14
Máquinas de pisar la nieve	0,09
Agua	0,057
Total	0,83

Fuente: Grupo de Turismo y Montaña de los Ferrocarriles de la Generalitat de Catalunya.

A partir de los datos presentados en la Tabla 12 y Tabla 13 es posible estimar el coste total aproximado de la innivación para las diferentes estaciones de esquí (Tabla 14). Los resultados indican que la estación que presentó el valor más elevado fue Masella (~660 miles de Euros), seguido de Baqueira Beret (~546 miles de Euros) y Cerler (~462 miles de Euros). En total, el coste estimado fue de aproximadamente 5,8 millones de Euros.

Tabla 14. Estimación del coste por temporada de la producción de nieve artificial en las estaciones de esquí en el escenario de referencia, 2009/2010 a 2014/2015

Sistema montañoso	Estación	Coste innivación (€)	Sistema montañoso (Total; %)
PC	Baqueira Beret	545.699	2.930.825 (50,9%)
	Boí Taüll	234.629	
	Espot Esquí	219.020	
	La Molina	446.918	
	Masella	660.437	
	Port Ainé	168.779	
	Port del Comte	371.849	
	Vall de Núria	120.545	
	Vallter 2000	162.948	
PA	Astún	134.440	1.338.792 (23,3%)
	Candanchú	123.517	

Sistema montañoso	Estación	Coste innivación (€)	Sistema montañoso (Total; %)
	Cerler	462.028	
	Formigal	398.058	
	Panticosa	220.750	
CC	Leitariegos	59.859	184.614 (3,2%)
	Manzaneda	13.761	
	San Isidro	26.158	
	Valgrande-Pajares	84.835	
SI	Javalambre	225.331	483.768 (8,4%)
	Valdelinares	137.817	
	Valdezcaray	120.619	
SC	La Pinilla	254.794	359.109 (6,2%)
	Puerto Navacerrada	44.944	
	Sierra de Béjar	39.433	
	Valdesquí	19.937	
SP	Sierra Nevada	460.224	460.224 (7,9%)
Media		221.436	959.555
Total		5.757.331	5.757.331

Fuente: Elaboración propia.

En relación a los beneficios directos asociados a la venta de *forfaits*, las estaciones presentan precios variados, por ejemplo, distinguiendo entre época alta y baja, o entre *forfaits* diarios y de temporada. Para este análisis se utilizó el precio de *forfait* diario de temporada alta para la temporada de 2014/2015. La Tabla 15 presenta el precio de este tipo de *forfait* para las estaciones estudiadas, así como el número total de *forfaits* vendidos (incluyendo todas las categorías de *forfaits*) y el número de días de esquí abiertos para cada estación. Esta última información es pertinente, sobre todo, para relativizar los resultados en relación a estaciones que presentaron un año no tan bueno a nivel de días de apertura al público como es el caso de Manzaneda (CC).

Tabla 15. Precio del forfait diario de temporada alta, forfaits vendidos de todas las categorías y días de esquí en la temporada 2014/2015

Sistema montañoso	Estación	Precio forfait temporada alta ¹ (€)	Días de esquí ²	Forfaits vendidos ⁴
	Baqueira Beret	48	128	793.822
	Boí Taüll	39	122	110.680
	Espot Esquí	32	123	6.3211
	La Molina	41	123	265.798
PC	Masella	41	134	380.000
	Port Ainé	32	123	105.296
	Port del Comte	32	112 ³	52.000 ⁵
	Vall de Núria	29	113	45.944
	Vallter 2000	25	125	60.294
	Astún	38	110	197.709
	Candanchú	37	114	190.000
PA	Cerler	40,5	123	246.080
	Formigal	43	121	518.804 ⁶
	Panticosa	37	121	82.359 ⁶

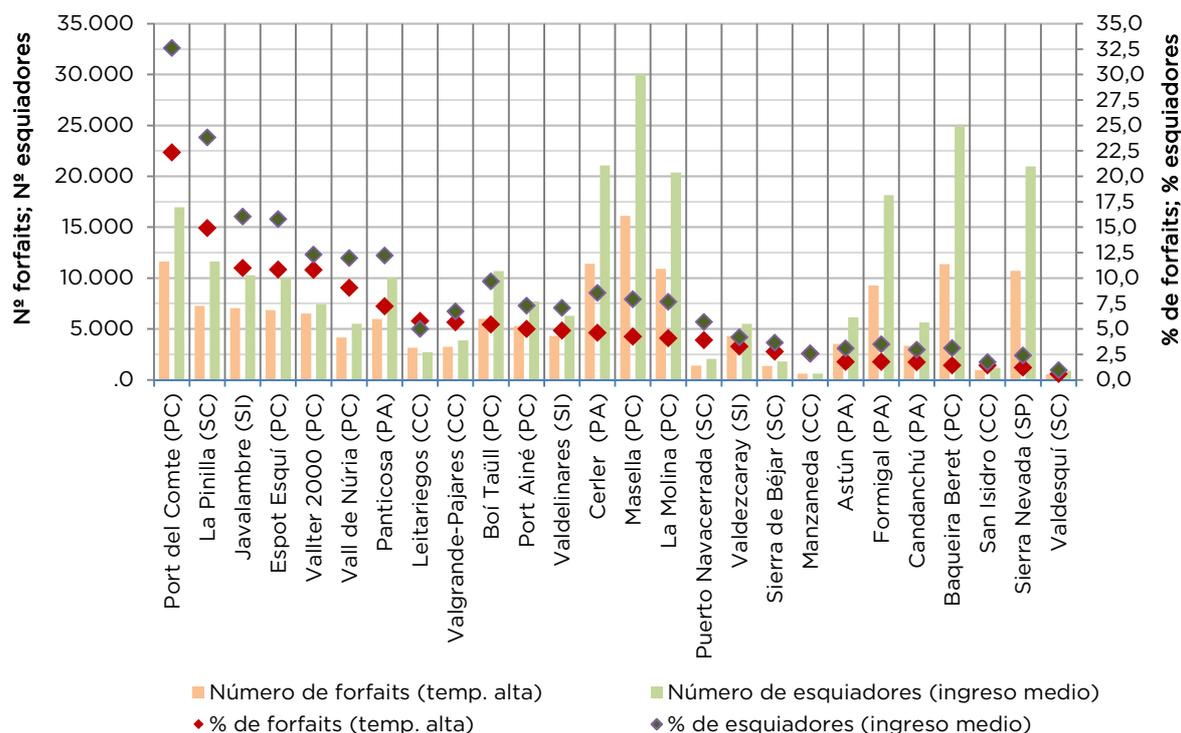
Sistema montañoso	Estación	Precio forfait temporada alta ¹ (€)	Días de esquí ²	Forfaits vendidos ⁴
CC	Leitariegos	19	99	54.405
	Manzaneda	22	44	24.259
	San Isidro	27	118	68.443
	Valgrande-Pajares	26	107	57.450
SI	Javalambre	32	94	64.086 ⁷
	Valdelinares	32	114	88.865 ⁷
	Valdezcaray	28	126	131.467
SC	La Pinilla	35	92	48.762
	Puerto Navacerrada	32	92	35.941
	Sierra de Béjar	29	104	49.000
SP	Valdesquí	37	101	94.715
	Sierra Nevada	43	156	878.889
Media		33,7	113,03	181.088
Total		-	-	4.708.279

Fuentes: ¹ 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]; ² ATUDEM (2015b), con excepción de ³ <http://www.infonieve.es/estacion-esqui/port-del-comte/22/historico-nieve/> [14/12/15]; ⁴ ATUDEM (2015b), con excepción de ⁵ <http://solonieve.es/positiva-temporada-para-las-estaciones-de-esqui-del-pirineo-de-lleida> [14/12/15].

Notas: ⁶ Las dos estaciones se presentan como integradas en ATUDEM (2015b). El valor presentado en la tabla es una estimación en base al porcentaje de esquiadores asociado a cada estación en años anteriores según ATUDEM (2014); ⁷ Ídem.

A continuación, la Figura 16 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 de número total como a nivel porcentual. 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*. Además se presenta en la misma figura una comparación semejante con el ingreso medio de las estaciones de esquí por esquiador en base a datos de ATUDEM (2014) para la temporada 2013/2014. El ingreso medio en ese periodo fue de 21,93 €/esquiador.

Figura 14. Estimación del número de forfaits/esquiadores necesarios para cubrir costes de innivación, 2013-2014



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados indican que la estación de Port del Comte (PC) se presenta como aquella que, a nivel relativo, necesita vender más *forfaits* o recibir más esquiadores para cubrir los costes de innivación. Si se considera el precio de *forfait* de temporada alta, la relación es del 22,3%, mientras que si se hace el análisis en base al ingreso medio por esquiador la relación es más alta (32,6%).

5.1.2. Escenarios climáticos

La no disponibilidad de proyecciones climáticas en España específicas para las zonas de esquí explica el desarrollo de varios escenarios climáticos hipotéticos para este estudio. Se definieron tres escenarios:

- 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.

Mediante la aplicación de la ecuación (1) 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 los costes asociados a la innivación, así como a la relación entre estos y la venta de *forfaits*

de alta temporada, e, igualmente, el nivel de ingreso medio por esquiador. Independientemente de los escenarios, se utilizarán los mismos valores de superficie innivada para todas las estaciones de acuerdo con la Tabla 11.

a) Necesidades de nieve artificial

La Tabla 16 presenta los resultados de necesidades de innivación según los tres escenarios climáticos (en total de m³ por estación), estableciéndose una relación comparativa 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 (PC) sobrepasan la línea del millón de m³ de innivación. Como sería de esperar, los tres escenarios climáticos llevan asociados una mayor necesidad de innivación.

Tabla 16. Estimación de necesidades de nieve artificial de las estaciones de esquí por temporada según escenarios climáticos

Sistema montañoso	Estación	Bajo		Medio		Elevado	
		Total (m ³)	Incremento en relación a escenario de referencia (%)	Total (m ³)	Incremento en relación a escenario de referencia (%)	Total (m ³)	Incremento en relación a escenario de referencia (%)
PC	Baqueira Beret	704.571	6,7	803.191	18,1	1.036.858	36,6
	Boí Taüll	309.998	8,8	350.968	19,5	437.103	35,3
	Espot Esquí	278.765	5,3	306.58	13,9	365.357	27,8
	La Molina	568.470	5,3	616.302	12,6	710.212	24,2
	Masella	847.702	6,1	925.695	14,0	1.085.274	26,7
	Port Ainé	214.657	5,3	234.231	13,2	279.162	27,2
	Port del Comte	467.388	4,1	498.947	10,2	561.721	20,2
	Vall de Núria	152.275	4,6	164.695	11,8	185.396	21,7
	Vallter 2000	205.571	4,5	219.443	10,5	249.252	21,2
PA	Astún	176.079	8,0	198.707	18,5	241.434	32,9
	Candanchú	155.609	4,4	175.6601	15,3	214.375	30,6
	Cerler	605.554	8,1	678.894	18,0	846.348	34,2
	Formigal	509.029	5,8	582.559	17,7	727.778	34,1
	Panticosa	283.392	6,2	309.535	14,1	368.606	27,8
CC	Leitariegos	76.139	5,3	82.507	12,6	95.095	24,2
	Manzaneda	16.984	2,4	17.589	5,7	18.599	10,9
	San Isidro	33.317	5,4	36.019	12,5	42.363	25,6
	Valgrande-Pajares	108.591	5,9	119.384	14,4	147.415	30,7
SI	Javalambre	289.260	6,1	321.028	15,4	374.381	27,5
	Valdelinares	178.321	6,9	196.971	15,7	234.404	29,2
	Valdezcaray	152.805	4,9	167.165	13,1	197.467	26,4
SC	La Pinilla	318.893	3,7	336.762	8,8	366.543	16,2
	Puerto Navacerrada	56.982	5,0	62.111	12,8	70.845	23,6
	Sierra de Béjar	50.647	6,2	55.352	14,2	67.344	29,5
	Valdesquí	24.921	3,6	26.716	10,1	30.646	21,6
SP	Sierra Nevada	598.744	7,4	630.063	12,0	863.045	35,8
Total		7.384.662	-	8.117.078	-	9.817.023	-

Fuente: Elaboración propia.

b) Costes asociados a la producción de nieve artificial

La Tabla 17 presenta una estimación de los costes marginales de producción de nieve asociada a los escenarios climáticos en comparación con el escenario de referencia. Estos valores son interpretados como los costes necesarios por parte de las estaciones para evitar los daños resultantes de los escenarios climáticos. Estos daños evitados representan para las estaciones los beneficios de la intervención. El coste total marginal fue de aproximadamente 372 miles de Euros para el escenario de impacto bajo, mientras que para el escenario de impacto medio fue del orden de 980 miles de Euros y para el escenario de impacto elevado cerca de 2,4 millones de Euros. Por estaciones, el mayor incremento porcentual fue registrado por Boí Taüll (PC) en el primer y segundo escenario, concretamente un aumento del 8,8% y 19,5%, respectivamente. En relación al último escenario, la estación con el mayor incremento de costes relativos fue Baqueira Beret (PC) con 36,6%. En cambio, la estación con un menor incremento porcentual de costes fue Manzaneda (CC) con 2,4%, 5,7% y 10,9% para los tres escenarios, respectivamente.

Tabla 17. Estimación del coste marginal de la producción de nieve artificial según escenarios climáticos (miles de Euros; incremento porcentual en relación al escenario de referencia)

Sistema montañoso	Estación	Bajo		Medio		Elevado	
		Total	%	Total	%	Total	%
PC	Baqueira Beret	39.094	6,7	120.949	18,1	314.893	36,6
	Boí Taüll	22.670	8,8	56.675	19,5	128.166	35,3
	Espot Esquí	12.355	5,3	35.443	13,9	84.226	27,8
	La Molina	24.912	5,3	64.613	12,6	142.557	24,2
	Masella	43.156	6,1	107.889	14,0	240.340	26,7
	Port Ainé	9.386	5,3	25.632	13,2	62.926	27,2
	Port del Comte	16.083	4,1	42.277	10,2	94.379	20,2
	Vall de Núria	5.843	4,6	16.153	11,8	33.334	21,7
	Vallter 2000	7.676	4,5	19.189	10,5	43.931	21,2
PA	Astún	11.706	8,0	30.487	18,5	65.951	32,9
	Candanchú	5.639	4,4	22.282	15,3	54.414	30,6
	Cerler	40.582	8,1	101.454	18,0	240.441	34,2
	Formigal	24.436	5,8	85.466	17,7	205.998	34,1
	Panticosa	14.466	6,2	36.165	14,1	85.194	27,8
CC	Leitariegos	3.336	5,3	8.622	12,6	19.070	24,2
	Manzaneda	335	2,4	838	5,7	1.676	10,9
	San Isidro	1.495	5,4	3.738	12,5	9.003	25,6
	Valgrande-Pajares	5.296	5,9	14.254	14,4	37.519	30,7
SI	Javalambre	14.755	6,1	41.122	15,4	85.405	27,5
	Valdelinares	10.189	6,9	25.669	15,7	56.739	29,2
	Valdezcaray	6.209	4,9	18.128	13,1	43.278	26,4
SC	La Pinilla	9.887	3,7	24.719	8,8	49.437	16,2
	Puerto Navacerrada	2.351	5,0	6.608	12,8	13.857	23,6

Sistema montañoso	Estación	Bajo		Medio		Elevado	
		Total	%	%	Total	%	
	Sierra de Béjar	2.604	6,2	6.509	14,2	16.462	29,5
	Valdesquí	747	3,6	2.236	10,1	5.499	21,6
SP	Sierra Nevada	36.734	7,4	62.729	12,0	256.104	35,8
Total		371.939	-	979.844	-	2.390.798	-

Fuente: Elaboración propia.

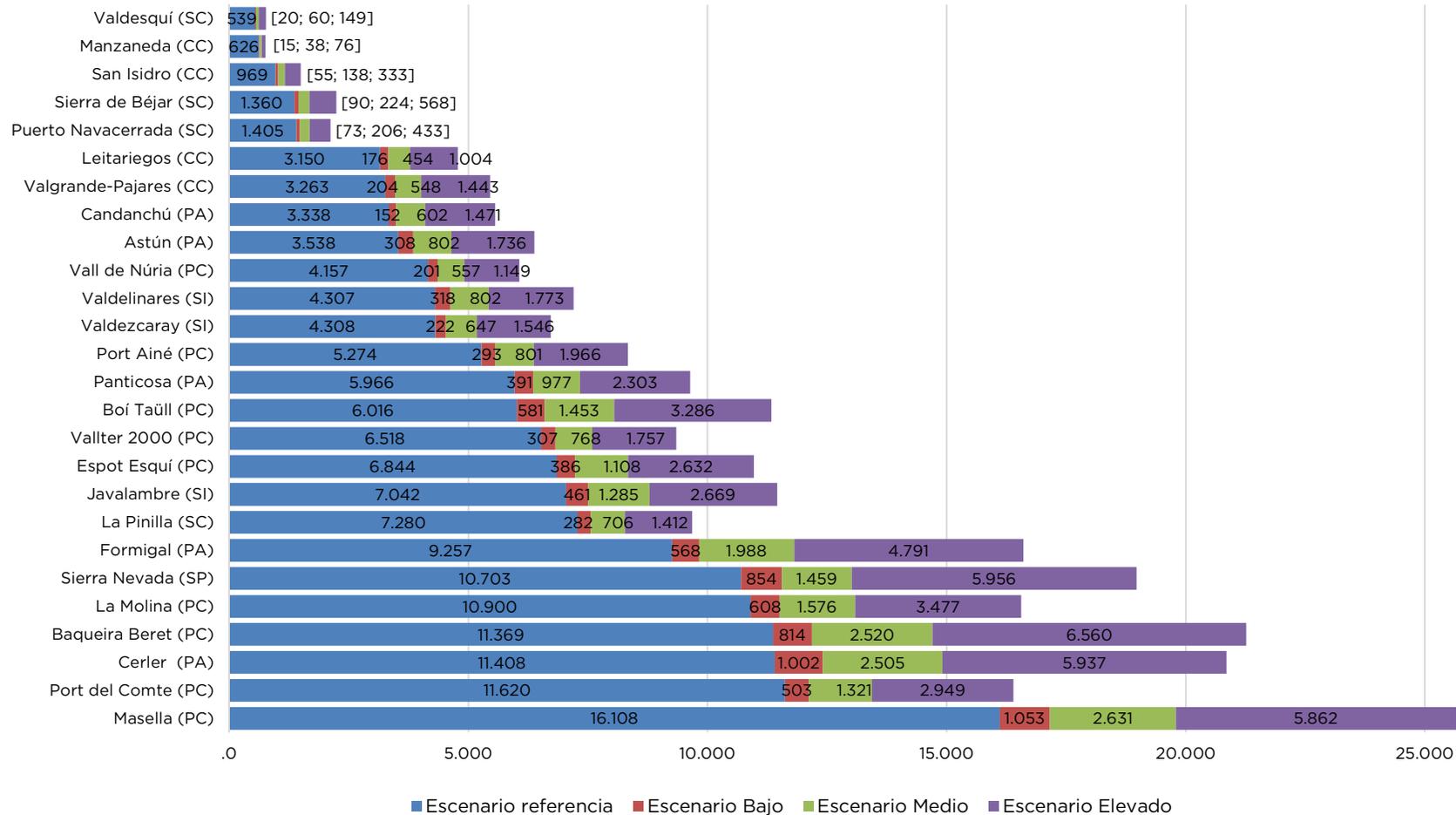
e) Relación entre costes y beneficios

La Figura 15 ilustra el incremento del número de *forfaits* que sería necesario vender para cubrir los costes de innivación. Para cada estación se presenta el valor 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 (PC), donde se estimó un incremento de 1.053 y 2.631 *forfaits*, respectivamente. Para el escenario de impacto elevado, la estación de Baqueira Beret (PC) registró el mayor aumento, en concreto de 6.560 *forfaits*.

A nivel porcentual, Port del Comte (PC), La Pinilla (SC) y Javalambre (SI) 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 16).

Por último, se realizó el mismo tipo de análisis utilizando el valor del nivel de ingreso medio por esquiador de la temporada 2013/2014 (21,93 €/esquiador) como valor común para todas estaciones en vez del precio de forfait de época alta. En ese sentido, la relación porcentual anterior aumenta hasta niveles que sobrepasan el 40% en la estación de Port del Comte (PC) en el escenario de impacto elevado. El número de estaciones con valores porcentuales por debajo de la línea del 10% es de 14 estaciones (Figura 17).

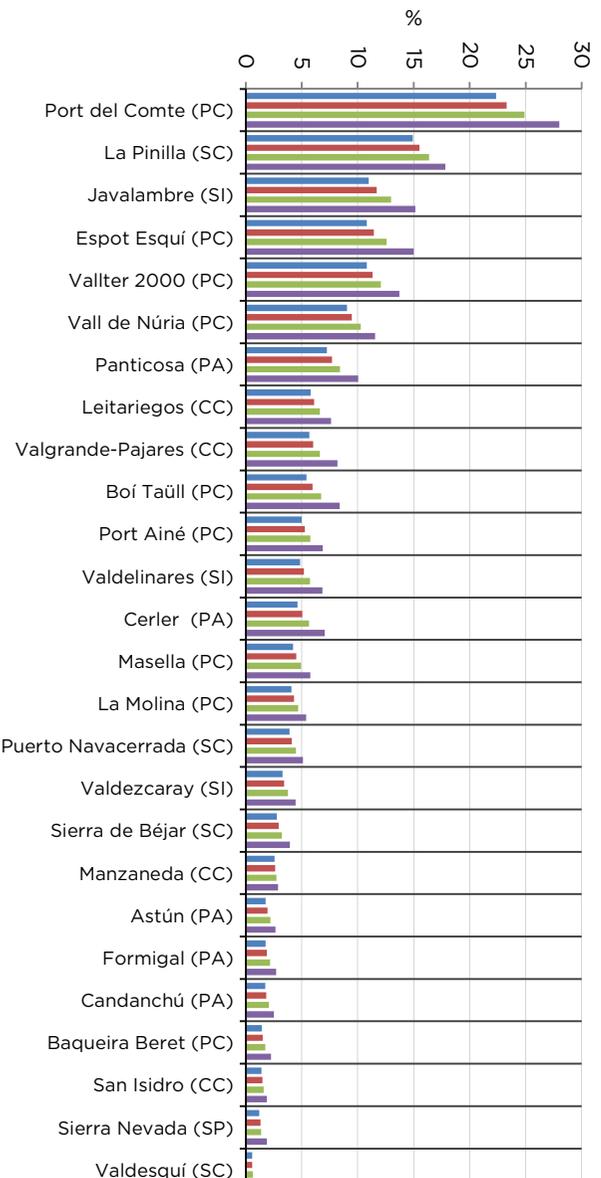
Figura 15. Estimación del incremento de número de forfaits necesarios para cubrir costes de innivación en relación al escenario de referencia



Fuente: Elaboración propia.

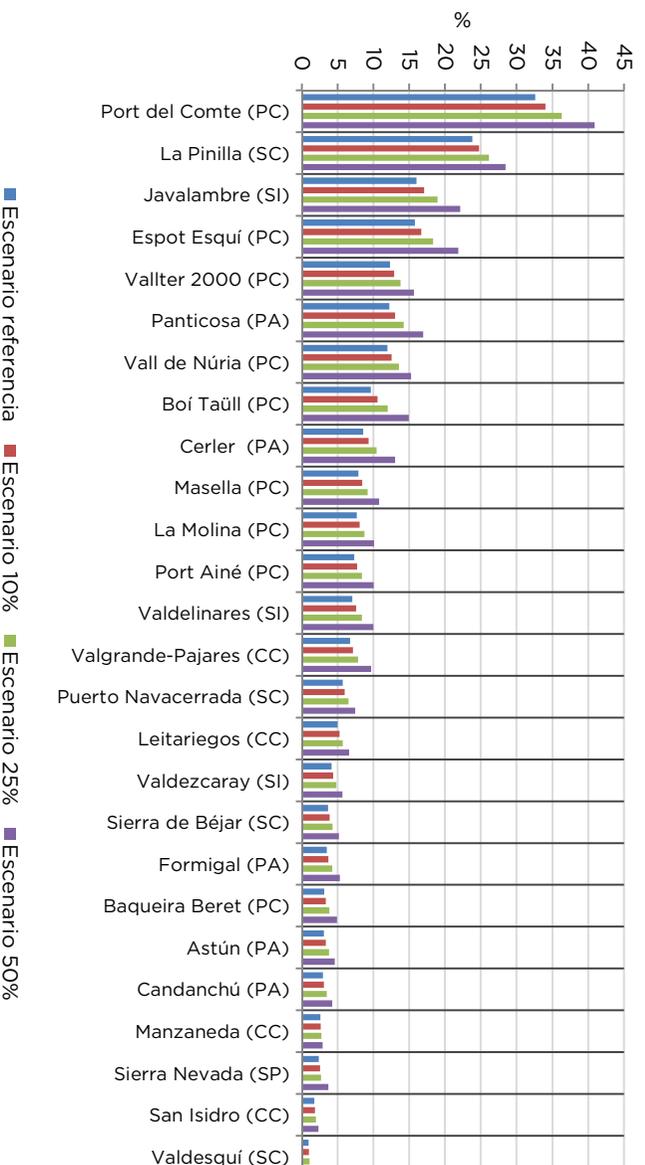
Nota: Los valores del escenario de referencia son absolutos mientras que los demás valores son el incremento estimado para los escenarios climáticos en relación al escenario de referencia.

Figura 16. Relación entre forfaits necesarios para cubrir costes de innivación y forfaits vendidos en 2014/2015 para varios escenarios climáticos (precio de forfait de temporada alta 2014/2015)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 17. Relación entre forfaits necesarios para cubrir costes de innivación y forfaits vendidos para varios escenarios climáticos (ingreso medio 2013/2014)



Fuente: Elaboración propia.

5.2. Ampliación de horarios de actividad de esquí

De forma semejante al análisis anterior, para la medida de ampliación horaria se realizó la estimación de costes y beneficios para varios escenarios climáticos en comparación con el escenario actual de referencia. El enfoque adoptado consistió en realizar en primer lugar un análisis del impacto económico en el sector como resultado de la reducción de días de esquí a consecuencia del cambio climático. Bajo ese enfoque, se pretendió analizar como la posible ampliación horaria, en concreto, asociada a la implementación de esquí nocturno, podría contrarrestar las pérdidas económicas originadas en los diferentes escenarios climáticos.

5.2.1. Escenario de referencia

Para la elaboración del escenario de referencia se utilizaron datos de las estaciones de esquí para la temporada 2014/2015, incluyendo el número de *forfaits* vendidos y el número de días de esquí de las estaciones (Tabla 15), así como una estimación de horas de apertura diurna y nocturna. Además, se contó con los datos facilitados por Cetursa, empresa gestora de la estación de Sierra Nevada (SP), asociados a la implementación de esquí nocturno en esta estación.

a) Caracterización de la oferta de esquí nocturno

La información sobre la práctica de esquí nocturno fue mayoritariamente obtenida a través del contacto telefónico con las propias estaciones. Para las estaciones que no fue posible contactar se utilizaron datos disponibles *online* o se hizo una estimación en base a los datos obtenidos para las demás estaciones. La Tabla 18 presenta estos datos para las estaciones en estudio.

La modalidad de esquí nocturno solamente es practicada en Masella y Vall de Núria (PC), Valgrande-Pajares (CC) y Sierra Nevada (SP). 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 un total de 4 horas y una estimación de 1,39 km esquiabiles.

Tabla 18. Información general sobre las modalidades de esquí diurno y nocturno, 2015

Sistema montañoso	Estación	Horas diurnas/día	Horas diurnas totales	Horas nocturnas/día de esquí nocturno	Días de esquí nocturno	Horas de esquí nocturno totales	Km de pistas de esquí nocturno abiertos	Horas totales
PC	Baqueira Beret	8	1.024	0	0	0	0	1.024
	Boí Taüll	8	976	0	0	0	0	976
	Espot Esquí	8	984	0	0	0	0	984
	La Molina	8	984	0	0	0	0	984
	Masella ¹	8	1.072	2,7	29	77	10	1149
	Port Ainé	8	984	0	0	0	0	984

Sistema montañoso	Estación	Horas diurnas/día	Horas diurnas totales	Horas nocturnas/día de esquí nocturno	Días de esquí nocturno	Horas de esquí nocturno totales	Km de pistas de esquí nocturno abiertos	Horas totales
	Port del Comte	8	896	0	0	0	0	896
	Tavascán-Pleta del Prat	8	480	0	0	0	0	480
	Vall de Núria ²	7,5	847,5	4	1	4	1,39	851,5
	Vallter 2000	8	1.000	0	0	0	0	1.000
PA	Astún	8	880	0	0	0	0	880
	Candanchú	8	912	0	0	0	0	912
	Cerler	8	984	0	0	0	0	984
	Formigal	8	968	0	0	0	0	968
	Panticosa ³	8	968	0	0	0	0	968
	Alto Campoo	8	912	0	0	0	0	912
CC	Fuentes de Invierno	7,75	775	0	0	0	0	775
	Leitariegos	7,75	767,25	0	0	0	0	767,25
	Manzaneda	8	352	0	0	0	0	352
	San Isidro ³	8	944	0	0	0	0	944
	Valgrande-Pajares	8	856	3	30	90	0,3	946
SI	Javalambre	8	752	0	0	0	0	752
	Punto de Nieve Santa Inés ³	8	800	0	0	0	0	800
	Valdelinares	8	912	0	0	0	0	912
	Valdezcaray ³	8	1.008	0	0	0	0	1.008
	La Pinilla ³	8	736	0	0	0	0	736
SC	Puerto Navacerrada ³	8	736	0	0	0	0	736
	Sierra de Béjar ³	8	832	0	0	0	0	832
	Valdesquí	7,25	732,25	0	0	0	0	732,25
SP	Sierra Nevada ⁴	7,75	1.209	2,5	31	77,5	5,35	1.286,5

Fuentes: Elaboración propia a partir del contacto telefónico con las propias estaciones. Algunas excepciones incluyen: ¹ Además del contacto telefónico, se consultó la página web <http://www.masella.com/ca/paginas/esqui-nocturn> [14/12/2015]; ² Además del contacto telefónico, se consultó la página web <http://www.nevasport.com/noticias/art/11448/Esqui-nocturno-en-Vall-de-Nuria%C2%A1%C2%A1Participa!!!!> [14/12/2015] y ATUDEM (2015a) para la estimación de los km de pistas de esquí nocturno. ³ Para estas estaciones se asumió un horario diurno de 8 horas y la no existencia de esquí nocturno; ⁴ Los datos de esta estación fueron obtenidos a través del contacto telefónico, por correo electrónico y a través de la consulta de la página web <http://sierranevada.es>.
Nota: Para el cálculo de las horas diurnas totales se utilizaron los datos presentados en la Tabla 15.

b) Relación entre la demanda y oferta de las modalidades de esquí diurno y nocturno

Es importante apuntar que las estaciones no tienen todos los km de pistas abiertos durante todos los días de la temporada. A través de datos facilitados por Infonieve.es fue posible hacer una aproximación a la media de km esquiables en cada estación para la temporada 2014/2015, lo que permitió analizar el número de *forfaits* vendidos por km y hora esquiable para cada estación. En la Tabla 19 se puede constatar que la media de km esquiables en la temporada 2014/2015 fue de 21,7 km, aproximadamente un 60% de los km totales de las estaciones. Sobre el número de *forfaits* vendidos por hora y km esquiable en 2014/2015, la media fue de 4,6 *forfaits*/h/km, oscilando entre un mínimo de 1,2 para Port del Comte (PC) y un máximo de 10,1 *forfaits*/h/km para Leitariegos (CC).

Tabla 19. Información sobre km esquiables y forfaits vendidos en 2014/2015

Sistema montañoso	Estación	Km esquiables totales ¹	Media km esquiables (2014/2015) ²	% de la media de km esquiables (2014/2015) sobre km totales	% km esquiables nocturnos sobre km esquiables (2014/2015)	Forfaits vendidos por hora y km esquiable totales ³	Forfaits vendidos por hora y km esquiable (2014/2015) ³
PC	Baqueira Beret	153	105,8	69,2	-	7,3	5,1
	Boí Taüll	45,3	24,2	53,4	-	4,7	2,5
	Espot Esquí	23,6	14,6	61,9	-	4,4	2,7
	La Molina	61	26,5	43,4	-	10,2	4,4
	Masella	74,5	49,0	65,8	20,4	6,7	4,4
	Port Ainé	25,1	16,1	64,2	-	6,6	4,3
	Port del Comte	50	11,6	23,2	-	5,0	1,2
	Tavascán-Pleta del Prat	5	3,9	78,0	-	2,0	1,5
	Vall de Núria	7,6	3,9	51,3	35,3	13,7	7,1
	Vallter 2000	10,3	4,5	43,6	-	13,3	5,8
PA	Astún	50	29,0	58,0	-	7,7	4,5
	Candanchú	50,1	32,3	64,5	-	6,5	4,2
	Cerler	79	41,1	52,0	-	6,1	3,2
	Formigal	137	67,6	49,3	-	7,9	3,9
	Panticosa	39	24,9	63,8	-	3,4	2,2
	Alto Campoo	27,8	14,9	53,7	-	7,3	3,9
CC	Fuentes de invierno	8,8	5,1	58,2	-	14,2	8,2
	Leitariegos	7	4,1	58,6	-	17,2	10,1
	Manzaneda	15,5	8,6	55,5	-	8,0	4,4
	San Isidro	27,4	11,6	42,3	-	6,2	2,6
	Valgrande-Pajares	21,5	10,0	46,5	2,9	6,1	2,8
SI	Javalambre	14	11,6	82,9	-	7,3	6,1
	Punto de Nieve Santa Inés	1,8	1,8	100,0	-	ND	ND
	Valdelinares	9	12,6	140,0	-	7,7	6,1
	Valdezcaray	20	12,9	64,5	-	10,1	6,5
SC	La Pinilla	22	7,4	33,6	-	9,0	3,0
	Puerto Navacerrada	9,1	2,3	25,2	-	21,6	5,4
	Sierra de Béjar	20,3	8,0	39,4	-	7,4	2,9
SP	Valdesquí	22	17,2	78,2	-	7,5	5,9
	Sierra Nevada	105,6	67,3	63,7	7,9	10,2	6,5
Media		38,1	21,7	59,5	16,7 ⁴	8,5	4,6

Fuentes: ¹ ATUDEM (2015a); ² Media estimada a través de datos facilitados por Infonieve.es; ³ Para el cálculo se utilizó el número de *forfaits* indicado en la Tabla 15 más la información obtenida para Punto de Nieve de Santa Inés (SI), facilitada por la propia estación (23/10/2015), así como el número de horas de operación de las estaciones indicado en la Tabla 18.

Notas: ND: "no disponible"; ⁴ La media se presenta únicamente para las estaciones que tienen la modalidad de esquí nocturno.

A continuación se evaluó el nivel de atracción del esquí nocturno en comparación con la modalidad diurna a través de la relación entre el número de *forfaits* vendidos por hora y km esquiable para cada categoría en 2014/2015. Este análisis se realizó a partir de los datos obtenidos para la estación de Sierra Nevada (SP). En esta estación se vendieron 9.500 *forfaits* para esquí nocturno y 869.389 *forfaits* para la modalidad diurna en 2014/2015. El Cuadro de texto 2 presenta el número total de *forfaits* nocturnos vendidos en esta estación y su relación con los *forfaits* de la modalidad diurna. Los resultados de la ecuación (4) indican una relación de

2,15 entre la modalidad nocturna y diurna en lo que se refiere a la venta de *forfaits*/h/km.

Cuadro de texto 2. Relación entre *forfaits* vendidos por hora y km entre la modalidad de esquí nocturno y diurno, Sierra Nevada, 2014/2015

- $\text{Forfaits nocturnos} / \text{horas nocturnas} / \text{km esquiables nocturnos} = 9.500 / 77,5 / 5,35 = 22,93$ (2)
- $\text{Forfaits diurnos} / \text{horas diurnas} / \text{km esquiables} = 869.389 / 1.209 / 67,3 = 10,68$ (3)
- Relación (2)/(3) = 2,15 (4)

Fuente: Elaboración propia a partir de datos facilitados por la empresa Cetursa, responsable por la gestión de la estación de esquí de Sierra Nevada.

Para la estimación de los *forfaits* diurnos y nocturnos vendidos en las estaciones de Masella y Vall de Núria (PC), y Valgrande-Pajares (CC) que también practican esquí nocturno, se utilizó el sistema de ecuaciones presentado en el Cuadro de texto 3, basándose en el resultado obtenido en el Cuadro de texto 2, que permitió estimar el posible número de *forfaits* por hora y km esquiable nocturno para las demás estaciones, en el caso de que se implemente esta modalidad. Ambos resultados son presentados en la Tabla 20.

Cuadro de texto 3. Sistema de ecuaciones para la estimación de *forfaits* diurnos y nocturnos en escenario de referencia

$$\left. \begin{aligned} & \text{Forfaits totales} = (\text{forfaits diurnos/km esquiable medio/hora diurna} \times \text{km esquiables medios} \times \text{horas diurnas}) + (\text{forfaits nocturnos/km esquiable medio} \times \text{km esquiables medios} \times \text{horas nocturnas}) & (5) \\ & \text{Forfaits nocturnos/hora nocturna/km esquiable nocturno} = 2,15 \times \text{forfaits diurnos/hora diurna/km esquiable diurno} & (6) \end{aligned} \right\}$$

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20. Estimación de *forfaits* diurnos y nocturnos en escenario de referencia

Sistema montañoso	Estación	Forfaits diurnos / horas diurnas / km esquiables medios	Forfaits nocturnos / horas nocturnas / km esquiables nocturnos ¹	Forfaits nocturnos vendidos en 2014/2015 ²
PC	Baqueira Beret	7,3	15,7	0
	Boí Taüll	4,7	10,0	0
	Esport Esquí	4,4	9,4	0
	La Molina	10,2	21,8	0
	Masella	7,0	15,0	11.548
	Port Ainé	6,6	14,2	0
	Port del Comte	5,0	10,7	0
	Tavascán-Pleta del Prat	2,0	4,3	0
	Vall de Núria	13,7	29,3	163
	Vallter 2000	13,3	28,4	0
PA	Astún	7,7	16,6	0
	Candanchú	6,5	13,8	0
	Cerler	6,1	13,0	0

Sistema montañoso	Estación	Forfaits diarios / horas diurnas / km esquiables medios	Forfaits nocturnos / horas nocturnas / km esquiables nocturnos ¹	Forfaits nocturnos vendidos en 2014/2015 ²
	Formigal	7,9	17,0	0
	Panticosa	3,4	7,3	0
CC	Alto Campoo	7,3	15,6	0
	Fuentes de invierno	14,2	30,4	0
	Leitariegos	17,2	36,8	0
	Manzaneda	8,0	17,1	0
	San Isidro	6,2	13,3	0
	Valgrande-Pajares	6,7	14,2	384
	Javalambre	7,3	15,7	0
SI	Punto de Nieve	ND	ND	0
	Santa Inés	ND	ND	0
	Valdelinares	7,7	16,6	0
	Valdezcaray	10,1	21,6	0
SC	La Pinilla	9,0	19,3	0
	Puerto Navacerrada	21,6	46,2	0
	Sierra de Béjar	7,4	15,8	0
	Valdesquí	7,5	16,1	0
SP	Sierra Nevada	10,7	22,9	9.500

Fuentes: ¹ Estimado a partir de las ecuaciones presentadas en los cuadros de texto 2 y 3; ² Ídem, con excepción de la información referente a Sierra Nevada, que fue proporcionada por la propia estación. Nota: ND: "no disponible".

c) Costes y beneficios de la ampliación horaria

El esquí nocturno acarrea costes variados, incluyendo electricidad para los remontes e iluminación, operación de máquinas de pisar las pistas, y el transporte y coste de personal (Tabla 21).

Tabla 21. Costes unitarios medios asociados al esquí nocturno, Sierra Nevada, 2009/2010 - 2014/2015

Categoría	€/hora/km
Electricidad remontes	31,0
Electricidad iluminación	11,9
Máquinas de pisar la nieve	44,9
Transporte del personal	1,1
Costos del personal	67,3
Total	156,3

Fuente: Datos facilitados por la empresa Cetursa, responsable de la gestión de la estación de esquí de Sierra Nevada.

En relación a los beneficios relacionados con la venta de *forfaits* nocturnos, se utilizó como referencia el precio medio del *forfait* nocturno de la estación de Sierra Nevada (SP) para la temporada 2015/2016, que es de 15,63 €.²²

²² Precio medio de *forfait* integrando las categorías Sénior (14,5 €), Adulto (17,5 €), Junior (13,5 €): 15,63 €. Información obtenida de: <http://sierranevada.es/es/invierno/forfait/tarifas/f-nocturno> [14/12/15].

En base a la información sobre costes de la ampliación horaria y la venta y precio de *forfaits* nocturnos es posible estimar el balance costes-beneficios para las estaciones que practicaron esta modalidad en la temporada 2014/2015. La Tabla 22 presenta los resultados para Masella, Vall de Núria, Valgrande-Pajares y Sierra Nevada.

Tabla 22. Estimación del balance entre costes-beneficios del esquí nocturno para diversas estaciones, 2014/2015

Estación	Coste total (€)	Beneficio con la venta de <i>forfaits</i> (€)	Balance (beneficios - costes) (€)
Masella	120.319,9	180.439,6	60.119,71
Vall de Núria	870,68	2.550,7	1.680,02
Valgrande-Pajares	4.219	6.009,9	1.790,93
Sierra Nevada	64.740	148.437,5	83.696,8

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2. Escenarios climáticos

Una de las posibles consecuencias del cambio climático, debatidas en el apartado 3.2.2., es la reducción de días de esquí. Según Llebot (2010), un incremento de 1.8°C en la temperatura media global podrá derivar en la reducción de aproximadamente 40 días de esquí por año.

Para el presente análisis se definieron 3 escenarios según el número de días de temporada reducidos en relación a la temporada 2014/2015, concretamente:

- 1) Impacto de nivel bajo:** reducción de 10 días.
- 2) Impacto de nivel medio:** reducción de 20 días.
- 3) Impacto de nivel elevado:** reducción de 40 días.

La Tabla 23 presenta el número de días y horas de esquí para los escenarios climáticos. No se incluyeron las estaciones de Tavascán (PC) y de Manzaneda (CC) debido al bajo número de días en la temporada de 2014/2015, respectivamente 60 y 44 días. Además, no se integró la estación de Punto de Nieve de Santa Inés (SI) debido a la falta de datos sobre el número de *forfaits* vendidos.

Tabla 23. Número de días de esquí según el escenario de referencia y escenarios climáticos

Sistema montañoso	Estación	Días de esquí (Escenario de referencia)	Días de esquí (Escenario 1)	Días de esquí (Escenario 2)	Días de esquí (Escenario 3)
PC	Baqueira Beret	128	118	108	88
	Boí Taüll	122	112	102	82
	Espot Esquí	123	113	103	83
	La Molina	123	113	103	83
	Masella	134	124	114	94
	Port Ainé	123	113	103	83
	Port del Comte	112	102	92	72

Sistema montañoso	Estación	Días de esquí (Escenario de referencia)	Días de esquí (Escenario 1)	Días de esquí (Escenario 2)	Días de esquí (Escenario 3)
PA	Vall de Núria	113	103	93	73
	Vallter 2000	125	115	105	85
	Astún	110	100	90	70
	Candanchú	114	104	94	74
	Cerler	123	113	103	83
	Formigal	121	111	101	81
CC	Panticosa	121	111	101	81
	Alto Campoo	114	104	94	74
	Fuentes de Invierno	100	90	80	60
	Leitariegos	99	89	79	59
SI	San Isidro	118	108	98	78
	Valgrande-Pajares	107	97	87	67
	Javalambre	94	84	74	54
	Valdelinares	114	104	94	74
	Valdezcaray	126	116	106	86
SC	La Pinilla	92	82	72	52
	Puerto Navacerrada	92	82	72	52
	Sierra de Béjar	104	94	84	64
SP	Valdesquí	101	91	81	61
	Sierra Nevada	156	146	136	116

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos presentados en la primera columna que fueron obtenidos a través 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/> [14/12/15].

a) Reducción del número de *forfaits* y pérdida de ingresos

En base a la información presentada en la tabla anterior se estimó el nuevo número de *forfaits* diarios, así como la pérdida de ingresos asociada a la venta de *forfaits* para los tres escenarios climáticos.

Para este paso se utilizó el número medio de *forfaits* vendidos por hora y km esquiable presentado en la Tabla 19 y el número de horas de esquí diurnas estimadas para los nuevos escenarios (resultante del producto del número de días por las horas de esquí diurno mostradas en la primera columna de la Tabla 18). Además, para el cálculo de la pérdida de ingresos, se utilizó el nivel de ingreso medio observado en la temporada 2013/2014, en concreto 21,93 € por esquiador. La decisión de utilizar este valor en vez del precio del *forfait* se justifica por el hecho de que la reducción de días de temporada 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).

Para este análisis es importante clarificar que se supone un número de km medios esquiables similares a los observados en la temporada 2014/2015, es decir, el único cambio asociado a los escenarios climáticos analizado en este apartado se referirá a la reducción de días esquiables. Igualmente, se asume el valor medio de *forfaits*/h/km de la misma temporada, aunque es posible que esta relación cambie

en la medida que la reducción de días de esquí muy probablemente incida principalmente sobre los meses con menos esquiadores.

Los resultados presentados en la Tabla 24 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.

Tabla 24. 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
	Espot 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 ¹	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
PA	Vallter 2000	55.470	-105.780	50.647	-211.560	41.000	-423.119
	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
CC	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
	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
SI	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
SC	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
SP	Valdezcaray	121.033	-228.815	110.599	-457.630	89.731	-915.261
	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
SC	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.

b) 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 y a la consecuente pérdida de ingresos, se consideraron las siguientes opciones:

- 1) Apertura horaria nocturna de 2,5 horas a lo largo de 31 días y del 16,7% de los km esquiables en la temporada.**



2) Apertura horaria nocturna de 2,5 horas a lo largo de 31 días y del 30% de los km esquiabales en la temporada.

Para la definición de las dos opciones se ha asumido el número de horas y días de esquí nocturno actualmente realizado en la estación de Sierra Nevada (SP). Estos números se han supuesto para todas las estaciones.

En cuanto al porcentaje de km esquiabales nocturnos sobre el total de km esquiabales en la temporada, se tomó como referencia el valor medio asociado a las estaciones de Masella y Vall de Núria (PC), Valgrande-Pajares (CC) y Sierra Nevada (SP), en concreto de 16,7% (Tabla 19) y un valor más elevado, establecido en 30%.²³ Este análisis se centró en la longitud de las pistas de esquí aunque se podrían considerar otros aspectos revelantes tales como el desnivel o nivel de dificultad de las pistas.

En el análisis de la implementación de esta medida de adaptación se va a considerar el número de km esquiabales observado en la temporada 2014/2015 (escenario de referencia). La Tabla 25 presenta una estimación de los *forfaits* nocturnos vendidos y el balance entre los costes asociados a la ampliación horaria y los beneficios obtenidos con la venta de *forfaits* nocturnos para la opción 1 (implementación de esquí nocturno en el 16,7% de los km esquiabales). Para el total de las estaciones de esquí, esta opción resultó en 135.124 *forfaits* vendidos, lo que significó un balance económico positivo del orden de 824.835 euros. En cuanto al análisis individual por estación, el balance de costes y beneficios fue positivo para todas las estaciones, excepto Esport Esquí y Panticosa. La misma tabla presenta la información referida a la opción 2 (implementación de esquí nocturno en el 30% de los km esquiabales). En comparación con la opción 1, el número total de *forfaits* nocturnos vendidos aumentaría hasta 242.738 y el balance económico global mejoraría hasta cerca de 1,5 millones de euros.

²³ Estos porcentajes serán utilizados para todas las estaciones, incluyendo Masella y Vall de Núria (Pirineo Catalán), que observan valores de 20,4% y 35,3% para la relación entre km esquiabales nocturnos y total de km esquiabales en el escenario de referencia.

Tabla 25. Estimación de forfaits vendidos y balance de costes y beneficios para la opción 1 y 2 de ampliación horaria nocturna

Sistema montañoso	Estación	Opción 1 de ampliación horaria				Opción 2 de ampliación horaria			
		Forfaits vendidos	Costes de la ampliación horaria (€)	Beneficios de la venta de forfaits (€)	Balance (beneficios - costes; €)	Forfaits vendidos	Costes de la ampliación horaria (€)	Beneficios de la venta de forfaits (€)	Balance (beneficios - costes; €)
PC	Baqueira Beret	21.471	214.030,5	335.486,6	121.456,0	38.571	384.486,0	602.670,5	218.184,5
	Boí Taüll	3.141	48.954,4	49.076,2	121,8	5.642	87.942,1	88.160,9	218,8
	Espot Esquí	1.779	29.450,6	27.800,3	-1.650,3	3.196	52.905,4	49.940,7	-2.964,7
	La Molina	7.481	53.602,3	116.898,4	63.296,1	13.440	96.291,5	209.997,1	113.705,6
	Masella	9.518	99.169,9	148.721,7	49.551,8	17.099	178.149,5	267.164,7	89.015,2
	Port Ainé	2.964	32.547,9	46.309,4	13.761,4	5.324	58.469,4	83.190,5	2.4721,1
	Port del Comte ¹	1.607	23.467,6	25.115,8	1.648,2	2.888	42.157,3	45.118,2	2.960,9
	Vall de Núria	1.496	7.979,7	23.377,0	15.397,3	2.688	14.334,8	41.994,5	27.659,8
Vallter 2000	1.670	9.186,4	26.093,1	16.906,7	3.000	16.502,5	46.873,9	30.371,4	
PA	Astún	6.223	58.676,2	97.229,0	38.552,8	11.178	105.406,3	174.662,8	69.256,6
	Candanchú	5.770	65.274,1	90.159,3	24.885,3	10.366	117.258,8	161.962,9	44.704,1
	Cerler	6.926	83.023,5	108.226,4	25.202,9	12.443	149.144,0	194.418,7	45.274,7
	Formigal	14.844	136.637,7	231.942,3	95.304,6	26.666	245.457,0	416.662,8	171.205,8
CC	Panticosa	2.357	50.338,1	36.820,3	-13.517,8	4.233	90.427,8	66.144,3	-24.283,4
	Alto Campoo	3.011	30.181,3	47.052,7	16.871,4	5.410	54.217,9	84.525,9	30.308,0
	Fuentes de invierno	2.001	10.292,6	31.266,8	20.974,3	3.595	18.489,7	56.168,0	37.678,3
	Leitariegos	1.964	8.347,4	30.687,0	22.339,5	3.528	14.995,4	55.126,3	40.130,9
	San Isidro	2.008	23.532,9	31.376,8	7.844,0	3.607	42.274,6	56.365,6	14.091,0
SI	Valgrande-Pajares	1.846	20.252,4	28.849,4	8.597,0	3.317	36.381,6	51.825,3	15.443,7
	Javalambre	2.360	23.482,2	36.880,5	13.398,3	4.240	42.183,6	66.252,5	24.068,9
	Valdelinares	2.699	25.470,7	42.168,5	16.697,8	4.848	45.755,7	75.751,7	29.996,1
SC	Valdezcaray	3.612	26.092,7	56.442,8	30.350,1	6.489	46.873,0	101.394,2	5.4521,1
	La Pinilla	1.835	14.895,0	28.671,8	13.776,8	3.296	26.757,5	51.506,3	24.748,8
	Puerto Navacerrada	1.353	4.576,3	21.133,2	16.556,8	2.430	8.220,9	37.963,7	29.742,8
	Sierra de Béjar	1.631	16.163,5	25.487,4	9.323,9	2.930	29.036,2	45.785,7	16.749,5
SP	Valdesquí	3.583	34.748,3	55.977,2	21.228,9	6.436	62.422,2	100.557,9	38.135,7
	Sierra Nevada	19.972	136.106,8	312.065,8	175.959,0	35.878	244.503,3	560.597,3	316.094,0
Media		5.005	47.647	78.197	30.549	8.990	85.594	140.473	54.879
Total		135.124	1.286.481	2.111.316	824.835	242.738	2.311.044	3.792.783	1.481.739

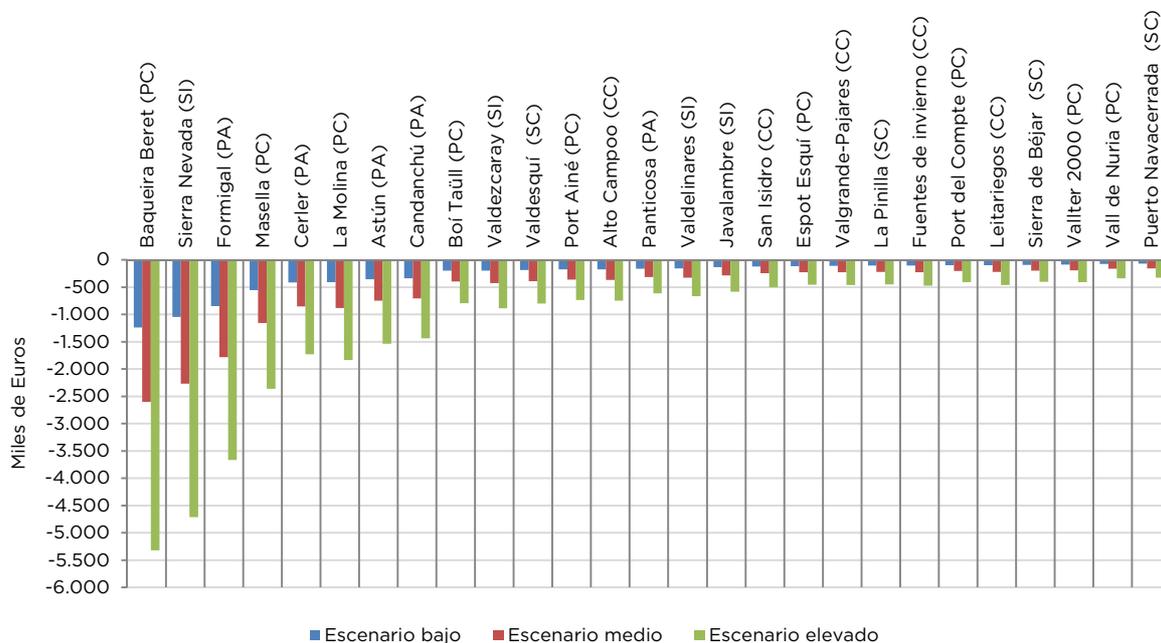
Fuente: Elaboración propia.

c) Balance de costes y beneficios para los diferentes escenarios climáticos

En la última etapa del análisis se pretende evaluar si el balance (mayoritariamente) positivo entre costes y beneficios observados para las dos opciones de adaptación sería suficiente para cubrir los costes originados por la reducción del número de *forfaits* vendidos asociado al menor número de días de temporada.

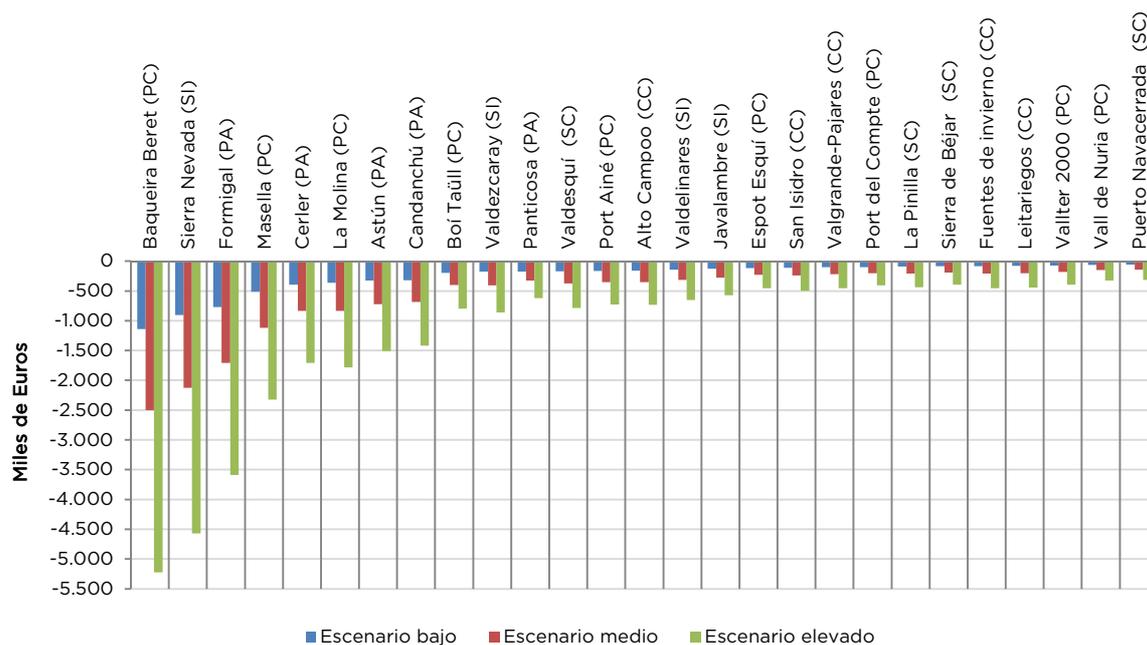
La Figura 18 y Figura 19 presentan el nuevo balance económico de las opciones 1 y 2 de adaptación para los diferentes escenarios climáticos. Se observa que todas las estaciones presentaron resultados negativos y que estos fueron casi idénticos para las dos opciones, apuntándose valores algo mejores en la opción 2. Los valores máximos fueron observados para la estación de Baqueira Beret (PC) 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 (Sistema Central) 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 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, respectivamente.

Figura 18. Estimación del balance económico entre el efecto económico asociado a los escenarios climáticos y la ampliación horaria nocturna (opción 1)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 19. Estimación del balance económico entre el efecto económico asociado a los escenarios climáticos y la ampliación horaria nocturna (opción 2)



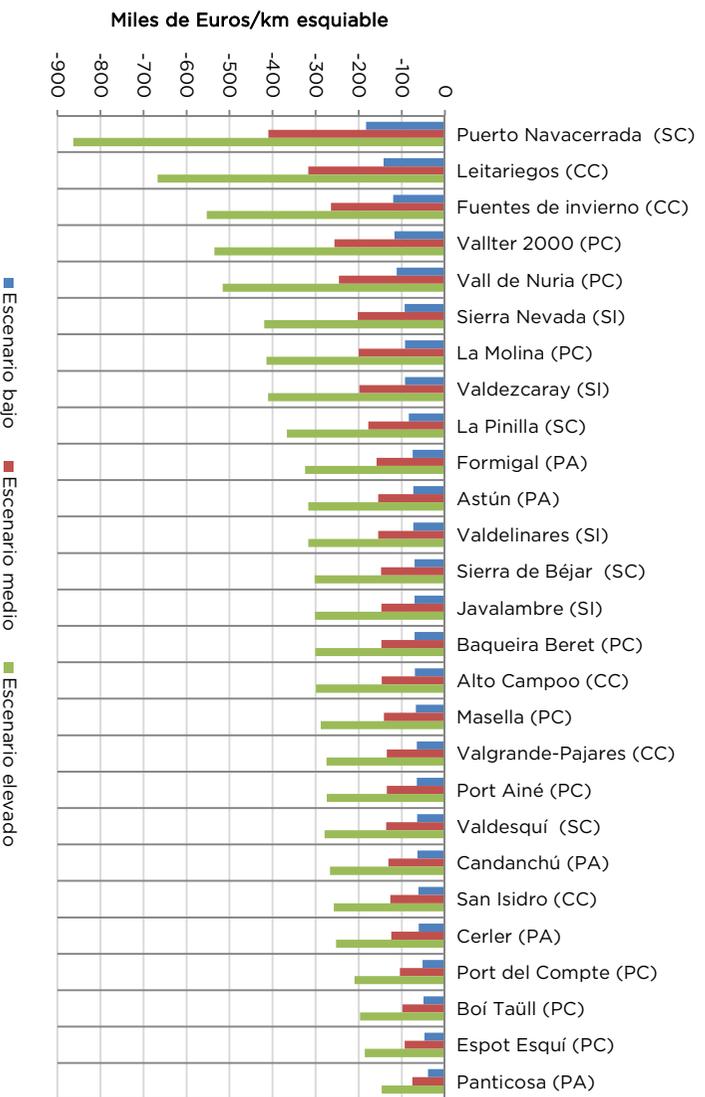
Fuente: Elaboración propia.

La Figura 20 y Figura 21 ofrecen un análisis similar, aunque en este caso se realiza una estimación del balance económico por km esquiable nocturno en cada estación. Tanto la magnitud del déficit estimado como el orden (decreciente) de las estaciones en términos de déficit cambian en este análisis en comparación con la estimación de los valores totales registrados en las figuras 18 y 19.

Por ejemplo, Puerto Navacerrada (SC) que había resultado como la estación con menor déficit en términos totales es ahora la que presenta valores más negativos en términos del balance económico por km esquiable nocturno. Los nuevos valores estimados varían entre aproximadamente -183 y -863 miles de Euros por km esquiable nocturno para el escenario de impacto bajo y elevado asociados a la opción 1 y -148 y -828 miles de Euros por km esquiable nocturno para los mismos escenarios en la opción 2.

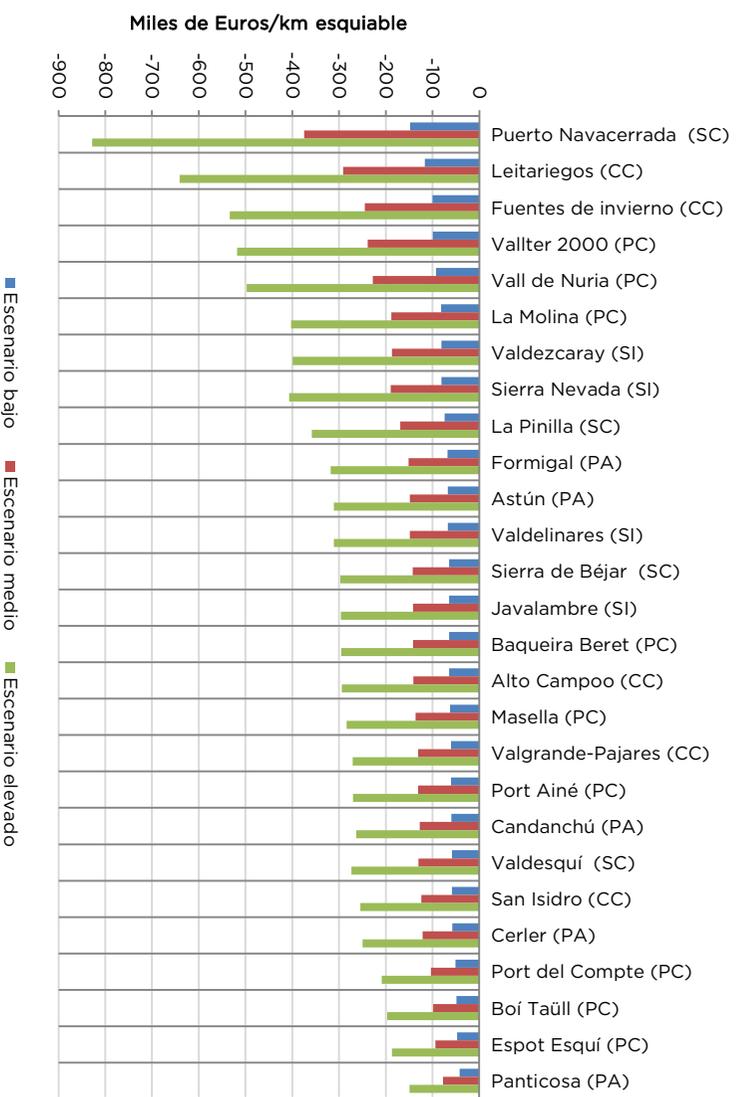


Figura 20. Estimación del balance económico asociado a los escenarios climáticos y a la ampliación horaria nocturna (opción 1)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 21. Estimación del balance económico asociado a los escenarios climáticos y a la ampliación horaria nocturna (opción 2)



Fuente: Elaboración propia.



6. *Análisis de resultados y propuestas*

En el capítulo anterior se han presentado sendos análisis de costes y beneficios de dos medidas de adaptación: la producción de nieve artificial y la ampliación horaria de las estaciones de esquí con el fin de implementar la modalidad de esquí nocturno.

El análisis económico tuvo algunas limitaciones. Entre estas, destacan: la no disponibilidad de escenarios climáticos adaptados a las zonas de estudio que motivó el desarrollo de escenarios hipotéticos; y la falta de datos al respecto de la innivación realizada en cada estación de esquí, habiendo tenido que adaptar datos obtenidos de la estación de La Molina para otras estaciones de esquí.

Como consecuencia, los resultados deben ser interpretados como una aproximación. Sin embargo, constituyen un análisis original basado en la utilización de datos empíricos tales como el espesor máximo mensual de nieve o el número de km de pistas abiertas en las estaciones durante las últimas temporadas.

Igualmente, los valores estimados de costes y beneficios asociados a la innivación como medida de adaptación podrían ser más elevados si se integrasen diversas externalidades negativas o positivas indicadas en la Tabla 7. A título de ejemplo, es importante referir el coste social de carbono asociado al incremento de consumo de energía eléctrica asociado a la innivación o a la ampliación horaria. Además, el elevado consumo de agua resultante de la mayor operación de los cañones de nieve podrá derivar en un impacto negativo, por ejemplo, en el balance hídrico de las respectivas regiones. La posibilidad de incrementar los beneficios indirectos en la economía local a consecuencia de las medidas de adaptación es otro aspecto que podría recibir más atención en análisis futuros.

En cuanto a los resultados obtenidos en el análisis económico, se puede concluir que algunas estaciones podrán tener grandes dificultades para soportar los costes



marginales asociados a la mayor necesidad de innivación en el futuro. El ejercicio de valoración realizado ha dado señales de esa situación a través de una comparación entre el número de *forfaits* que será necesario vender para poder compensar los costes de innivación.

Muchas estaciones de esquí ya han realizado, y siguen realizando, una fuerte apuesta por la innivación artificial como acción para garantizar no solamente la disponibilidad de nieve en periodos de menor precipitación de nieve, sino también como estrategia de marketing para atraer más esquiadores ofertando, por ejemplo, nuevas actividades recreativas de invierno o la posibilidad de esquiar en periodos no tan habituales. La realización de grandes inversiones es a menudo objeto de críticas, en particular cuando es soportada por fondos públicos, las cuales subrayan los posibles costes sociales y ambientales asociados a esta actividad.

Estrategias de adaptación del orden estructural como la conversión de las estaciones de esquí en centros recreativos de montaña o incluso el cambio de modelo económico hacia otras actividades económicas son más difíciles de realizar a corto plazo, pero deberán ser abordados por las estaciones a medio y largo plazo, sobre todo por parte de las más vulnerables al cambio climático.

La financiación de las medidas de adaptación deberá considerar un enfoque que integre el apoyo económico de las entidades privadas que se benefician directamente e indirectamente de las actividades recreativas de nieve.

En cuanto a la implementación de la modalidad de esquí nocturno, los resultados obtenidos indican que las estaciones de esquí podrán en general obtener un margen económico positivo. Sin embargo, dependiendo del escenario climático, que conllevaría diversos niveles de reducción de días de esquí, la medida de ampliación horaria aplicada de forma aislada en general no será suficiente para compensar las pérdidas derivadas de la reducción de la temporada de esquí.

Por último, cabe subrayar una vez más que los ecosistemas de alta montaña son considerados como muy vulnerables al cambio climático. Es importante que los actores implicados en el desarrollo territorial de estas zonas consideren la integración de distintos tipos de soluciones para un problema que es real, pese a la incertidumbre en cuanto a la magnitud de los efectos y de las posibles respuestas. Muchas estaciones ya han diversificado la oferta de actividades recreativas, pudiendo operar durante todo el año, y con resultados económicos positivos. La protección y conservación de los recursos nivales mediante acciones respetuosas con el medio ambiente deberá ser otro ámbito a explorar. Además, el monitoreo de variables climáticas y meteorológicas de una forma sistematizada es importante para poder conocer con mayor detalle la realidad de cada zona de análisis. Igualmente, la adecuación de modelos climáticos, en su gran mayoría de incidencia territorial de mayor escala, a una escala más detallada, es un desafío



que necesita ser considerado y que permitirá contribuir a la mejora de los sistemas de información y a la mejor elección de las medidas de adaptación más adecuadas a cada contexto territorial, socio-económico y ambiental.



7. Anexos

Tabla A1. Listado de personas entrevistadas.

Nombre	Organización	Fecha de la entrevista
Juan Carlos Ciscar	Institute for Prospective Technological Studies-Joint Research Center, IPTS-JRC (Sevilla)	02/03/2015
Anil Markandya	BC3 Basque Centre for Climate Change	04/03/2015
Marc Pons	Sustainability Measurement and Modeling Laboratory de la Universidad Politècnica de Catalunya (SUMMLAB-UPC)	09/03/2015
Salvador Galve	Grupo Aramón	10/04/2015
Gabriel Borràs Calvo	Oficina Catalana del Canvi Climàtic	16/04/2015
Representante ¹	Estación de Valdesquí	17/04/2015
Eduardo Valenzuela	Cetursa, empresa gestora de la estación de Sierra Nevada	23/04/2015
Albert Solà i Martí	Departamento de Turismo y Montaña, Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya (FGC)	22/06/2015

Notas: ¹ El entrevistado solicitó el anonimato.



8. Referencias

Aakre, S., D.T. Rübhelke (2010), Adaptation to climate change in the European Union: efficiency versus equity considerations. *Environmental Policy and Governance*, 20(3), 159-179.

Abegg, B., S. Agrawala, F. Crick, A. De Montfalcon (2007), Climate change impacts and adaptation in winter tourism. En 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.

Agrawala, S. (Ed.) (2007), *Climate change in the European Alps: Adapting winter tourism and natural hazards management* (pp. 25-58). Paris: Organization for Economic Cooperation and Development.

Ainslie, G. (1975), Specious reward: a behavioral theory of impulsiveness and impulse control. *Psychological Bulletin*, 82(4), 463-496.

Atkinson, S., T. Crocker (1992), Econometric health production functions: relative bias from omitted variables and measurement error. *Journal of Environmental Economics and Management* 22 (1), 12-24.

Atkinson, A.B., J.E. Stiglitz (1980), *Lectures in Public Economics*. McGraw-Hill Book Company, Singapore, 619 pp.

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*.



Azqueta, O.D. (1994), Valoración económica de la calidad ambiental. Ed. McGrawHill//Interamericana de España, S.A. España.

Bateman, I.J., A.P. Jones, N. Nishikawa, R. Brouwer (2000), Benefits transfer in theory and practice: A review. CSERGE Global Environmental Change Working Paper. Centre for Social and Economic Research on the Global Environment. University of East Anglia and University College London.

Banco Mundial (2010), Economics of Adaptation to Climate Change: Synthesis Report. The World Bank Group, Washington, DC, USA.

Bicknell, S., P. McManus (2006), The canary in the coalmine: Australian ski resorts and their response to climate change. *Geographical Research* 44, 386-400.

Breiling, M., P. Charamza (1999), The impact of global warming on winter tourism and skiing: a regionalized model for Austrian snow conditions. *Regional Environmental Change*, 1(1), 4-14.

Brent, R.J. (1996), *Applied Cost-Benefit Analysis*. Edward Elgar Publishing, Ltd., Cheltenham, UK and Northampton, MA, USA, 336 pp.

Brouwer, R. (2000), Environmental value transfer: state of the art and future prospects. *Ecological Economics*, 32, 137-52.

Brouwer, R., R. van Ek (2004), Integrated ecological, economic and social impact assessment of alternative flood control policies in the Netherlands. *Ecological Economics*, 50 (1-2), 1-21.

Brown, D.J., G. Heal (1979), Equity, efficiency and increasing returns. *The Review of Economic Studies*, 46, 571-585.

Civit, X. (2014), L'estratègia de les estacions d'esquí catalanes en un escenari de canvi climàtic. Jornada de debat IDAPA. La Seu d'Urgell. 27 de juny de 2014.

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.

Coase, R.H. (1937), The nature of the firm. *Economica*, 4, 386-405.

Coase, R.H. (1960), The problem of social cost. *Journal of Law and Economics*, 3, 1-44.

Consejería de Medio Ambiente (2011), Declaración de Impacto Ambiental. Proyecto: Instalación de nieve artificial y abastecimiento de agua a la estación de Alto Campoo. Gobierno de Cantabria.

Dawson, J., D. Scott (2010), Systems analysis of climate change vulnerability for the US Northeast ski sector. *Tourism Planning and Development* 7(3), 219-235.

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.



de Bruin, K., R.B. Dellink, A. Ruijs, L. Bolwidd, A. Van Buuren, J. Graveland, R.S. De Groot, P.J. Kuikman, S. Reinhard, R.P. Roetter, V.C. Tassone, A. Verhagen, E.C. van Ierland (2009), Adapting to climate change in The Netherlands: an inventory of climate adaptation options and ranking of alternatives. *Climatic Change*, 95 (1), 23-45.

Dessai, S., M. Hulme (2007), Assessing the robustness of adaptation decisions to climate change uncertainties: a case study on water resources management in the East of England. *Global Environmental Change*, 17, 59-72.

Dubois, G., J.P. Ceron (2006), Tourism and climate change: Proposals for a research agenda. *Journal of Sustainable Tourism*, 14 (4), 399-415.

Ebi, K.L., I. Burton (2008), Identifying practical adaptation options: an approach to address climate change-related health risks. *Environmental Science & Policy*, 11(4), 359-369.

Elsasser, H., R. Bürki (2002), Climate change as a threat to tourism in the Alps. *Climate Research* 20, 253-257.

Esteban, M., Q. Zhang, G. Longarte-Galnares (2012), Cost-benefit analysis of a green electricity system in Japan considering the indirect economic impacts of tropical cyclones. *Energy Policy* 43, 49-57.

Fankhauser, S., R.S.J. Tol (2005), On climate change and economic growth. *Resource and Energy Economics*, 27(1), 1-17.

Fukushima, T., M. Kureha, N. Ozaki, Y. Fujimori, H. Harasawa (2003), Influences of air temperature change on leisure industries: case study on ski activities. *Mitigation and Strategies for Climate Change* 7, 173-189.

Füssel, H.-M., S. Hallegatte, M. Reder (2012), International adaptation funding. En: *Climate Change, Justice and Sustainability: Linking Climate and Development Policy* [Edenhofer, O., J. Wallacher, H. Lotze-Campen, M. Reder, B. Knopf, and J. Müller (eds.)]. Springer, Dordrecht, Netherlands, pp. 311-330.

Gawel, E., C. Heuson, P. Lehmann (2012), Efficient Public Adaptation to Climate Change: An Investigation of Drivers and Barriers from a Public Choice Perspective. UFZ Discussion Paper No. 14/2012, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ, Leipzig, Germany, 27 pp.

Garrod, G., P. Allanson (1991), The choice of functional form for hedonic price functions. Discussion Paper 23, Countryside Change Initiative, University of Newcastle upon Tyne.

Grafakos, S. (2012), Participatory integrated assessment of flood protection measures for climate adaptation in Dhaka. *Environment and Urbanization*, 24(1), 197-213.

Grêt-Regamey, A., P. Bebi, I.D. Bishop, W.A. Schmid (2008), Linking GIS-based models to value ecosystem services in an Alpine region. *Journal of Environmental Management* 89, 197-208.



Grothmann, T., A. Patt (2005), Adaptive capacity and human cognition: the process of individual adaptation to climate change. *Global Environmental Change*, 15, 199-213.

Hallegatte, S. (2006), A Cost-Benefit Analysis of the New Orleans Flood Protection System. AEI-Brookings Joint Center. Regulatory Analysis. 06-02.

Hallegatte, S., J.C. Hourcade, P. Dumas (2007), Why economic dynamics matter in assessing climate change damages: illustration on extreme events. *Ecological Economics*, 62, 330-340.

Hallegatte, S., P. Dumas (2009), Can natural disasters have positive consequences? Investigating the role of embodied technical change. *Ecological Economics*, 68, 777-786.

Hanley, N., R.E. Wright, V. Adamowicz (1998), Using choice experiments to value the environment - design issues, current experience and future prospects. *Environmental and Resource Economics*, 11(3), 413-428.

Hendriks, 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.

Hennessy, K., P. Whetton, I. Smith, J. Bathols, M. Hutchinson, J. Sharples (2003), The impact of climate change on snow conditions in mainland Australia. CSIRO Atmospheric Research, 47 pp., Aspendale, Australia.

Hinkel, J., R.J. Nicholls, R.S. Tol, Z.B. Wang, J.M. Hamilton, G. Boot, A.T. Vafeidis, L. McFadden, A. Ganopolski, R. J. Klein (2013), A Global Analysis of Coastal Erosion of Beaches due to Sea-level Rise: An Application of DIVA. In: *Global and Planetary Change* 111, 150-158.

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.

IPCC (2014a), *Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability*.

IPCC (2014b), *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad - Resumen para responsables de políticas. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza, 34 págs.

Jacoby, H., M. Rabassa, E. Skoufias (2011), *Distributional Implications of Climate Change in India*. Policy Research Working Paper No. 5623, Poverty Reduction and Equity Unit, Poverty Reduction and Economic Management Network, The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, Washington, DC, USA, 56 pp.



- Johnson, E.J., D. Goldstein (2003), Do defaults save lives? *Science*, 302(5649), 1338- 1339.
- Julius, S.H., J.D. Scheraga (2000), The TEAM model for evaluating alternative adaptation strategies. En: *Research and Practice in Multiple Criteria Decision Making: Proceedings of the XIVth International Conference on Multiple Criteria Decision Making (MCDM)*, Charlottesville, VA, USA, June 8-12, 1998 [Haimes, Y.Y. and R.E. Steuer (eds.)]. Part II, Vol. 487, *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, Germany, pp. 319-330.
- Kanbur, R. (2010), Macro crises and targeting transfers to the poor. In: *Globalization and Growth: Implications for a Post-Crisis World* [Spence, M. and D. Leipziger (eds.)]. The Commission on Growth and Development, The World Bank Group, Washington, DC, USA, pp. 109-122.
- Keeney, R.L., H. Raiffa (1993), *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 569 pp.
- Koetse, M., P. Rietveld (2012), Adaptation to climate change in the transport sector. *Transport Reviews*, 32(3), 267-286.
- König, U., B. Abegg (1997), Impacts of climate change on tourism in the Swiss Alps. *Journal of Sustainable Tourism* 5(1), 46-58.
- Krueger, A. O. (1990), Government failures in development. *Journal of Economic Perspectives*, 4 (3), 9-23.
- Kubal, C., D. Haase, V. Meyer, S. Scheuer (2009), Integrated urban flood risk assessment – adapting a multicriteria approach to a city. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 9(6), 1881-1895.
- Llebot, J. E., A. Queralt, J. Rodó (ed.). 2005. Informe sobre el canvi climàtic a Catalunya. Institut d'Estudis Catalans. Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya. Barcelona.
- Llebot, J.E. (ed.) (2010), Segon informe sobre el canvi climàtic a Catalunya. Barcelona: CADS i Institut d'Estudis Catalans.
- Mäler, K.G. (1974), *Environmental Economics*, Baltimore, Johns Hopkins University Press.
- Martinez-Alier, J., G. Munda, J. O'Neill (1998), Weak comparability of values as a foundation for ecological economics. *Ecological Economics*, 26, 277-286.
- McBoyle, G., G. Wall (1987), The impact of CO₂ induced warming on downhill skiing in the Laurentians. *Cahiers de Géographie du Québec* 31(82), 39-50.
- Mendelsohn, R. (2000), Efficient adaptation to climate change. *Climatic Change*, 45, 583-600.
- Moen, J., P. Fredman (2007), Effects of Climate Change on Alpine Skiing in Sweden. *Journal of Sustainable Tourism* 15(4), 418-437.



Musgrave, R.A., P.B. Musgrave (1973), *Public Finance in Theory and Practice*. McGraw Hill, Inc., US, New York, NY, 650 pp.

National Research Council (2010), *Adapting to the Impacts of Climate Change. America's Climate Choices: Panel on Adapting to the Impacts of Climate Change*, Division on Earth and Life Studies, National Research Council, The National Academies Press, Washington, DC, 272 pp.

New, M., M. Hulme (2000), Representing uncertainty in climate change scenarios: a Monte-Carlo approach. *Integrated Assessment*, 1(3), 203-213.

Nicholls, R.J., R.S.J. Tol (2006), Impacts and responses to sealevel rise: a global analysis of the SRES scenarios over the twenty-first century. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. A*, 364, 1073-1095.

OECC-UCLM (2005), *Principales conclusiones de la evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático*. Madrid. Ministerio de Ambiente.

Ojea, E., R.K. Ghosh, B.B. Agrawal, P.K. Joshi (2012), Costing adaptation to climate change impacts in forest ecosystems: A case study with experiences from India. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, Vol. 4 (3), 323-341.

Osberghaus, D., A. Dannenberg, T. Mennel, B. Sturm (2010), The role of the government in adaptation to climate change. *Environment and Planning C: Government and Policy*, 28(5), 834-850.

López, F.P. (1996), Turismo de invierno y estaciones de esquí en el Pirineo catalán. *Investigaciones Geográficas*. Núm. 15, pp. 19-39.

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.

Qin, X.S., G.H. Huang, A. Chakma, X.H. Nie, Q.G. Lin (2008), A MCDM-based expert system for climate-change impact assessment and adaptation planning - a case study for the Georgia Basin, Canada. *Expert Systems with Applications*, 34(3), 2164-2179.

Rixen, C., M. Teich, C. Lardelli, D. Gallati, M. Pohl, M. Pütz, P. Bebi (2011), Winter Tourism and Climate Change in the Alps: An Assessment of Resource Consumption, Snow Reliability, and Future Snowmaking Potential. *Mountain Research and Development*, 31(3), 229-236.

Rojas, R., L. Feyen, P. Watkiss (2013), Climate change and river floods in the European Union: Socio-economic consequences and the costs and benefits of adaptation. *Global Environ. Change* 23(6), 1737-1751.

Samuelson, P.A. (1954), The pure theory of public expenditure. *Review of Economics and Statistics*, 36(4), 387-389.



Saurí, D., J.C. Llordés (2010), El turisme. En; Llebot, J. E. (Coord.) (2010). Segon informe sobre el Canvi Climàtic a Catalunya. Institut d'Estudis Catalans i Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible. Generalitat de Catalunya.

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.

Smith, J.B., S.S. Lenhart (1996), Climate change adaptation policy options. *Climate Research*, 6, 193-201.

Spash, C.L., A. Vatn (2006), Transferring environmental value estimates: Issues and alternatives. *Ecological Economics* 60(2), 379-388.

Steiger, R. (2012), Scenarios for skiing tourism in Austria: integrating demographics with an analysis of climate change. *Journal of Sustainable Tourism* 20(6), 867-882.

Steiger, R., B. Abegg (2013), The sensitivity of Austrian Ski areas to climate change. *Tourism, Planning and Development* 10(4), 480-493.

Steiger, R., M. Mayer (2008), Snowmaking and climate change. Future options for snow production in Tyrolean ski resorts. *Mountain Research and Development* 28(3/4), 292-298.

Stern, N. (2006), *Stern Review: Economics of Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 692 pp.

Suarez, P., A.G. Patt (2004), Cognition, caution, and credibility: the risks of climate forecast application. *Risk Decision and Policy*, 9(1), 75-89.

Tebaldi, C., R. Smith, D. Nychka, L. Mearns (2005), Quantifying uncertainty in projections of regional climate change: a Bayesian approach to the analysis of multi-model ensembles. *Journal of Climate*, 18, 1524-1540.

Trope, Y., N. Liberman (2003), Temporal construal. *Psychological Review*, 110(3), 403-421.

Turner R.K., D. Pearce, I. Bateman (1994), *Environmental economics. An elementary introduction*. Hemel Hempstead: Harvester Wheatsheaf, 324 pp.

Tversky, A., D. Kahneman (1974), Judgment under uncertainty: heuristics and biases. *Science, New Series*, 185(4157), 1124-1131.

Tversky, A., E. Shafir (1992), Choice under conflict: the dynamics of deferred decision. *Psychological Science*, 3(6), 358-361.

Uhlmann, B., S. Goyette, M. Beniston (2009), Sensitivity analysis of snow patterns in Swiss ski resorts to shifts in temperature, precipitation and humidity under condition of climate change. *International Journal of Climatology* 29, 1048-1055.



UNFCCC (2011), *Assessing the costs and benefits of adaptation options*. Bonn, Germany.

Vargas, P. (2009), *El Cambio Climático y sus efectos en el Perú*. Lima: Banco Central de Reserva del Perú. DT. N°2009-14.

Viguie, V., S. Hallegatte (2012), *Trade-offs and synergies in urban climate policies*. *Nature Climate Change*, 2, 334-337.

Villar San Pedro, J.M., J. Bellosta Malo (2004), *La nieve en Aragón. Actuaciones de desarrollo y mejora de la estación de Formigal*. *Ingeniería y territorio*, ISSN 1695-9647, N° 66, 82-87.

Wang, W.W., B.A. McCarl (2013), *Temporal investment in climate change adaptation and mitigation*. *Climate Change Economics*, 04(02), 18 pp.

Williamson, O.E. (1979), *Transaction-cost economics: the governance of contractual relations*. *Journal of Law and Economics*, 22(2), 233-261.

Wing, I.S., K. Fisher-Vanden (2013), *Confronting the challenge of integrated assessment of climate adaptation: a conceptual framework*. *Climatic Change*, 117(3), 497-514.



Fundació ENT
Sant Joan, 39 1r
08800 Vilanova i la Geltrú
+34 93 893 51 04
info@ent.cat // www.ent.cat

@ENTmediambient 

ENTmediambient 

ENT Environment & Management 



Con el apoyo de:

