

Estudio y análisis sobre el estado del conocimiento de los efectos del CAMBIO CLIMÁTICO en los dominios esquiables y las medidas adoptadas en alguna de las estaciones de esquí de Aragón



Documento 4: Resumen Operativo

Noviembre 2017

Promueve y dirige: Dirección General de Sostenibilidad. Departamento de Desarrollo Rural y Sostenibilidad
Realiza: Folia Consultores S.L.



1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático es, mal que nos pese, una realidad, si bien la magnitud de sus efectos aún está por concretarse, y dependerá, a día de hoy, de la capacidad del conjunto de la humanidad para minimizar la emisión de los gases efecto invernadero que lo provocan. En la medida que estas emisiones sean: ninguna, pocas o muchas; sus efectos serán: limitados, importantes o incontrolables.

En cualquier caso, hay diversas áreas de la tierra que sufrirán en mayor medida los efectos del cambio climático. Unas de ellas son las zonas montañosas. La actividad turística del esquí está ligada a ellas, habiéndose convertido a día de hoy, y dentro del contexto socioeconómico actual, en una actividad clave para las comunidades que habitan estas zonas, resultando un factor determinante para el empleo y el crecimiento económico, y fuente de ingresos para empresas y administraciones.

Saber cómo les afectará el cambio climático se ha convertido en una cuestión relevante para entender cuál puede ser el futuro económico y social de las áreas de montaña, y así poder ir tejiendo estrategias de desarrollo que incorporen esta nueva realidad de la que, si bien aún desconocemos su magnitud exacta, sí sabemos que poco a poco se está abriendo paso y concretando en una terca y novedosa situación ante la que únicamente disponemos de herramientas limitadas para hacerle frente.

La cuestión es ¿qué nuevos escenarios climáticos se avecinan y cuando se harán realidad? ¿Podrán las estaciones de esquí adoptar medidas para seguir siendo viables en tales condiciones?



2. MARCO GENERAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO

El último informe del *IPCC* (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático de la ONU), arroja una serie de resultados concluyentes (de forma coherente con los de los anteriores informes), incorpora nuevos datos (sobre todo del efecto del cambio climático en los océanos), y aporta una mayor seguridad respecto de la responsabilidad de la influencia humana en el cambio del clima debido a las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). En resumen, pone de manifiesto que:

- El calentamiento del sistema climático desde 1950 se manifiesta en la subida de temperaturas de la atmósfera y los océanos, en la disminución de la cantidad y extensión de las masas de hielo y nieve y en la subida del nivel del mar.
- **La temperatura media global muestra un incremento de 0,89 °C** (entre 0,69 y 1,08°C) en el periodo 1901-2012.
- Se han observado cambios en episodios extremos desde 1950.
- La capa superior del océano (0 - 700 m) se ha calentado en el periodo 1971 - 2010, aumentando el contenido de calor del océano superficial en dicha capa.
- El nivel medio del mar a nivel global ha aumentado en 0,19 m en el periodo 1901 - 2010, acelerándose la tasa de ascenso en los dos últimos siglos.
- La concentración de CO₂ en la atmósfera ha aumentado como resultado de la actividad humana, fundamentalmente por el uso de combustibles fósiles y la deforestación, con una menor contribución de la producción de cemento.
- Las concentraciones actuales de CO₂, CH₄ y N₂O exceden sustancialmente el rango de concentraciones registradas en los testigos de hielo durante los pasados 800.000 años.
- El pH de agua oceánica ha decrecido en 0,1 desde el comienzo de la era industrial, que corresponde a un aumento del 26% de concentración de iones hidrógeno.
- Las nuevas estimaciones realizadas del Forzamiento Radiativo –FR- (2,3 W/m² desde 1750 para el año 2011) son un 44% más altas que las del 2005 y tienen un efecto global de calentamiento.
- **El factor que contribuye en mayor medida al forzamiento radiativo es el aumento en la concentración atmosférica de CO₂.**
- **La influencia humana en el clima ha causado (con probabilidad superior al 95%) más de la mitad del aumento observado en la temperatura superficial media global en el periodo 1951-2010, lo que ha originado calentamiento de los océanos, fusión del hielo y nieve, elevación del nivel del mar y cambio en algunos extremos climáticos en la segunda mitad del siglo XX.**

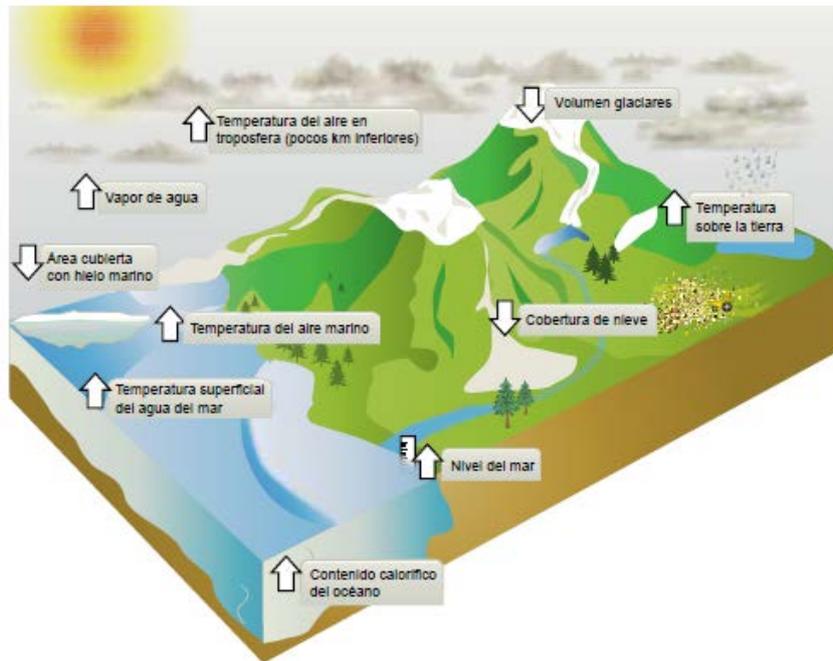


Figura 1. Análisis independientes de muchos componentes del sistema climático muestran tendencias consistentes con el calentamiento global (las flechas indican el sentido del cambio). Fuente: MAGRAMA. Cambio Climático: Informe de síntesis. Guía resumida del quinto informe del IPCC. Basado en IPCC, 2013. Cambio climático 2013: Bases Físicas.

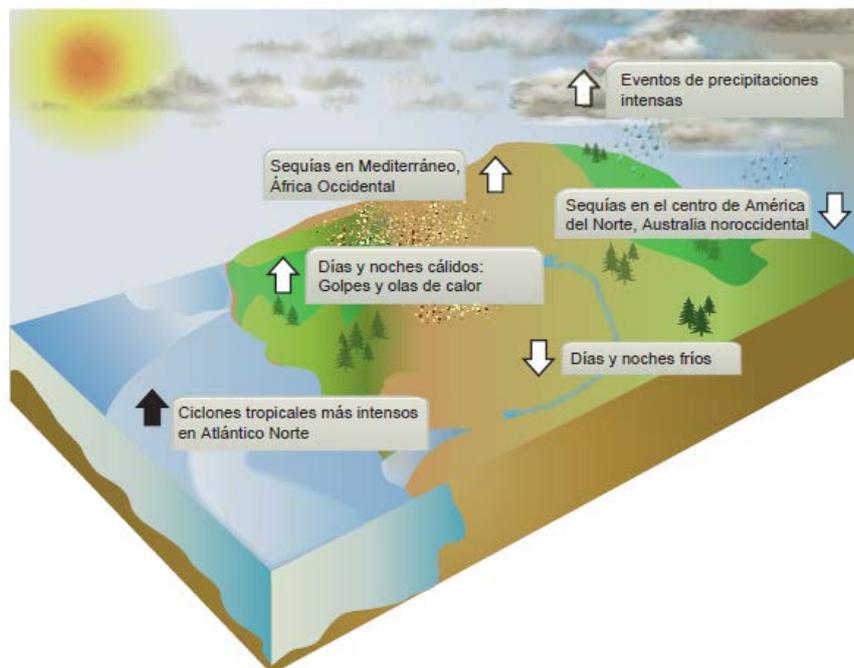


Figura 2. Tendencias en la frecuencia o intensidad de diferentes extremos climáticos (las flechas indican el signo del cambio) desde mediados del siglo XX (excepto los temporales en el Atlántico Norte en los que el período considerado es desde los 1970s). Fuente: MAGRAMA. Cambio Climático: Informe de síntesis. Guía resumida del quinto informe del IPCC. Basado en IPCC, 2013. Cambio climático 2013: Bases Físicas.



Así mismo, el *IPCC* ha particularizado para grandes regiones los resultados globales. Las consecuencias previstas para la Región Mediterránea son:

- **Un incremento de temperatura superior a la media global, más pronunciado en los meses estivales que en los invernales.** Para el escenario *RCP8.5* y para finales del siglo XXI, la Región Mediterránea experimentará incrementos medios de temperatura de 3,8°C y de 6,0°C en los meses invernales y estivales, respectivamente.
- **Una reducción de la precipitación anual sobre la península Ibérica, que será más acusada cuanto más al sur.** Las precipitaciones se reducirán fuertemente en los meses estivales. Para el escenario *RCP8.5* y para finales del siglo XXI, la Región Mediterránea experimentará reducciones medias de precipitación de 12% y de 24% en los meses invernales y estivales, respectivamente.
- Un aumento de los extremos relacionados con las precipitaciones de origen tormentoso.

En España, en un esfuerzo por particularizar los efectos del cambio climático pro CC. AA., la Guía de Escenarios Regionalizados de Cambio Climático sobre España realizada a partir de los resultados del *IPCC-AR4* por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) con el objetivo de ofrecer los resultados más relevantes de los trabajos llevados a cabo en AEMET en el contexto de cambio climático a escala regional. **Este documento prevé para Aragón:**

- Un aumento del valor medio de la temperatura máxima a lo largo de todo el período anual, entre 4 y 6 °C, y de entre 2 y 4 °C en el periodo invernal, manifestándose a final de siglo mayor incremento para los escenarios de mayores emisiones.
- Un aumento del valor medio de la temperatura mínima a lo largo de todo el período anual, entre 3 y 5 °C, y de entre 1 y 3 °C en el periodo invernal, manifestándose a final de siglo mayor incremento para los escenarios de mayores emisiones.
- Una disminución de la tasa de precipitación, con la disminución de los días de lluvia, pudiéndose esperar mayor duración de los períodos secos, lo que aumentaría el riesgo de sequías.

Y, en concreto, para las **áreas de montaña** aragonesas:

- De los datos de los informes del *IPCC* y de las proyecciones regionales se puede concluir que en las áreas de montaña pirenaicas y turolenses en las que se ubican las estaciones de esquí aragonesas se prevé que el cambio climático comporte un ascenso de temperaturas medias, coherentemente con el resto de su entorno, de entre 2 y 5° centígrados para 2100.
- En época invernal, se espera un aumento de las temperaturas medias máximas para el 2100 entre 2 y 5° centígrados, mientras que el de las temperaturas medias mínimas se estima entre 1 y 4° centígrados. Estas subidas serán más acusadas a partir de 2050, de forma que, para ese momento, el incremento se prevé en torno a 2° centígrados en el caso de las temperaturas medias máximas invernales y entre 1 y 2° centígrados para las temperaturas medias mínimas invernales.
- El caso de las precipitaciones presenta aún mucha incertidumbre, sin embargo los últimos resultados obtenidos (sobre todo los derivados del escenario *RCP 8.5*) indican cierta tendencia hacia una disminución de las precipitaciones invernales, sin que, al parecer, ésta vaya a mostrarse claramente antes del 2050.



La población mundial, el desarrollo económico y el cambio tecnológico, constituyen factores clave cuya evolución e interacción mutua determina la emisión de más o menos gases de efecto invernadero (GEI).

Los escenarios de emisión (SRES) describen, de forma simplificada, las principales alternativas futuras de concentración de GEI, y son la base para el desarrollo de los modelos climáticos de circulación general.

Las denominadas Sendas Representativas de Concentración (RCP), son escenarios de emisión capaces de contemplar tanto las posibles evoluciones socioeconómicas y tecnológicas, como los efectos de las políticas orientadas a limitar el cambio climático del siglo XXI.

Constituyen, por tanto, una actualización de los escenarios de emisiones (SRES).

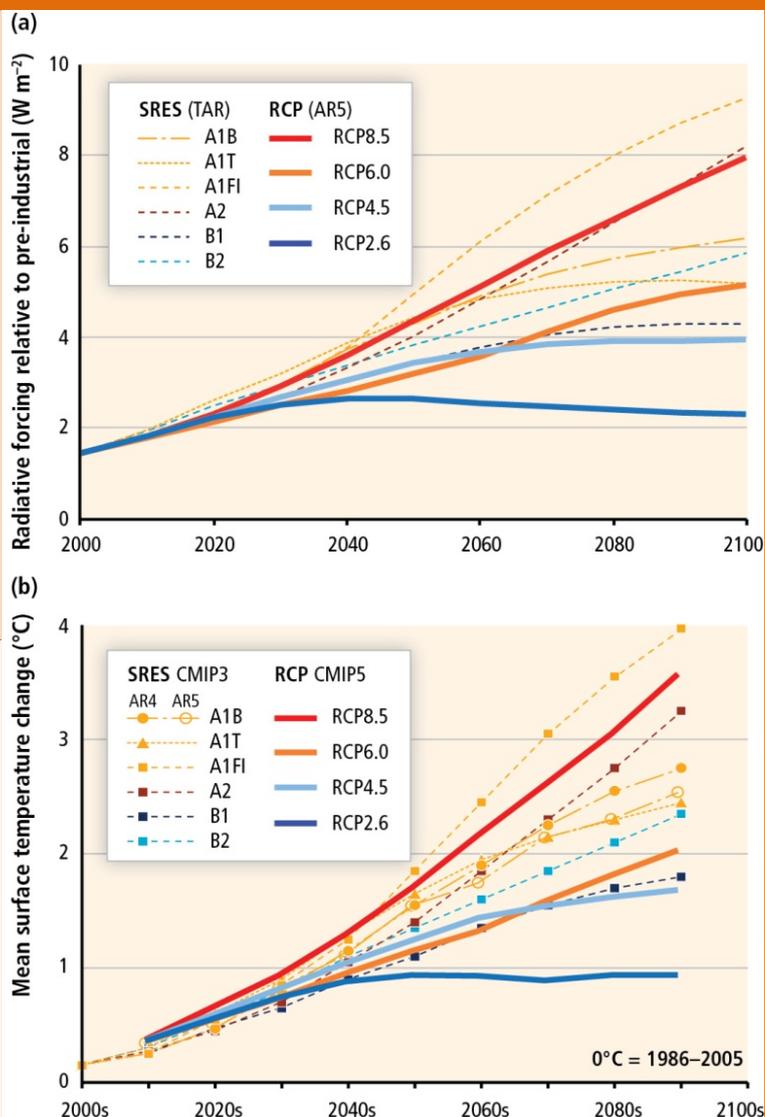


Figura 1. Proyecciones de forzamiento radiativo y temperaturas. Comparativa entre SRES y RCP. Fuente: IPCC, 2014. Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad.

En la comparativa (SRES – RCP) del cuadro anterior puede verse que, en escenarios de altas emisiones, las previsiones de aumento de temperaturas para el SRES A2 es similar, aunque algo más optimista, que el RCP 8.5, mientras que para emisiones medias, los SRES B1 y B2 son bastante similares a las RCP 4.5 y RCP 6.0, respectivamente. Por su parte el RCP 2.6 no tiene equivalente al plantear un escenario de cese completo de emisiones lo que, sin embargo, no hace prever una vuelta a las temperaturas previas al año 2000, sino únicamente un estancamiento de los aumentos previstos.



3. EL TURISMO DE MONTAÑA EN INVIERNO. EL ESQUÍ

El sector del turismo desempeña un papel importante en muchas economías de todo el mundo. En 2013, los viajes y el turismo contribuyeron al PIB global en un 9,5% y se prevé que crezca un promedio del 4,2% anual en los próximos diez años, y más rápidamente que otros sectores importantes como el financiero y servicios empresariales, el transporte o la industria (WTTC, 2014). **El turismo de invierno en particular, ha experimentado en los últimos años un importante aumento, convirtiéndose en un factor clave, desde el punto de vista económico, para muchas comunidades locales e incluso a nivel regional o nacional.**

Burakowski *et al.* (2012) constata la importancia del turismo invernal en EE.UU. Utilizando datos recopilados en la temporada 2009/10 pone de manifiesto que: los deportes de invierno se desarrollan en 38 estados de la Unión; con **más de 23 millones de personas** en actividades deportivas de invierno (dato medido a través de visitas a estaciones de esquí alpino y motos de nieve). Esto supuso **un consumo estimado de 12,2 billones de dólares** teniendo en cuenta el gasto en: estaciones de esquí, hoteles, restaurantes, bares, tiendas de comestibles y gasolineras; con 59,8 millones de días de esquí y snowboard, y 14,5 millones de viajes en motos de nieve en 2009 / 10. En esa temporada las actividades deportivas de invierno generaban **211.900 empleos**, lo que suponía un total de **7 mil millones de dólares en salarios**. A su vez, **esta actividad económica liquidó 1,4 mil millones de dólares en impuestos estatales y locales y 1,7 mil millones de dólares en impuestos federales.**

Abegg *et al.* (2007) cifraban en cerca de **50.000 millones de euros de facturación anual lo generado por las actividades turísticas en los Alpes, proporcionando entre un 10 y un 12% de los puestos de trabajo de la región**. Originalmente, el principal motor del turismo en los Alpes fue el turismo de verano, sin embargo, frente al estancamiento de esta actividad desde principios de los años setenta del siglo pasado, el turismo de invierno se ha ampliado considerablemente, compensado la “crisis del verano alpino”. Hoy hay más de 600 estaciones y 10.000 instalaciones de esquí en los Alpes, siendo el principal destino turístico invernal en el mundo.

Los principales destinos de esquí de invierno en Europa son: **Francia, Suiza, Austria e Italia**. Estos cuatro países combinados **proporcionan más del 85% del área de esquí de Europa**, y han invertido mucho en la industria del esquí con el desarrollo de un gran número de estaciones de esquí y de infraestructuras. Y es que, la industria del turismo de invierno, proporciona una contribución significativa a la economía de estos países. Por ejemplo, para **muchas de las áreas alpinas de Suiza, el turismo de invierno representa la fuente más importante de ingresos y permite el crecimiento económico regional de estas zonas rurales de montaña**. En Austria, la industria del **turismo de invierno representa el 4,5% del PNB de Austria** y supone la mitad de los ingresos por turismo.

Las estaciones de esquí francesas vendieron cerca de 52 millones de días de esquí durante la temporada 2015 / 16, según Domaines Skiabiles de France (DSF), seguida de Austria con 49,9 millones de días de esquí. Francia cuenta con más de 357 estaciones de esquí, un poco menos del 9% de la cuota mundial, y los deportes de invierno representan alrededor del 18% de su economía turística, según la cámara de comercio franco-británica. En este país se crean más de 100.000 puestos de trabajo en los centros turísticos durante la temporada de invierno, incluyendo 18.000 en el negocio de esquí y 15.000 puestos de temporada.



La industria del esquí es igualmente un factor económico determinante en Canadá, Australia, Japón o Corea del Sur.

En España, durante las temporadas 2005 a 2012, se registraron de media 6 millones de días de esquí, lo que supuso una facturación para las estaciones españolas de 103 millones de euros de media. El conjunto de las estaciones disponen de 190.095 plazas hoteleras (Guía Oficial de Estaciones de Esquí de España 2017).

Así pues, **el desarrollo futuro del turismo de esquí es esencial para las zonas rurales y periféricas de amplias regiones montañosas, así como para su bienestar socio-cultural y económico, y es relevante para las economías locales, regionales y nacionales.** El esquí es mucho más que una actividad desarrollada por empresas privadas, constituye la base de un desarrollo económico y social por lo que, en muchas regiones, las administraciones públicas desempeñan un papel importante para mejorar las infraestructuras y promover el esquí y, en algunos casos, participan o subvencionan el desarrollo de las estaciones de esquí o su modernización, principalmente para tratar de garantizar la presencia de nieve, factor clave para la viabilidad del sector.

No es pues de extrañar que la investigación sobre los impactos del cambio climático en el turismo de invierno haya ganado cada vez más interés en los últimos años. **El turismo deportivo de invierno, o más específicamente la industria del esquí, ha sido repetidamente identificada por las evaluaciones gubernamentales como altamente vulnerable al cambio climático global** (Canadá, 1998, ACACIA 2000, Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático 2001, Organización Mundial del Turismo [OMT] 2003).

En múltiples publicaciones sobre el cambio climático **se recomienda un enfoque de planificación integral del cambio climático por parte de las estaciones de esquí y la industria del esquí** (Scott *et al.*, 2007; Scott *et al.*, 2008; Bark *et al.*, 2010; Steiger, 2010). La consideración de "ganadores y perdedores" del cambio climático depende fundamentalmente de los impactos adversos que probablemente se experimentarán en varios destinos (Scott *et al.*, 2008). Estar en uno u otro grupo también dependerá de la capacidad de adaptación de cada destino, la utilización de estrategias de adaptación apropiadas y por los impactos y acciones de los competidores (Scott *et al.*, 2008a). Por lo tanto, **es necesario que, en base a investigaciones más localizadas en espacios muy concretos, las áreas de esquí creen enfoques localizados para mitigar los impactos adversos del cambio climático proyectado** (Scott *et al.*, 2007; Scott *et al.*, 2008; Bark *et al.*, 2010).

De esta forma, **para que la industria del esquí pueda enfrentar con éxito el cambio climático debe comprender cómo van a evolucionar en su área de influencia los siguientes factores:**

- El impacto relativo del cambio climático en la estación y sus competidores;
- Los costos de la fabricación de nieve artificial;
- La respuesta de la demanda a las nuevas condiciones: pérdida de calidad paisajística, disminución de nieve, pérdida de dominio, etc.;
- El impacto de otras estrategias de adaptación, tales como la diversificación comercial, el seguro climático y los derivados;
- La redistribución de la cuota de mercado basada en los impactos intra e interregionales y el aumento de los costos derivados de la adaptación;



- La capacidad de la estación de generar ingresos suficientes a pesar de las preocupaciones anteriores.

3.1. INDICADORES DE VIABILIDAD DE LAS ESTACIONES DE ESQUÍ

Existen indicadores que se han ido extendiendo y se han adoptado como claves para la identificación de la vulnerabilidad de las estaciones de esquí. Destaca la **regla de los cien días** (Witmer, 1986), empleada como tal por Abegg (Abegg 1996, Abegg *et al.*, 2007), el primero en Europa que se ocupó de los impactos del cambio climático en el turismo invernal. **Se trata de una regla sobre la duración de la temporada de esquí en condiciones adecuadas para su práctica y establece que un área de esquí solo puede funcionar con éxito si una cobertura de nieve suficiente de 30 cm¹ dura, al menos, 100 días en 7 de cada 10 temporadas a la altitud media del área de esquí.** Aunque no es una regla estricta sino más bien una herramienta de trabajo, **ha sido contrastada por las estaciones de esquí y se ha consolidado como una definición estándar para la fiabilidad de la nieve.**

Otro indicador que empieza a considerarse relevante desde el punto de vista de la rentabilidad es **el estado de la estación durante el periodo navideño, tanto la propia apertura de la estación como que estén operativas partes cruciales del dominio esquiable** (por ejemplo las conexiones entre zonas de esquí) (Steiger, 2010). Las Navidades resultan clave desde la perspectiva del marketing ya que los días esquiabiles perdidos en las vacaciones de Navidad pueden dañar la reputación de los destinos. Si las condiciones de esquí no son suficientes durante ese período, las reservas se resienten y las ventas de pases de temporada se reducen. Además se debe tener en cuenta que este periodo es determinante en las cuentas de numerosas estaciones de esquí, se calcula que entre el 20 y el 30% de los ingresos de invierno en Austria se generan durante estas dos semanas, mientras que en el Noroeste de los EE.UU este cálculo se estima entre el 15 y el 20 % (Scott *et al.*, 2008) por lo que incluso ligeras pérdidas de días esquiabiles tienen un impacto financiero potencialmente alto.

Otro elemento a tener en cuenta es la duración de la temporada, especialmente de la primera parte de la misma, las semanas anteriores a Navidad, que sin duda se revela como mucho más importante, tanto económica como estratégicamente, que la final, más vinculada a la Semana Santa.

3.2. VIABILIDAD DE LAS ESTACIONES DE ESQUÍ

¹ Comúnmente se acepta que una capa de nieve de 30 cm en pistas es suficiente para esquiar en buenas condiciones. Ahora bien, esto es así siempre y cuando la superficie de la pista sea regular (sin piedras que sobresalgan) y en su mayor medida se trate de una superficie herbácea. Cuando estas condiciones no se dan (porque hay piedras o matorrales), la capa de nieve tiene necesariamente que ser mayor, de 40 a 50 cm, según las circunstancias, lo que resulta un problema en zonas de nieve limitada. Esto ha conllevado trabajos de mejora y adaptación de terreno en la mayor parte de las estaciones, algunas de ellas muy relevantes como en las zonas elevadas de los Alpes, en terrenos pedregosos carentes de sustrato para mantener una capa herbácea, donde se han realizado trabajos de molido y refinado de piedra, transformando completamente el entorno, a fin de poder disponer de una superficie suficientemente plana para que se pueda esquiar con una capa de nieve lo más delgada posible.



3.2.1. DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL MANTO DE NIEVE

Es muy difícil comparar los resultados de los diferentes trabajos y publicaciones a nivel mundial debido a la variedad de: metodologías utilizadas; los diferentes parámetros considerados en la evaluación de la viabilidad de la industria del esquí en condiciones de cambio climático y los diversos modelos climáticos; los escenarios de emisiones o calentamiento; los horizontes temporales y las escalas de análisis utilizados. Pese a ello, sí se pueden sustentar algunas conclusiones básicas clave para la industria del esquí:

Desde el punto de vista de la viabilidad de las estaciones basadas en la influencia del cambio climático sobre el manto de nieve, las diferentes publicaciones ponen de manifiesto que:

- **En todas las regiones montañosas del mundo se va a producir**, en mayor o menor medida, **un aumento de temperatura** que, a medio o largo plazo, influirá decisivamente en la viabilidad de las estaciones de esquí, al elevar la cota de nieve natural y disminuir la duración de la temporada.
- Dado que **el aumento de temperatura previsto afecta fundamentalmente a la nieve**, previéndose menores cantidades de nevadas (generalmente en número y cantidad), y disminuyendo el grosor y duración de la capa de nieve, la fabricación de nieve artificial es la principal medida de adaptación adoptada por el sector.
- **En escenarios de impacto medio (B2 y RCP4.5) la mayor parte de las estaciones podrán, contando con un buen sistema de nieve artificial, responder adecuadamente a los cambios esperados hasta la década 2050**, pero sólo las estaciones más altas podrán seguir operando viablemente (regla de los cien días, apertura en Navidad y apertura a primeros de invierno) a partir de esta década y hasta final de siglo, si bien existirán grandes diferencias dependiendo de la ubicación geográfica de cada centro de esquí.
- **En escenarios de impacto alto (A2 y RCP8.5) sólo las estaciones ubicadas a mayor altura podrán, contando con un buen sistema de nieve artificial, seguir operando viablemente (regla de los cien días, apertura en Navidad y apertura a primeros de invierno) hasta la década 2050**. A partir de esa década la práctica totalidad de las estaciones de esquí se verán severamente afectadas, previéndose el cierre de la mayor parte de las mismas. Las diferencias de viabilidad dependerán enormemente de la ubicación geográfica de cada centro de esquí.
- **Las áreas más frías (debido a la gran altitud o ubicación latitudinal) y, dentro de una misma región, las estaciones ubicadas a mayor altura, se verán menos afectadas por el cambio climático**, o incluso pueden beneficiarse a través de efectos secundarios de las dificultades de estaciones de baja altitud, si bien es necesario realizar estudios de caso para poder determinar la influencia del fenómeno en cada estación específica, ya que se deben considerar las diferentes particularidades climáticas de cada espacio concreto.
- **La producción de nieve artificial tiene limitaciones, tanto de rango de temperaturas para su producción, como en la energía consumida y la cantidad de agua empleada**. Los tres factores están siendo abordados por los desarrollos tecnológicos en este campo, pero tienen sus limitaciones físicas. Con todo, la nieve artificial parece una medida que puede, en el peor de los casos, alargar la viabilidad de la mayoría de las estaciones entre las décadas de los años 2030 y 2050, siempre que los elevados costos derivados de la fabricación de la nieve artificial (energía y agua fundamentalmente) lo permitan en cada caso.
- **Entre los gestores de las estaciones existe una gran confianza en los avances técnicos de la fabricación de nieve**, lo que ha generado una gran brecha entre las percepciones de riesgo de cambio climático de la industria del esquí, la fatalidad inminente generalmente mostrada en los medios, e incluso las conclusiones de las investigaciones realizadas.
- **La disminución del número de estaciones de esquí viables a medio plazo modificará el mercado de la oferta del turismo invernal**, mejorando el posicionamiento en el mercado de algunas estaciones y



empeorando el de otras, e influyendo en la demanda, que puede disminuir debido al previsible aumento de los precios (basado en el aumento de los costes de explotación y amortizaciones de las inversiones en mejoras tecnológicas), la disminución de la satisfacción del cliente y el envejecimiento de la población.

- La fabricación de nieve será fundamental para conservar la capacidad de ofrecer un producto de turismo de esquí, pero para utilizar con garantías esta estrategia de adaptación, **las estaciones de esquí también deben considerar y planificar la disponibilidad de recursos de agua adecuados.**

3.2.2. DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA DEMANDA

Junto a los estudios de los efectos del cambio climático sobre las estaciones de esquí de las diferentes regiones del mundo y sus condiciones para poder ser viables en el futuro, se han desarrollado otra serie de trabajos que se focalizan en la respuesta de los esquiadores ante la inseguridad de disponer de nieve suficiente en las pistas para la práctica del esquí, o la pérdida de calidad de la experiencia al disminuir la calidad paisajística.

Comparativamente con la influencia del cambio climático sobre el manto de nieve, relativamente bien estudiada, aún se sabe poco con respecto a la influencia del tiempo atmosférico y el clima en la demanda de los esquiadores, incluyendo la respuesta de los turistas a la variabilidad climática pasada o proyectada, las malas condiciones de nieve y el cierre temporal o retraso en la apertura de las estaciones de esquí debido a estas causas.

- Los estudios ponen de manifiesto que **el cambio climático no está produciendo, hasta la fecha, una gran caída en el número de esquiadores.** Pero la evolución de la respuesta de la demanda ante circunstancias de mayor incidencia del cambio climático, tanto en la frecuencia de malas temporadas, como en la disminución progresiva de las precipitaciones de nieve, es incierta.
- **Las respuestas preferidas** de los esquiadores frente a la variabilidad climática son: **cambiar de destino** por uno que ofrezca mayor seguridad de nieve; **disminuir la afluencia**; o **concentrar los días de esquí** con estancias más largas en las épocas de mayor probabilidad de nieve.
- Hay **gran variabilidad en las respuestas de la demanda** dependiendo de sensaciones, de las perspectivas de la temporada, de la experiencia, de la edad, etc.
- **Es necesario considerar y reaccionar adecuadamente a los cambios demográficos** (envejecimiento de la población), los cuales tendrán un gran impacto en el turismo de esquí en la primera mitad del siglo XXI.
- **Los estudios de demanda son aún escasos, y necesitan de un enfoque integrado** que sea capaz de simular la evolución de las áreas de esquí en funcionamiento y los patrones evolutivos de la demanda de esquiadores, lo cual ofrecería más apoyo para la toma de decisiones a los gestores de las estaciones de esquí.



3.2.3. DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LOS FACTORES ECONÓMICOS.

La literatura también recoge diversas aproximaciones a la importancia económica del turismo invernal y las consecuencias del cambio climático desde este relevante punto de vista. **El turismo de esquí es una importante fuente de ingresos en las áreas de montaña. El desarrollo futuro del turismo de esquí es esencial para las zonas rurales y periféricas de estas áreas, así como para su bienestar socio-cultural y económico, y es relevante para toda la economía.**

- **El turismo de esquí es una importante fuente de ingresos en las áreas de montaña que cuentan con estaciones de esquí.** El desarrollo futuro del turismo de esquí es esencial para las zonas rurales y periféricas de estas áreas, así como para su bienestar socio-cultural y económico, y es relevante para toda la economía.
- **El cambio climático conlleva la combinación de mayores costos de fabricación de nieve, menor duración de temporada y menores tasas de visitas,** todo lo cual aumenta inevitablemente los costos operacionales de energía / combustible, mano de obra y mantenimiento de maquinaria, y reduce los ingresos de *forfaits* y otros gastos relacionados (alquiler de esquí, clases, alimentos y bebidas y alojamiento).
- **Las áreas de esquí medianas y grandes** generalmente tienen, en términos relativos, **mejores resultados económicos** durante las temporadas invernales climáticamente marginales que las áreas de esquí pequeñas o extra grandes.
- Serán **las ventajas relativas de los recursos climáticos locales y la capacidad de adaptación por áreas de esquí individuales,** las que determinarán cuales son las estaciones capaces de ser viables en una era de cambio climático, ya que las estaciones de esquí individualmente tienen distinta gama de capacidades técnicas para fabricar nieve, están ubicadas en diferentes altitudes y tienen diferentes modelos de negocios (es decir, son de diferentes tamaños, ofrecen actividades de invierno vs. de cuatro estaciones, y tienen diferentes estructuras de propiedad y acceso al capital).
- Un **año de bajas nevadas en todo el país** da como resultado una caída en el número de visitas de esquiadores, una disminución de facturación, una pérdida de valor añadido en la región, y una pérdida de empleo.
- Pese a que **la nieve artificial** no es el único factor económico a tener en cuenta, **sí es el único que actualmente puede garantizar condiciones de nieve mínimamente seguras para la práctica del esquí** y, por lo tanto, puede evitar posibles pérdidas de ingresos totales en inviernos con malas condiciones de nieve. Aún así los mayores costos derivados del uso intensivo de nieve artificial necesarios para afrontar situaciones climáticas muy adversas, pueden llegar a resultar inasumibles.
- **En numerosas ubicaciones de montaña el cambio climático abre la posibilidad de aprovechar otros recursos turísticos.** Sin embargo estas mejoras no pueden paliar las pérdidas que supondría el colapso de la actividad del turismo de invierno.

3.3. UN BALANCE EUROPEO DE LA VIABILIDAD DE LAS ESTACIONES DE ESQUÍ

Recientemente Damm *et al.* (2016) han publicado un trabajo que por primera vez analiza con una misma metodología las diferentes regiones de esquí europeo. En este estudio se cuantifican los impactos del calentamiento global de +2 °C en la demanda de turismo de invierno en las regiones NUTS-3 (*Nomenclatura de las Unidades Territoriales Estadísticas nivel 3* de la UE) relacionadas con el



turismo de esquí en Europa. Utilizando modelos de regresión de series temporales, se estima la relación entre las condiciones de nieve naturales y las estancias mensuales en número de noches. Sobre la base de estos resultados, **cuantifican el riesgo de pérdidas de la demanda turística debido a la variabilidad del clima y evalúan los impactos potenciales del cambio climático.**

En sus conclusiones, con un calentamiento de +2 °C, el riesgo de pérdidas ocasionado por el clima en las pernoctaciones invernales relacionadas con el turismo de esquí en Europa asciende a 10,1 millones de noches por temporada de invierno (más del 4%), lo que representa un riesgo adicional de +7,3 millones en comparación con el período de referencia (1971-2000) (2,4 puntos porcentuales). Entre las cuatro principales naciones del turismo de esquí europeo: Francia, Suiza, Italia y Austria, las dos primeras muestran el menor aumento en el riesgo de pérdidas en las pernoctaciones invernales. El mayor riesgo de pérdidas ocasionado por el clima en las pernoctaciones invernales en el período de referencia, así como en los períodos de +2 °C, se encuentra en Austria (hasta 4,1 millones de noches, hasta 7%), seguido por Italia (hasta a 3,3 millones de noches, hasta 7%). Estos dos países representan la fracción más grande de pernoctaciones de invierno relacionadas con el esquí en las regiones NUTS-3 seleccionadas (actualmente 33% y 21%, respectivamente).

En comparación con estos países el impacto de la escasez de nieve en las pernoctaciones de invierno en España es menos pronunciado. Debido al hecho de que el turismo de invierno orientado a la nieve juega un papel menor y que incluso en el período de referencia las condiciones naturales de nieve a menudo eran bastante pobres en algunas regiones, por lo que en la mayoría de las regiones NUTS-3 investigadas en España, la influencia de las condiciones de nieve no fue significativo. En Aragón, sólo en la provincia de Huesca los resultados fueron significativos.

Los resultados de los riesgos futuros de las pérdidas inducidas por el clima se presentan utilizando períodos de 30 años en los que se alcanza una subida de temperatura de +2 °C de media: 2026-2055 para *RCP8.5*, 2036-2065 para *RCP4.5* y 2071-2100 para *RCP2.6*. La comparación de la duración de la temporada de esquí, es decir, el número de días por periodo invernal (noviembre-abril) con al menos 120 mm SWE (a la altitud media de las áreas de esquí equivale a 30 cm de nieve y sin considerar la nieve artificial) durante el período de referencia y el cambio de duración de la temporada de esquí para el escenario *RCP4.5* puede verse en las figuras 3 y 4.

En el período de referencia, el 44% de las regiones NUTS-3 consideradas muestran una duración media de la estación de esquí de más de 100 días. Para algunas regiones en la República Checa, Francia, Alemania, Italia, Eslovenia y España, la duración media de la temporada de esquí ya es cero en el período de referencia. En consecuencia, para la mayoría de estas regiones, no se pudo encontrar una relación estadísticamente significativa entre pernoctaciones y condiciones de nieve. Debe tenerse en cuenta que el análisis del turismo y el cálculo de la duración de la temporada de esquí se basan en las condiciones naturales de la nieve. **La mayoría de las estaciones de esquí garantizan más días esquiabiles mediante el uso de nieve artificial. El alcance global de +2 °C en 2036-2065 (*RCP4.5*) disminuye la duración de la temporada de esquí (en función de las condiciones de la nieve natural) en 19 días de media.**



En el caso de la provincia de Huesca, partiendo de una duración media de la temporada de 10 a 125 días de esquí, se esperan cambios significativos en la duración de las temporadas, así si las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) cesaran inmediatamente (RCP 2,6) para 2100 se prevé una disminución de entre el 20 y el 30 % de la duración de la temporada, en el caso de un escenario de emisiones medias (RCP 4,5) para 2065 se espera una disminución de entre el 30 y el 40 % de la duración de la temporada, mientras que para un escenario de emisiones altas (RCP 8,5) para 2055 se espera una disminución de entre el 40 y el 50 % de la duración de la temporada. (Ninguno de estos datos tiene en cuenta la producción de nieve artificial).

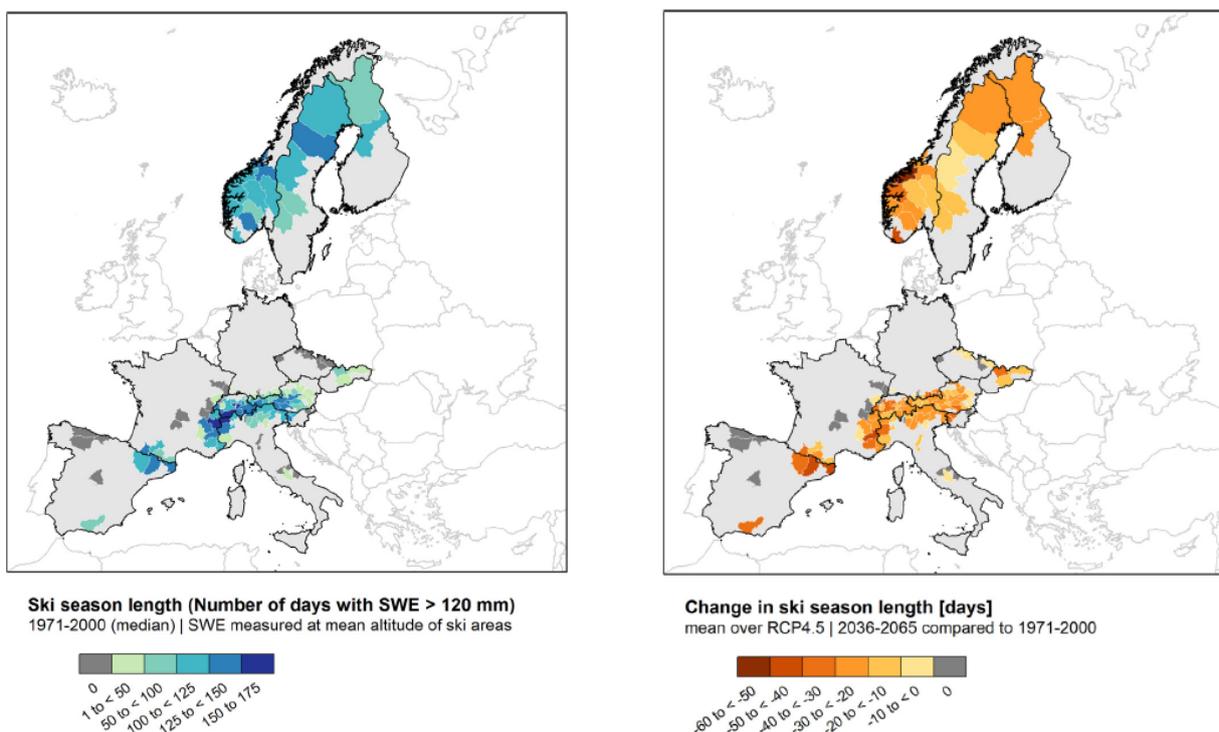


Figura 3. Cambios proyectados en la duración de la temporada de esquí en las regiones europeas NUTS3. Aumento de 2°C en el escenario RCP 4.5 rango temporal 2036-2065. Fuente: Damm *et al.*, 2016.

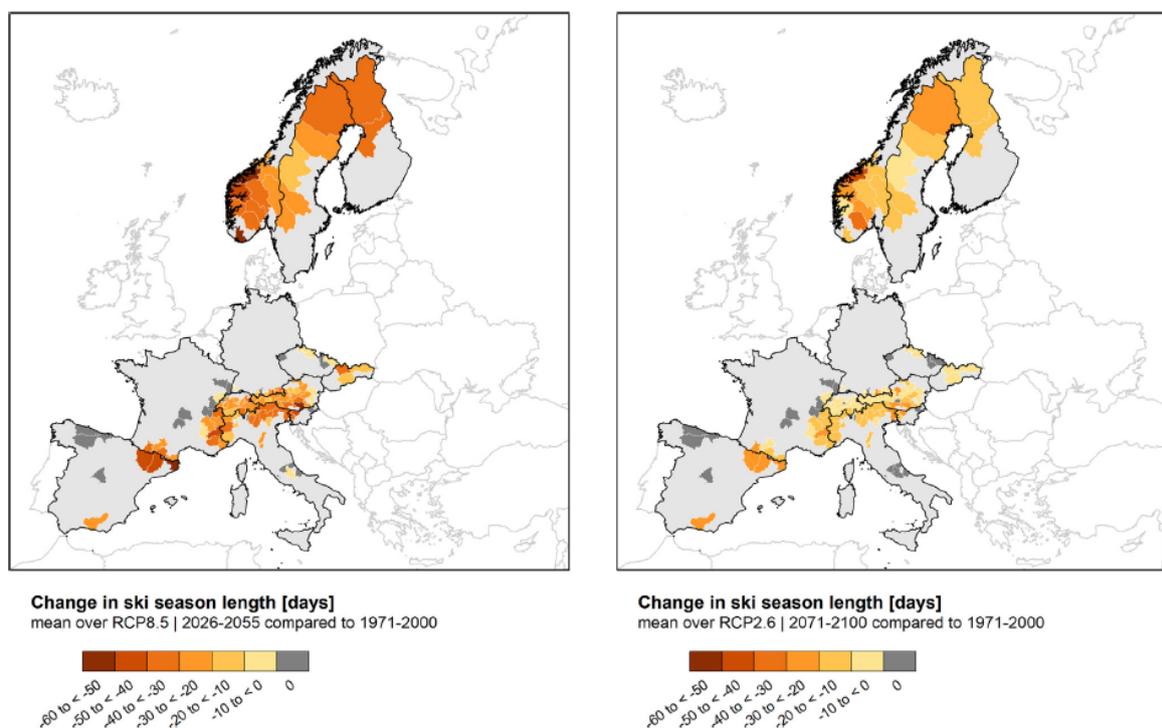


Figura 4. Cambios proyectados en la duración de la temporada de esquí en las regiones europeas NUTS3. Aumento de 2°C en el escenario RCP 8.5 rango temporal 2026-2055 (izquierda) y en el escenario RCP 2.6 rango temporal 2071-2100 (derecha). Fuente: Damm *et al.*, 2016.

3.4. UN ANÁLISIS DE UN ESCENARIO CERCANO: EL PIRINEO FRANCÉS

Para el análisis del impacto del cambio climático en los Pirineos franceses resultan muy interesantes tanto el artículo de Hatt & Vlès (2014) como el estudio realizado por el Tribunal de Cuentas francés (Cour des Comptes, 2015), dado que analizan globalmente al sector, incluyendo al cambio climático como eje central del análisis. Estos estudios, que se sintetizan a continuación, son también relevantes ya que permiten trasladar algunas conclusiones y experiencias a la vertiente española.

Los Pirineos franceses tienen una treintena de estaciones de esquí alpino. Durante muchas décadas, han mantenido la actividad económica en las zonas de montaña y han limitado el éxodo rural. Muchas de estas estaciones enfrentan ahora grandes dificultades. El esquí es un sector de actividad que experimenta una crisis latente en los Pirineos, resultando especialmente sensible al impacto del cambio climático.

Con una treintena de estaciones de esquí alpino, los Pirineos representan sólo el 12% de las actividades de esquí francesas (308 estaciones o centros de esquí distribuidas de la siguiente forma: Alpes del Norte 58%, 20% Alpes del Sur, los Pirineos: 12%, otras 10%).

Se pueden identificar varias características principales de las estaciones pirenaicas francesas: tienen una gran cantidad de complejos de tamaño modesto, con dos tercios de estaciones con una facturación que no supera los 5 millones de euros; se enfrentan al problema de modernizar y



extender su dominio esquiable creciendo, prioritariamente, en altura; los clientes tienen, principalmente, carácter local y son de estancias cortas; y por último la oferta de alojamiento no está, desde un punto de vista cualitativo, adaptada a la clientela internacional que manejan los operadores turísticos.

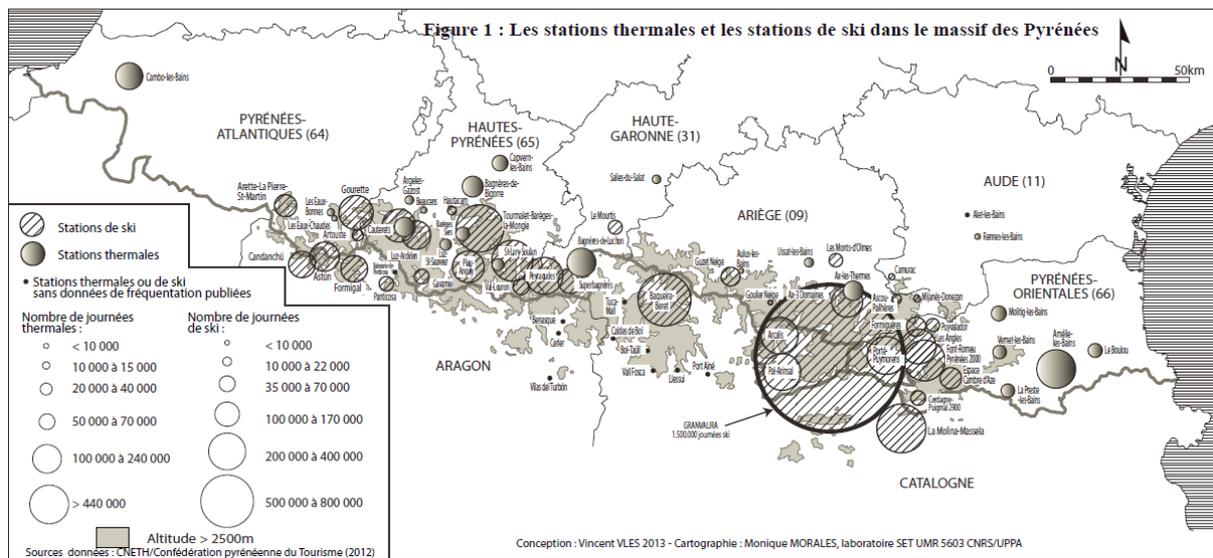


Figura 5. Estaciones termales y de esquí en el Pirineo francés Fuente: Hatt & Vlès, 2014.

Es importante insistir que en los Pirineos, el sistema productivo de turismo de invierno es significativamente diferente del de los Alpes, de forma que la clientela local (Burdeos, Pau, Toulouse, Montpellier, Perpignan, etc.) está muy presente en estos centros en detrimento de la clientela del norte e internacional. Ésta representa en promedio el 50% de los días de esquiadores en el macizo contra el 8% en los Alpes del Norte y el 18% en los Alpes del Sur, lo cual redundará en estancias más cortas y menor beneficio añadido en los destinos.

Actualmente, el número de clientes de esquí en los Pirineos franceses tiende a decrecer y está por debajo de los 5 millones de días de esquí. La facturación (rotación) de las estaciones de esquí en el macizo asciende a unos 100 millones de euros, pero varía mucho de una temporada a otra, pudiéndose registrar variaciones de casi 2 millones de días / esquiadores.

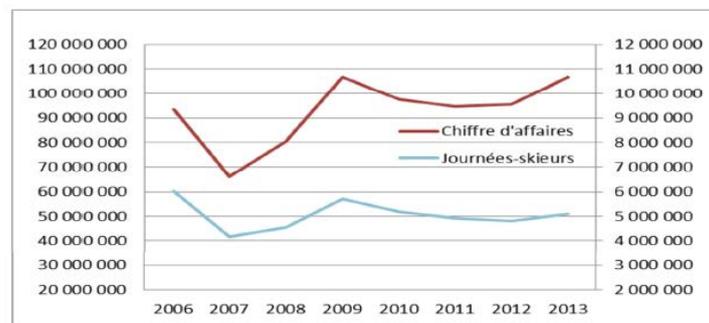


Figura 6. Evolución de la facturación total en € (escala izquierda) y número de días de esquiador (escala derecha) Fuente: Domaines skiabiles de France.



La gráfica muestra como los incrementos en el volumen de negocio observados están más relacionados con el aumento en el precio promedio del *forfait* que del aumento de esquiadores. **La variabilidad en las ventas es una función del tamaño de la estación: cuanto más pequeña es la estación, mayor es la variación en las ventas de una temporada a la siguiente**, resultando tres veces mayor en las estaciones con una facturación media de menos de 1 millón de euros que en las estaciones con una facturación media de más de 5 millones de euros. El impacto de una temporada de nieve escasa es mucho más significativo en el Pirineo que en los Alpes, así la temporada de invierno 2006/2007, los Alpes registraron una caída en la asistencia del 3,2%, mientras que fue del 18,2% para la cadena pirenaica, y especialmente importante en estaciones concretas como Gourette, donde este descenso alcanzó el 36,8%. **Aún así, en términos de facturación, el negocio de esquí es el principal motor económico del área, aunque desde 2003 el número de días de esquí ha disminuido en más del 18%.**

Las estaciones se han enfrentado recientemente a varias temporadas muy difíciles caracterizadas por malas condiciones. Junto al aumento de las temperaturas, la naturaleza aleatoria de las nevadas, alternando entre temporadas con precipitaciones altas y bajas. A esto hay que añadir complicaciones derivadas de las características orográficas de las estaciones como puede ser la acción de los vientos dominantes, y **el exceso de clientela local, que dado lo corto de sus estancias tienen más facilidad de anular reservas o sencillamente de no hacerlas, tanto si las condiciones de nieve son malas o si las condiciones meteorológicas no son óptimas.** Así cuando la temporada es (rara vez) inusualmente nevada, la clientela se retrae, especialmente debido a la baja frecuencia de días soleados, como fue el caso en 2013.

De acuerdo con diferentes modelos establecidos por MeteoFrance, el aumento previsto de temperaturas será de entre 1 y 1,4 grados centígrados en 2030, hasta + 3,5 grados centígrados en el horizonte 2080. La influencia del Mediterráneo penaliza un poco a las estaciones orientales comparadas con el centro del macizo. El impacto del calentamiento es aún más importante si la altitud de la estación es baja. Por ejemplo, en los últimos diez años, el complejo Camurac, que no tenía equipo de nieve artificial, abrió menos de 25 días en tres temporadas. Un aumento de la temperatura promedio de dos grados centígrados conllevaría la pérdida de hasta un mes de nieve en la media montaña.

La principal medida de adaptación al cambio climático es la fabricación de nieve artificial (o nieve de cultivo). El uso de "cañones" cubre áreas cada vez más grandes (ahora casi todas las pistas de los principales centros turísticos) en la mayoría de las zonas de esquí están innivadas artificialmente para compensar los caprichos del clima y preparar la capa de nieve (Atout France, 2013). **Sin embargo esta tecnología tiene sus limitaciones técnicas al ser poco operativa por encima de - 2 °C húmedos; es costosa, más cuanto más marginales son las temperaturas; necesita de un consumo de energía y agua relevante, y no reemplaza, para los esquiadores, la atracción "del maravilloso entorno de la montaña blanca totalmente inmaculada"** (Atout France, 2013). **En las temporadas con escasa nieve en las estaciones de esquí de los Pirineos franceses, los descensos medios en los ingresos fueron del 36% en comparación con una temporada normal, con un acusado descenso en el número de esquiadores y un aumento en las cancelaciones de las estancias.**

Ahora bien, no todo es el clima. Paralelamente la demanda evoluciona, tanto en gustos, siempre más impredecible, como en su propia caracterización ligada a las dinámicas de la población. Por ejemplo, **el envejecimiento de la población conduce a comportamientos menos deportivos**, de forma que la práctica del esquí predominantemente alpino que parecía prevalecer, gradualmente da paso a un



ocio de esquí más “contemplativo o hedonista”. **Las expectativas de esta clientela ya no son sólo expectativas deportivas, ahora incluyen las ideas de descubrir el patrimonio y los paisajes, la inmersión en la naturaleza, el bienestar y la convivencia**, de forma que a la práctica del esquí quieren añadirle otras experiencias, de ahí la **importancia que adquieren tanto los servicios como la calidad de los mismos**, ofrecidos en las zonas de ocio y residenciales ligadas a los dominios esquiabiles.

Por otro lado, **la ubicación de las estaciones en un entorno muy sensible ambientalmente**, y la necesidad de conservar estos espacios cada vez más valorada entre la población, supone una dificultad añadida para realizar mejoras vinculadas a la ampliación de los dominios, o la utilización de agua para la nieve artificial.

Las estaciones del Pirineo francés están fuertemente ligadas al territorio, de forma que **los municipios participan, de una u otra manera, en la gestión de las estaciones**, lo que finalmente redundará en que la situación financiera de las mismas se traslade a los municipios, generando crisis realmente importantes.

De cualquier forma, **hay que considerar que los beneficios económicos y sociales de las estaciones de esquí en áreas escasamente pobladas, donde la actividad es reducida, son relevantes**. Ski Areas of France **estima que 1 € de gasto en la estación de esquí aportaría 6 € de beneficios económicos adicionales para el territorio en cuestión**. Estos beneficios redundan en todos los municipios del área y no solo en los municipios que acogen a las estaciones en su territorio.

Los Pirineos representan el 14% de las camas turísticas de los macizos franceses con más de 6 millones de noches. La mano de obra es principalmente local, si bien mantiene una doble actividad en el territorio. **Por lo tanto, el peso del esquí en términos de empleo es, importante**. Su número puede estimarse en más de 10.000. El número de empleos inducidos por el esquí según el INSEE (Instituto Nacional de Estadística y de Estudios Económicos) se estima en 8.600.

Aunque se llevan a cabo acciones de diversificación económica para reducir la dependencia económica de las zonas respecto del esquí, la realidad es que éstas proporcionan ingresos modestos en relación con la facturación generada por aquel, y en muchos casos sus pérdidas económicas suponen el cierre al cabo de un tiempo a pesar de haber realizado inversiones importantes. Por ejemplo, la localidad de Les Angles ha decidido cerrar su "Espacio nieve azul" (que incluía la piscina y pista de hielo), dado su déficit estructural estimado de 300.000 € por año.

Para las autoridades locales, la primera y principal consecuencia es fiscal. De hecho, **la presencia de una gran cantidad de segundas residencias en los complejos proporciona ingresos tributarios per cápita comparativamente altos**. Así los impuestos por vivienda de la población de Font-Romeu son similares a los de una ciudad de 10.000 habitantes, aunque su población sea de apenas 2.000 habitantes. La conciliación entre el peso de los impuestos locales de algunas estaciones, sus resultados financieros consolidados durante varios años y los subsidios gubernamentales recibidos, permite elaborar un balance económico global menos negativo que en el primer análisis. Además, **la presencia de una estación de esquí mejora el acceso a una serie de servicios en los territorios (por ejemplo, médicos, comercios, etc.)**. Pero estos beneficios no deberían justificar el apoyo público sistemático, máxime en un contexto en el que la competencia entre estaciones está creciendo, dentro de un mercado europeo maduro y con una amplia oferta.



Las instituciones financieras han identificado una serie de dificultades a considerar para evitar poner en peligro las finanzas de los municipios:

- Una altitud baja está demasiado expuesta a los riesgos climáticos;
- La incapacidad de asegurar la temporada de nieve y una fecha de apertura en períodos relevantes para las reservas y por lo tanto para los resultados económicos. Sólo la nieve artificial aporta soluciones en según qué circunstancias, y permite dar confianza a los clientes, y también al gestor y al personal;
- Estaciones pequeñas o medianas con una dimensión insuficiente;
- La falta total de servicios al pie de las pistas (alquiler de esquís, restauración tradicional, actividades de ocio, pero sobre todo oferta de alojamiento) y el difícil acceso por carretera ya no se adaptan a la demanda;
- Un precio medio del paquete demasiado bajo; las finanzas públicas no pueden compensar la diferencia entre la tarifa y la tarifa requerida para la rentabilidad, que en todo caso debe garantizarse.

El estudio del Tribunal de Cuentas concluye diciendo que la sostenibilidad de las estaciones de esquí de los Pirineos está sujeta a la necesidad de alcanzar un tamaño crítico y poner en práctica una estrategia de desarrollo territorial que no se centre exclusivamente en el esquí alpino, particularmente en la media montaña. **Solo una mejor anticipación a los cambios actuales (cambio climático) puede evitar un cierre repentino de las estaciones más vulnerables y el colapso de una parte de la economía de los territorios de montaña.** Es imperativo que el apoyo público esté disponible para las comunidades que acepten reestructurar y reconsiderar su modelo de negocio. La contribución pública no puede sostener estaciones de esquí incapaces de mantener estructuralmente el equilibrio de explotación. En el macizo pirenaico, este trabajo requiere la participación de todos los actores de la montaña, públicos y privados, en el desarrollo de un proyecto de territorio concertado.



4. ANÁLISIS DE UNA ESTACIÓN DEL PIRINEO ARAGONÉS. LA ESTACIÓN DE ESQUÍ DE FORMIGAL

Formigal es una estación de esquí situada en el Valle del Tena en la cabecera del río Gállego, en el término municipal de Sallent de Gállego. Inaugurada, junto a la Urbanización de Formigal, en 1967 ha ido creciendo en las orientaciones norte del valle desde la propia Urbanización de Formigal hasta la frontera de El Portalet.

Actualmente la Estación de Esquí de Formigal se extiende entre en el eje de la carretera A-136, y la línea que une el Pico de la Tosquera, con los de Tres Hombres, Tres Huegas, Royo, Lapazuso, Punta de Espelunciecha y el Puerto de Canal Roya. Esta gran extensión, acoge a **cuatro dominios esquiabiles** que si bien están plenamente **integrados entre sí**, pueden considerarse áreas independientes: el área de Sextas y Tres Hombres, el área de Sarriós, la de Anayet, y la de Portalet. **Esta disposición modular permite una gestión prácticamente independiente de cada área, dotando a la Estación de cuatro puntos de acceso diferenciados, tres de ellos en altura** (Sarriós 1.800 m, Anayet 1.740 m, y Portalet 1.750 m) desde los cuales los clientes pueden distribuirse según sus preferencias y aptitudes.

Actualmente Formigal integra también la anterior Estación de Panticosa, pero en este informe nos referiremos únicamente a la antigua Estación de Formigal al constituir la unidad climática de estudio.

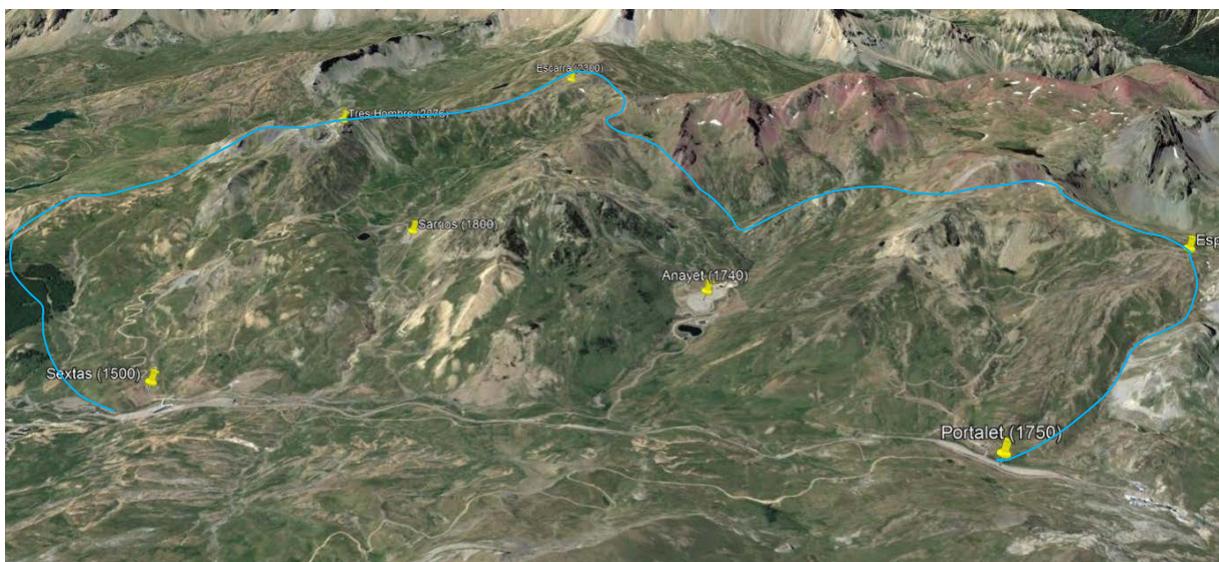


Figura 7. Vista del dominio de la Estación de Esquí de Formigal. Fuente: Google Earth. Elaboración propia.

El dominio esquiabile de Formigal tiene una cota mínima de 1.500 m, en su zona de Sextas, donde se encuentra el centro de recepción principal, y una cota máxima de 2.250 m en las zonas de Tres Hombres, y Tres Huegas. Pero la mayor parte del dominio esquiabile se encuentra a partir de la cota 1.750 m, a la cual se accede directamente desde todas las entradas, ya que desde Sextas se puede acceder (ascender y descender) a esas cotas mediante telesilla. El dominio se extiende por 130 km de pistas, y cuenta con 440 cañones para la fabricación de nieve artificial, que proporcionan 30 km de pistas innivadas. Así mismo, cuenta con tres balsas de acumulación de agua ubicadas en altura, con



una capacidad conjunta de 110.000 m³ y un depósito de regulación en Portalet de 3.000 m³ de capacidad. Suponiendo una temperatura de - 4 °C de Tw, con un consumo de agua de 6,6 m³ por cañón, la instalación de nieve artificial necesita 40 horas para una innivación completa con 30 cm de nieve.

La Estación de Formigal nació en el área de Sextas, para luego crecer hacia Tres Hombres, y el valle de Izas, ganando altura y dominio con buenas condiciones de nieve natural. A finales de la década de los 90 se abrió el Valle de Anayet, conectando con Izas y ampliando sensiblemente el dominio. Por último a partir de 2004, se inició el proyecto de **Remodelación y Ampliación de Formigal, con tres líneas clave de actuación: ampliación** (se abre el sector de Portalet); **modernización** (se mejora el trazado de pistas buscando una configuración familiar de la estación, y se aumenta la capacidad de remonte, iniciando la sustitución de telesquíes por telesillas); **e implantación general de nieve artificial** (se aborda la construcción de las balsas actuales y la instalación de las líneas de cañones de nieve).

Esta actuación **supuso un antes y un después para la Estación. Aumentó la media de días esquiabiles y la capacidad de acogida de la Estación.** La temporada de esquí pasó de una duración media de 117 días, con una gran incertidumbre respecto a la seguridad de nieve a **una media de 131 días de apertura con seguridad de nieve.**

Por otro lado, el número de clientes pasó de una media de 320.000 esquiadores a 545.000 esquiadores (hay que tener en cuenta que esta media incluye las temporadas de 2012 a 2014, donde la crisis económica afectó seriamente al número de esquiadores). En la siguiente gráfica se puede comprobar la evolución tanto del número de esquiadores por temporada como de los días de apertura. Se puede apreciar como únicamente existen dos temporadas con menos de 100 días de apertura, la 1999/2000 y la 2004/2005, si bien esta última hay que tener en cuenta que la apertura estuvo muy condicionada por el periodo de obras en el que estaba sumida la Estación. **Es necesario destacar la temporada 2011/12, una temporada muy cálida y que, aún así, la Estación tuvo una apertura de 110 días.**

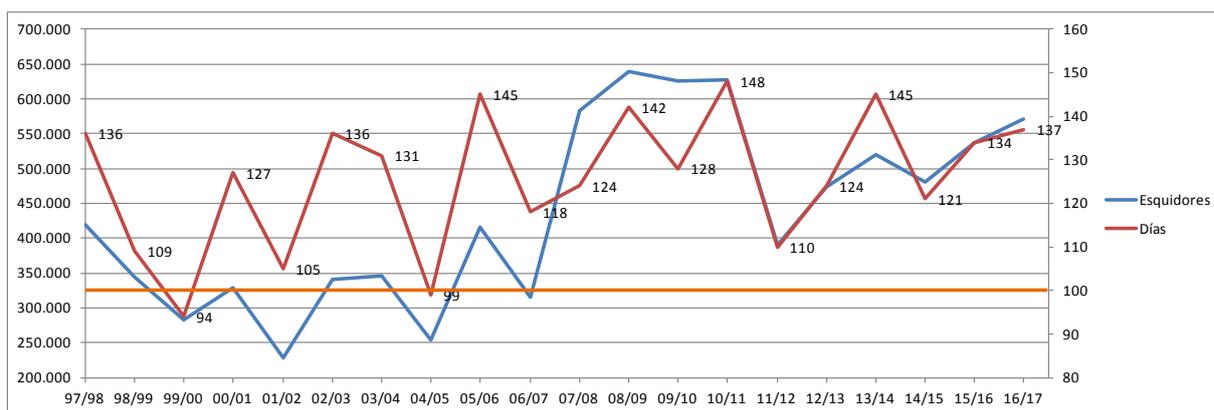


Figura 8. Evolución de los días de apertura (rojo) y el número de clientes (azul) de la Estación de Esquí de Formigal entre las temporadas 1997/98 y 2016/17. La línea naranja marca los cien días. Fuente: Estación de Formigal. Elaboración propia.

En relación con el resto de las estaciones aragonesas, Formigal es la estación que más días de esquí de media presenta, si bien se encuentra en el mismo rango de días de apertura que Cerler y Astún, en torno a los 130 días.



	09/10	10/11	11/12	12/13	13/14	14/15	15/16	16/17	Media
Astún	134	148	112	127	141	120	119	134	129
Candanchú	134	148	126	120	141	113	84	134	125
Cerler	127	148	125	120	141	120	126	134	130
Panticosa	120	127	98	120	113	78	90	134	110
Formigal	128	148	110	124	145	121	134	137	131
Javalambre	94	98	98	98	111	85	92	99	97
Valdelinares	134	120	105	120	111	113	119	99	115

Tabla 1. Días de apertura de las estaciones de esquí aragonesas en las últimas 8 temporadas. Elaboración propia.

La diferencia de días de apertura entre unas y otras estaciones tiene diversas explicaciones. Las diferencias entre Cerler y el resto de las estaciones pirenaicas radican, fundamentalmente, en su ubicación mucho más oriental, y por lo tanto con un régimen diferente de precipitaciones pero, aún así, se encuentran en el mismo rango. Candanchú, muestra una debilidad frente a su vecina Astún debido, básicamente, a su deficiente red de innivación artificial, que durante este verano de 2017 ha ampliado sustancialmente. Panticosa, pese a disfrutar de un régimen de nevadas muy parecido el de Formigal, adolece de una configuración muy expuesta al viento que la perjudica sensiblemente y además se deben considerar estrategias de grupo de tal forma que en condiciones de poca nieve en cotas bajas o pocos clientes, se prioriza el cierre de Panticosa en favor de Formigal.

Por otra parte, las estaciones del Sistema Ibérico, Javalambre y Valdelinares, **dada su ubicación más meridional, registran un cierre temprano de sus instalaciones**, siendo rara la temporada que permanece abiertas más allá del 4 de abril, mientras que la fecha de apertura se establece, generalmente, entre mediados de diciembre y navidades, si bien, en el caso de Javalambre, hay temporadas que no ha podido abrir hasta bien entrado el mes de enero.

Las temporadas normales de la estación de Formigal se extienden desde primeros de diciembre hasta mediados de abril, mes en el que la temporada se cierra, generalmente, no por falta de nieve, sino porque en España (origen principal de los esquiadores del Pirineo español), a partir de la Semana Santa, el cliente empieza ya a pensar mayoritariamente en “clave de playa”, decayendo su interés por la práctica de los deportes de invierno.

La clientela de Formigal está compuesta mayoritariamente por esquiadores de proximidad: aragoneses, madrileños, vascos, navarros y franceses, siendo minoritaria la afluencia de esquiadores de otras localizaciones. Esto hace que **las visitas se realicen fundamentalmente en fines de semana y fiestas, especialmente Navidad, que constituye un momento clave de la temporada.** Dadas estas características puede ocurrir que una buena temporada de nieve pueda verse afectada, desde el punto de vista del número de clientes, si las fechas de mayor afluencia vienen marcadas por el mal tiempo. Este factor influye menos en las estaciones alpinas, donde al efectuarse mayoritariamente reservas de semana, suele haber menos cancelaciones o renuncias a acudir a la estación por causa del mal tiempo.



Se ha analizado la evolución prevista de las temperaturas invernales (D-E-F-M) medias, mínimas y máximas según los datos del modelo CGCM2 para los SRES A2 y B2. Para el horizonte 2100, **el modelo prevé: para las temperaturas mínimas invernales un ascenso de entre 1,5 °C (SRES B2) y 3 °C (SRES A2); para las temperaturas máximas invernales un ascenso entre 1,5 °C (SRES B2) y 4 °C (SRES A2); y para las temperaturas medias invernales, consecuentemente, un aumento entre 1,5 °C (SRES B2) y 3,5 °C (SRES A2).**

Estos datos son coherentes con los datos de la AEMET para la provincia de Huesca, donde **los modelos anuncian un incremento de las temperaturas invernales de entre 2 °C para el escenario RCP 4,5 y de 4 °C para el escenario RCP 8,5 en el horizonte 2100, y de 1 °C y 1,5 °C, respectivamente, para el horizonte 2050.** Por otra parte también se muestran coherentes con los resultados mostrados por López Moreno *et al.* (2009), donde se reflejaba que el aumento de temperatura proyectado para el horizonte 2100 en el escenario A2 varía de 2,4 °C a 4,1 °C con un cambio medio de 3,1 °C.

Las precipitaciones muestran, tanto para el total anual como para la media invernal, una evolución diferente, con un ligero incremento medio al inicio del periodo y una bajada sensible al final del mismo para el escenario A2, mientras que muestran una ligera disminución y un aumento al final del periodo para el escenario B2. Sin embargo lo dicho, tal y como destaca el Informe Clivar 2010, **la señal antropogénica en la precipitación no ha emergido de forma evidente por encima del “ruido de fondo” natural. En particular, la marcada disminución de la precipitación de verano proyectada por los modelos climáticos para finales del siglo XXI no se ha manifestado todavía en las observaciones.**

Coherentemente con las previsiones, **la precipitación en Formigal a cota 1.605 a lo largo de los años 97 / 2017 se ha mantenido estable, en una media de 1.510 mm anuales, con un ligerísimo descenso que no es significativo.** Sin embargo, **las precipitaciones invernales en el mismo periodo de tiempo presentan una clara tendencia a aumentar,** con un aumento medio neto en la línea de tendencia de 71 litros al cabo del periodo. **Esta misma tendencia se muestra tanto en las precipitaciones en forma de nieve como en el número de días de nevada,** con aumentos en el periodo invernal de 85 cm de nieve acumulada y 10 días de nevada, respectivamente.

Cuadrat *et al.* (2014), en unos primeros resultados de la evolución climática en los Pirineos, y tras advertir que la complejidad climática del territorio se convierte en un elemento de notable dificultad para evaluar el cambio climático y, especialmente, las previsiones futuras, de forma que no se puede esperar que en el futuro la respuesta sea igual en toda la región, pone de manifiesto que parece que el calentamiento es general en toda la cordillera, con ligeras diferencias territoriales. Para cada una de las series mensuales disponibles han calculado el valor de la anomalía de la temperatura media de las últimas 6 décadas respecto al valor medio del periodo de referencia 1961-1990. La evolución de estos valores permite comprobar el descenso de la temperatura durante la década 1971-1980 respecto del periodo inicial, el fuerte aumento en la década siguiente, 1981-1990 y, sobre todo, el aumento sostenido durante las dos últimas décadas. Estos datos son coherentes con los datos analizados en el caso de Formigal para el periodo 2001 – 2017.

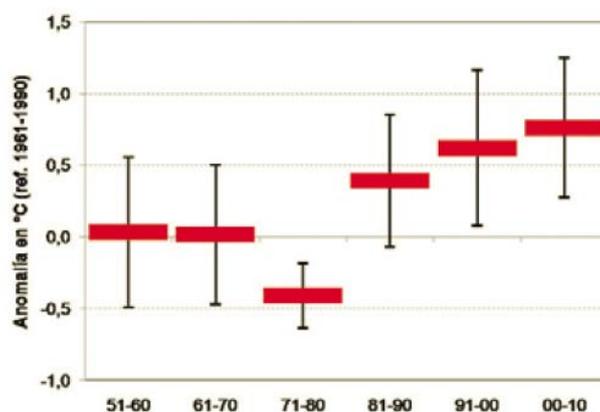


Figura 9. Evolución de la anomalía media (en rojo) y de la desviación típica (barras de color negro) de cada década respecto al valor medio del período de referencia 1961-1990. Se han considerado las 66 series homogéneas de temperatura. Fuente: Cuadrat *et al.* (2014).

La tendencia mostrada por los datos correspondientes a las temperaturas: medias, mínimas y máximas invernales; es a aumentar en torno a una décima de grado por año, si bien es algo mayor en las temperaturas máximas (0,115) y algo menor (0,097) en las mínimas. Analizando los datos por meses se comprueba como la tendencia es a un aumento de la temperatura media en todos los casos, siendo en los meses de febrero y marzo inapreciable mientras que en el resto de los meses es muy clara, siendo más evidente en los meses de noviembre, diciembre y abril. Algo semejante ocurre si explotamos las medias de las mínimas en el periodo invernal, la tendencia es a aumentar la temperatura en todos los casos excepto en el mes de marzo, que tiende a descender. Del resto de los meses, los de febrero y enero, son los que menor tendencia al alza muestran.

En conjunto los datos ponen de manifiesto que el negocio del esquí está sujeto a una gran variabilidad climática, un factor de inseguridad permanente que es necesario minimizar en lo posible. La única adaptación que aborda este problema es la producción de nieve artificial, **de tal suerte que la instalación de innivadores sería una herramienta necesaria, en el caso del Pirineo, incluso si el cambio climático no fuera una amenaza.** Para ello basta comprobar la gran variabilidad climática que se muestra en la gráfica siguiente, tanto entre temporadas como dentro de las propias temporadas, de hecho **es difícil hablar de una temporada completamente cálida o enteramente fría,** y por tanto la operativa del centro de esquí depende mucho de la gestión, más o menos adecuada, que los directores de operaciones de las estaciones realicen. Estos datos hacen reflexionar sobre la escasa validez de caracterizar las temporadas en base a su temperatura media global ya que se pueden dar temporadas con temperaturas medias muy elevadas pero con buenos resultados en tanto en cuanto al desarrollo de la misma, porque el mes de noviembre y de diciembre hayan tenido unas buenas ventanas de frío y/o humedades relativas bajas, que hayan permitido fabricar nieve artificial y aprovechar una nevada ligera.

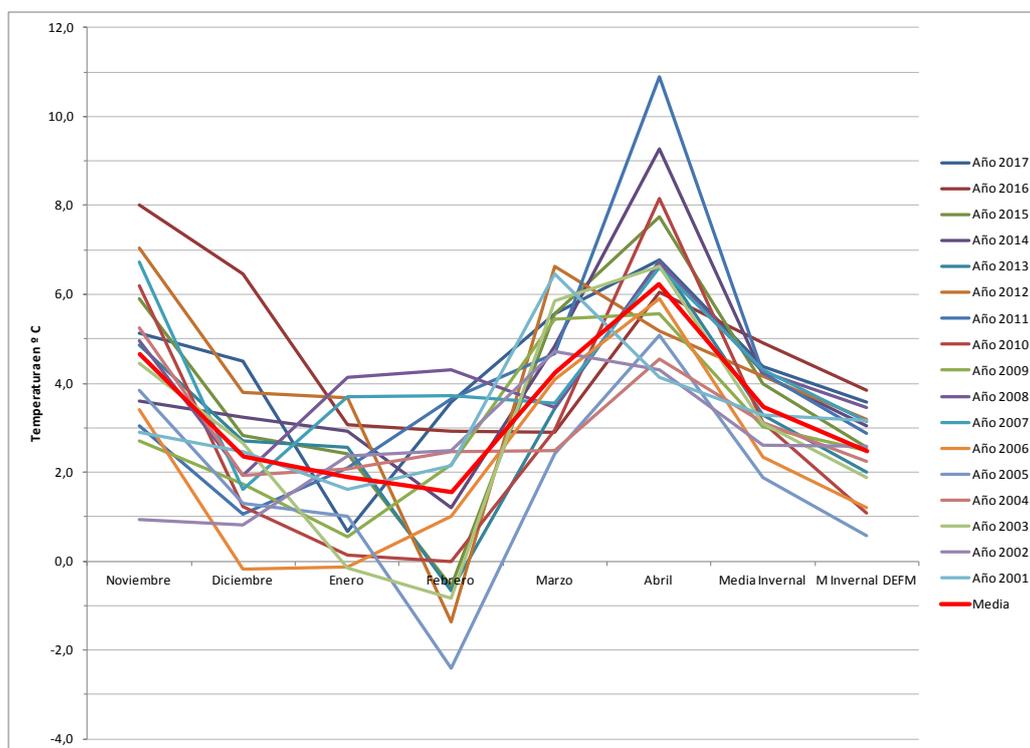


Figura 10. Evolución de las temperaturas medias mensuales en la Urbanización de Formigal a cota 1.605 en el periodo 2001 - 2017. Se han añadido la media invernal (NDEFMA) y la media invernal de los meses centrales (DEFM). Se debe tener en cuenta que el año corresponde al mes de E, así el Año 2006 se corresponde con la temporada 2005/2006. Fuente: Isaro. Elaboración propia.

Los factores más relevantes que determinan la duración de la temporada en Formigal, que podemos hacerlos extensivos al conjunto del Pirineo español, son:

- **La presencia de nieve a principio de temporada, ya sea debido a una precipitación suficiente o en combinación con la fabricación de nieve artificial.** Esto depende tanto de la dinámica de precipitaciones unida a bajas temperaturas, como de la combinación de bajas temperaturas y bajas humedades relativas (que determina que se pueda o no fabricar nieve artificial). Estos factores son decisivos al inicio de temporada, siendo claves para la rentabilidad de la estación.
- **La casuística de las fechas de la Semana Santa,** que viene a determinar lo que se prolonga la temporada en su tramo final, y que puede suponer una diferencia de más de 20 días de esquí. De forma que la falta de nieve no suele ser la razón del final de temporada². Sin embargo, estos entre 15 y 20 días de prolongación de la temporada son mucho menos relevantes, desde el punto de vista de los resultados económicos, que los inicios de la misma.

² Es necesario hacer constar que la calidad de la nieve disminuye a final de temporada debido a las altas temperaturas y a la mayor insolación, apareciendo la denominada nieve primavera, y acortando las horas de esquí en condiciones óptimas.



Así pues, **toda temporada pirenaica tiene un límite inicial claro, finales de noviembre**. No poder abrir para esa fecha es empezar a perder días clave, el puente de la Constitución y, en el peor de los casos, el periodo de Navidad. **Sin embargo, la fecha de cierre está al albur de cuando caiga la Semana Santa ese año**, independientemente de la cantidad de nieve acumulada. **Por ello es prácticamente imposible que en el Pirineo se den temporadas más largas de 150 días de esquí, siendo lo más probable que se sitúen en torno a los 125 días**.

Es necesario hacer constar que años con pocas o malas nevadas con viento, determinan el ritmo de la temporada, resultando temporadas difíciles, con poca nieve, y un entorno pelado poco sugerente para el esquiador, pero se salvan gracias a la producción de nieve artificial y a un trabajo intenso de mantenimiento de pistas a lo largo de toda la temporada.

4.1. ADAPTACIÓN DE FORMIGAL A LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y AL CAMBIO CLIMÁTICO

La Estación de Esquí de Formigal ha venido desarrollando una serie de estrategias tanto corporativas como operativas que, si bien no se abordaron en su día como respuesta al cambio climático, **sí se adoptaron para mejorar las condiciones impuestas por la variabilidad climática imperante, y afrontar de mejor manera las malas temporadas de nieve**.

Estas estrategias coinciden, en buena medida, con las estrategias de adaptación al cambio climático que las estaciones de todo el mundo han venido concretando y adoptando en los últimos años. Por razones obvias, Formigal no ha desarrollado estrategias de esquí en glaciares, que sí se han adoptado en Alpes.

4.1.1. TRABAJOS EN PISTAS

Los trabajos de pistas de los últimos años se han realizado buscando, en la medida de lo posible, la adaptación al terreno pero eliminando aquellos resaltes que pudieran hacer necesaria una capa mínima mayor de 30 cm de nieve para su aprovechamiento efectivo por el esquiador. Además, tanto en el diseño de las pistas como en los trabajos de nieve con las máquinas, se han incorporado **criterios de pendiente transversal, buscando disminuir la exposición al sol**, una medida muy importante para aquellas zonas que presentan una mayor insolación, ello permite mantener abiertas hasta final de temporada pistas de esquí que, a priori, deberían de presentar muchos problemas para ello. Un claro ejemplo son las pistas que unen Anayet y Portalet, que presentan una insolación importante a final de temporada, pero que, aún así, se mantienen operativas y en buenas condiciones.

Ya desde hace tiempo se han distribuido por las zonas más afectadas por el viento una suerte de vallados y plantaciones arbóreas destinadas a realizar la función, por un lado de **paravientos, protegiendo la nieve depositada en las pistas, y por otro de “granjas de nieve”, es decir de acumular a sotavento la nieve arrastrada por la acción del viento**, de forma que estos acúmulos “naturales” se puedan, con posterioridad, distribuir en aquellas zonas más necesitadas de nieve.

De igual forma, **se ha trabajado intensamente en la revegetación y mantenimiento de la cobertura herbácea de las pistas de esquí**, incorporando medidas tanto para facilitar su recuperación durante



las obras para su trazado, como para recuperar aquellas que fueron trazadas en el pasado y que tenían malas condiciones para su autorrecuperación. La presencia de vegetación herbácea asegura un mejor mantenimiento de la nieve, evitando problemas de contaminación de la misma y pérdida de albedo, y menores problemas de erosión.

4.1.2. GANANDO ALTURA Y CENTRÁNDOSE EN EXPOSICIONES NORTE.

Formigal, en su desarrollo a lo largo de las ampliaciones de la década de 1970, y de 2004 a 2008, **buscó poder acceder a las cotas más altas del entorno, situando su cota máxima en los 2.250 m, y siempre buscando orientaciones norte más favorables para el mantenimiento de la nieve.** Además se ubicaron **entradas y accesos a la estación en altura, entre 1.700 y 1.800 metros, mientras que la entrada a menor cota, Sextas, se mantuvo con un acceso a cotas altas (1.900 m)** ya fuera mediante el antiguo telecabina o el moderno telesilla actual que permiten tanto la subida de esquiadores como su descenso en caso necesario. Estas ampliaciones han permitido, además de ganar altura, ampliar el dominio esquiable, alcanzando **un tamaño actual medio – grande** (en comparación con las estaciones europeas), con una gestión por valles lo que la hace muy versátil ante diferentes situaciones climáticas, y le permite permanecer abierta en casi todas ellas.

4.1.3. MEJORA DE INSTALACIONES

La última ampliación y remodelación de Formigal buscó una **modernización de los remontes en dos sentidos, por un lado el aumento efectivo de capacidad de remonte, es decir aumentar el número de esquiadores hora que se pueden transportar, y por otro eliminar los telesquíes sustituyéndolos por telesillas.** Los telesquíes son remontes que tienen el problema añadido de que necesitan de una calle esquiable por la que remonta el esquiador. Esto supone que caso de no tener nieve suficiente, en general nieve natural, ya que no se utilizan cañones de nieve para este cometido, el remonte no podría funcionar y las pistas de esquí atendidas por ese remonte quedarían sin uso, sacrificando parte del dominio esquiable por la falta de nieve fuera de las pistas. Aún con todo, todavía quedan remontes en altura de este tipo en Formigal.

4.1.4. CUIDADOS DE LA NIEVE

El pisado, tratado y redistribuido de nieve mediante **los trabajos nocturnos de las máquinas pisapistas** es una labor que se viene realizando en Formigal desde hace muchos años. Las últimas mejoras tecnológicas permiten incorporar GPS a los movimientos y trazados de esta maquinaria, de forma que incluso en momentos de escasa visibilidad se pueden ceñir y ajustar a la pista en la que estén trabajando. Esta maquinaria **permite regularizar la pista, compactarla evitando en lo posible la acción del viento, rellenar de nieve aquellas zonas que sufren más desgaste por los esquiadores, mantener la nieve limpia manteniendo alto el albedo y, en definitiva, alargar la vida de la nieve.** En algunas estaciones se están empezando a probar sondas que permiten establecer de forma automática que profundidad de nieve existe en cada punto.



Figura 11. Pista recién preparada tras los trabajos de una máquina pisapistas. Fuente: Formigal.

4.1.5. ADAPTACIONES ESTRATÉGICAS

Si bien la estación no ha adoptado una estrategia intensa de cara al turismo de verano, aunque sí ha permeabilizado su dominio para facilitar el acceso a zonas de interés, en general fuera del mismo, caso de los ibones de Anayet, o el ibón de Espelunciecha, no es menos cierto que **el Valle del Tena disfruta de una temporada de verano tan intensa como la de invierno gracias al atractivo de las actividades lúdicas y excursiones que se pueden realizar, como de las actividades culturales que en él tienen lugar**, entre las que destacan el festival de música Pirineos Sur, o las fiestas patronales de las distintas poblaciones. Todo ello convierte al **Valle del Tena en un destino turístico de carácter anual, con dos temporadas bajas: otoño y primavera**. Antes de la incorporación de la nieve artificial, la temporada de invierno, aunque importante, era menos fiable que la temporada de verano, ya que era difícil asegurar tanto la duración de la temporada como la fecha de apertura en épocas tan importantes como las fechas de Navidad. **La nieve artificial ha venido a asegurar que la temporada de esquí está abierta en Navidad, cuestión muy relevante, ya que el esquí de estas fechas puede llegar a suponer el treinta por ciento de la facturación anual.**

En la ampliación y remodelación de 2004, Formigal se adelantó a los requerimientos de una demanda que progresivamente ha ido envejeciendo y volviéndose cada día más familiar. Para ello fomentó un dominio esquiable completamente articulado en torno a un gran cinturón de pistas azules, y plagado de zonas de descanso y atractivos para actividades complementarias al esquí (fundamentalmente restauración). Por otra parte, tanto la Urbanización como en el resto de núcleos urbanos, se han venido dotando de oferta complementaria para atender a los esquiadores una vez finalizada una jornada de esquí, por lo demás cada vez más corta, y al importante público acompañante no esquiador que crece cada año. El esquiador medio viene destinando entre cuatro y cinco horas al esquí y el resto del tiempo a otras actividades.



La Estación de Esquí de Formigal, junto a otras cuatro estaciones aragonesas (Cerler, Panticosa, Javalambre y Valdelinares), pasó a integrar en el año 2003 el Grupo Aramón, Montañas de Aragón.

El Grupo proporciona un mayor acceso al capital y los recursos de comercialización, mantenimiento, servicios centrales, etc. Mejorando así la capacidad de adaptación, y reduciendo la vulnerabilidad a los efectos de la variabilidad climática y el cambio climático futuro a través de la diversificación regional en las operaciones comerciales.

4.1.6. NIEVE ARTIFICIAL

Junto a todas estas adaptaciones Formigal acometió, tal y como ya se ha explicado, una ambiciosa red de innivación artificial, que facilita su viabilidad adelantando y asegurando fechas de apertura, y ayudando al mantenimiento de las pistas durante la temporada. Vale la pena insistir una vez más en que es la adaptación más importante que ha realizado la Estación frente a la variabilidad climática y el cambio climático futuro.

Con el fin de poder acercarnos a la realidad de la fabricación de nieve artificial en Formigal se ha analizado la línea de cañones que mayor diferencia de cota presenta en la estación, entre los 1.506 m de la sonda de Sextas a los 2.161 m de la sonda de Tres Hombres. Se han analizado los datos de los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo de las temporadas 2004 / 05 hasta la actualidad. No hay datos del mes de Abril debido a que no se ha fabricado nieve en este mes en ninguna temporada, al no resultar necesario.

Ahora bien, ¿a qué temperatura se puede fabricar nieve artificial? **Los cañones modernos trabajan a partir de una temperatura húmeda de $-2,5\text{ °C}$ de T_w** ³ (si bien, en algunos casos pueden llegar a trabajar a temperaturas de -2 °C de T_w , banda amarilla de la tabla). La siguiente gráfica muestra como a partir de una humedad relativa del 57% se puede fabricar nieve a temperaturas ambiente por encima de 0 °C . Así con una humedad relativa del 30% se podría fabricar nieve a una temperatura ambiente de $+2,3\text{ °C}$, ya que la temperatura húmeda sería de $-2,5\text{ °C}$.

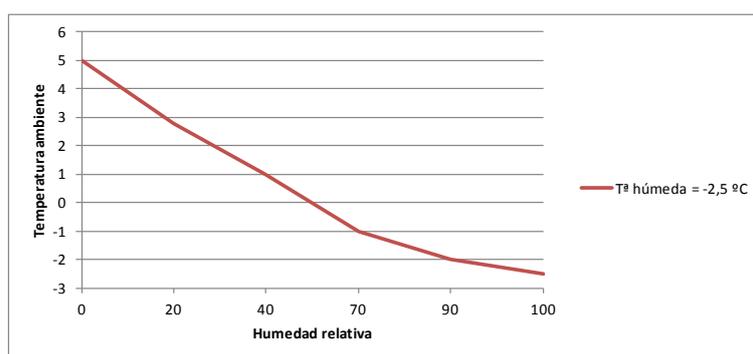


Figura 12. Curva de la temperatura húmeda $-2,5\text{ °C}$ T_w . Fuente: Elaboración propia.

³ La temperatura húmeda o de bulbo húmedo (T_w) es una medida combinada de la temperatura ambiente y la humedad relativa del aire. La temperatura húmeda y la temperatura ambiente son iguales cuando la humedad relativa del aire es el cien por cien. En la medida en que la humedad relativa es menor, se favorece la evaporación, la pérdida de calor, y por tanto la temperatura húmeda será menor que la temperatura ambiente.



Este es un factor muy relevante a la hora de establecer la vulnerabilidad de las estaciones de esquí. Buena parte de la literatura considera el límite inferior de temperatura para fabricar nieve artificial de forma eficiente a $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ de temperatura ambiente, lo cual supone trabajar a temperaturas húmedas de entre $-6,2$ y $-7,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, con humedades relativas de entre el 70 y el 30%, respectivamente. Unos valores mucho más bajos de los que supone el límite de fabricación actual ($-2,5\text{ }^{\circ}\text{C Tw}$). Bien es verdad que las **temperaturas entre $-2,5$ y $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ de temperatura húmeda se consideran temperaturas marginales** ya que la cantidad de nieve fabricada es mucho menor y su coste mucho mayor, pero a veces no queda más remedio que trabajar a esas temperaturas, mientras que las temperaturas húmedas entre -4 y $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ son temperaturas ya idóneas para la fabricación, siendo aún mejor cuando las temperaturas son más bajas.

Todas las sondas están situadas en una vertiente orientada al NNE, sin embargo presentan ciertas características propias derivadas de su ubicación que les confieren ciertas particularidades. La sonda 1 de Sextas, está ubicada cerca del cauce del río Gállego, y está sometida a los fenómenos de inversión térmica de fondo de valle, de forma que sus datos de temperatura son inferiores a los de la sonda 2 situada cien metros por encima de esta, estableciéndose gradientes positivos que llegan a valores de $0,34\text{ }^{\circ}\text{C}$ cada cien metros durante el mes de diciembre. Ahora bien, dada su ubicación, la humedad relativa de la sonda 1 es, por lo general, superior a la de la sonda 2, lo que determina que a idéntica temperatura ambiente, la temperatura húmeda de la sonda 2 sea igual o inferior a la de la sonda uno.

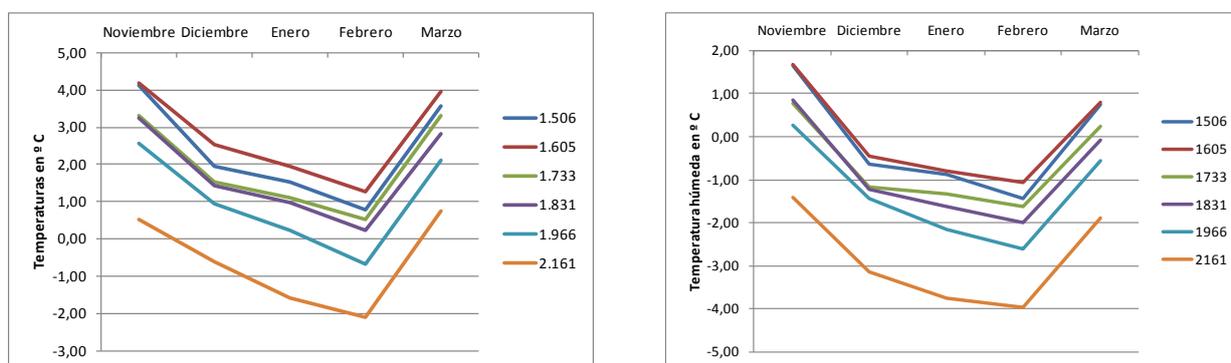


Figura 13. Temperaturas medias mensuales de las sondas, a la izquierda temperatura ambiente y a la derecha temperatura húmeda. Fuente: Estación de Esquí de Formigal. Elaboración propia.

En la figura anterior se puede ver como la curva de la S1 queda por debajo de la S2 ya sea en temperaturas secas como húmedas, debido a la inversión térmica registrada.

En las siguientes gráficas se puede observar como **el mes de febrero es el mes más frío en todos los casos, mientras que los meses de noviembre y marzo son los más cálidos**. En cuanto a temperatura húmeda se refiere, los meses de enero y diciembre son muy semejantes a cotas bajas, diferenciándose algo a cotas más altas.

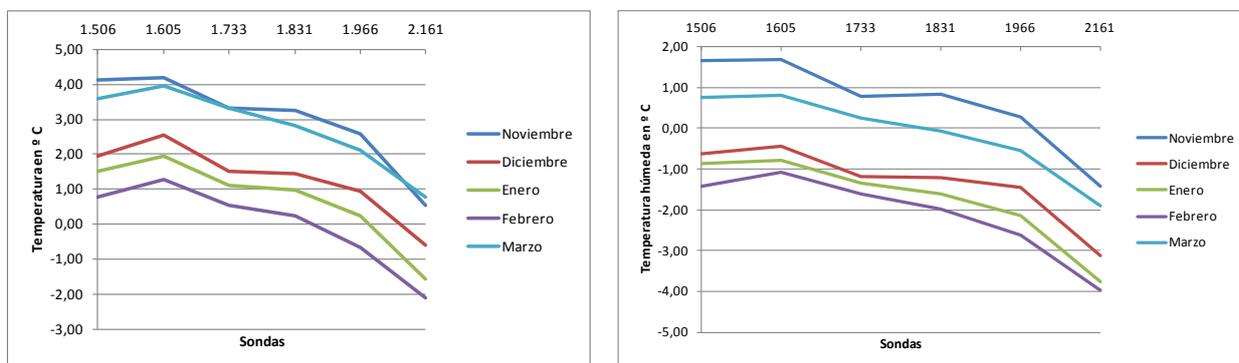


Figura 14. Temperaturas medias mensuales de las sondas, a la izquierda temperatura ambiente y a la derecha temperatura húmeda. Fuente: Estación de Esquí de Formigal. Elaboración propia.

También es interesante comprobar la **diferencia existente entre la temperatura húmeda y la ambiente de entre dos y tres grados**, siendo la temperatura ambiente de entre -2 y +4 °C, lo que se corresponde con unos registros de humedad relativa de entre el 70 y el 60%, la HR promedio de la estación.

Otro dato interesante es el número de horas mensuales en el que los cañones han podido producir nieve artificial, es decir la temperatura húmeda se ha situado por debajo de -2,5 °C. **Este dato es un indicativo de la cantidad de nieve que se ha podido producir en cada sonda**. Sin embargo no se puede decir que hayan sido el número real de horas de producción (pueden darse condiciones adecuadas para la producción pero no resultar necesaria), ni tan siquiera de número real de horas en los que se podría haber arrancado la instalación, ya que puede ocurrir que los cañones hayan estado por debajo de esa temperatura un tiempo insuficiente para que la puesta en marcha de la instalación resulte rentable. Podemos ver que el mes que menos horas de posible producción (< - 2,5 °C) presenta es noviembre, con una media de 100 horas para las sondas más bajas, mientras que diciembre ya sobrepasa las 200 horas.

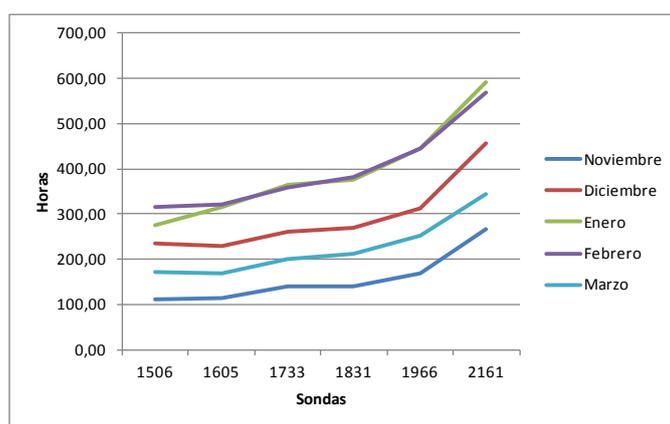


Figura 15. Horas mensuales medias en que las sondas han registrado una temperatura húmeda igual o inferior a -2,5°C. Fuente: Estación de Esquí de Formigal. Elaboración propia.



4.2. EXPECTATIVAS DE FUTURO PARA FORMIGAL

Ya se ha visto que las temperaturas medias del periodo reciente estudiado se correspondían con la media del periodo patrón, 1969 / 99, y que las previsiones de **los modelos anuncian un incremento de las temperaturas invernales de entre 2 °C para el escenario RCP 4,5 y de 4 °C para el escenario RCP 8,5 en el horizonte 2100, y de 1 °C y 1,5 °C, respectivamente, para el horizonte 2050.**

Según López Moreno *et al.* (2009) en el Pirineo se espera que para el 2100 se produzca una reducción del volumen de nieve de entre un 32% a 1.500 m y un 18% a 2.000 m en el escenario B2 (equivalente al RCP 4,5), y de entre un 70% a 1.500 m y un 46% a 2.000 m en el escenario A2 (equivalente al RCP 8,5). Igualmente estos autores prevén, en el caso de la duración del manto nivoso, que la disminución oscile entre 44% a 1.500 m y 20% a 2.000 m en un escenario B2. Con emisiones más altas (escenario A2), se esperan disminuciones medias de 78%, y 49% a 1.500, 2.000, respectivamente. Partiendo de estos resultados se puede afirmar que la producción de nieve artificial se hace indispensable para asegurar el futuro de las estaciones de esquí.

Se pueden buscar referencias de análogos del pasado reciente que den una idea de qué situaciones se pueden esperar en el futuro. Las temporadas más cálidas han sido la 2011 / 12 y la 2015 / 16. Estas temporadas presentan valores medios de temperatura invernal (DEFM) que presentan incrementos frente a la media del periodo patrón de 2,0 y 1,4 °C, respectivamente. Lo que las hace **representativas de las situaciones esperadas en el horizonte 2050 para el RCP 8.5 y el horizonte 2100 para el RCP 4.5.** En ambos casos los inicios de temporada registraron temperaturas elevadas, registrando la segunda una humedad relativa muy baja durante esos meses, lo que permitió fabricar nieve artificial en abundancia durante N y D. En el caso de la temporada 2011 / 12, la producción de nieve artificial fue escasa y sólo se pudo abrir antes de Navidad. Aún así, en ambos casos, tal y como se ha dicho, **la duración de la temporada estuvo por encima de los cien días, 110 y 134 días, respectivamente, en las dos temporadas se abrió en el periodo navideño, y en una de ellas (2015 / 16) a primeros de diciembre.**

Otra temporada a tener muy en cuenta es la temporada 2006 / 07. Esta dura temporada (media NDEFMA 4,4 °C, media DEFM 3,1 °C), ha sido una de las peores en el Pirineo francés y Alpes, destacó por la ausencia de nevadas en noviembre y diciembre, tener medias de temperaturas en E y F muy altas (2,2 °C por encima de la media, situación representativa del horizonte 2100 para el RCP 4,5 y del horizonte 2050 para el escenario RCP 8,5), lo que conllevó nevadas prioritariamente a cotas altas, lo cual condujo a situaciones difíciles en las áreas de Sextas, y a no disponer de más de treinta cm de nieve natural en cota 2 000 hasta mediados de febrero. Aún así en Formigal se saldó con 118 días de esquí, pese a una Semana Santa a primeros de abril, abriendo en Navidad, pero siempre en condiciones muy limitadas de nieve. Incluso costó mantener en buen estado las pistas altas dotadas de innivación hasta muy entrada la temporada. Esta ha sido la peor temporada de las recientes en número de esquiadores.

Todos estos datos hacen pensar en que, con excepción de algunas temporadas, la apertura del área de Sextas se retrasará hasta bien entrada la temporada, pero que **en general la estación va a responder bien hasta la década de 2050, ya sea en uno u otro escenario, si bien es muy probable que aumente la dependencia de la nieve artificial.**

En resumen:



- **Formigal ha ido implementando buena parte de las medidas de adaptación** recomendadas y empleadas por el sector de la nieve de cara a garantizar la temporada de esquí, enfrentando así la variabilidad climática de la zona, y preparando a la estación frente al cambio climático.
- Las adaptaciones acometidas por la estación a lo largo de los años, y en especial en la última década, han tenido como consecuencia que **Formigal haya cumplido con los criterios de viabilidad de los cien días y con la apertura en Navidad en el cien por cien de las temporadas a partir del año 2000** (con la salvedad de la temporada 2004/05 en la que concurrieron una serie de circunstancias en buena medida ajenas a la climatología que ya se han puesto de manifiesto, si bien, y aún así, la duración de la temporada fue de 99 días). La apertura en la primera semana de diciembre (Puente de la Constitución) se ha producido en el 75% de las temporadas. Esto ha supuesto una mejora en el funcionamiento de la estación influyendo notablemente en la fortaleza económica del entorno.
- **El número de días de la temporada depende de numerosas circunstancias climáticas y criterios de gestión**, entre los que se encuentran: la falta de nieve para abrir la temporada, altas temperaturas con humedades relativas altas que impidan fabricar nieve artificial, estrategias operativas (puede que un año escaso de nieve se habrá más tarde con el fin de asegurar nieve suficiente durante las vacaciones navideñas), el adelanto o retraso del cierre de temporada en función de cuando caiga la Semana Santa, asumiendo que esta fecha es límite para las actividades de esquí, y que únicamente se supera en el caso de que venga muy temprana (mediados de marzo), y aún así es por poco tiempo.
- **Los datos indican que la época de la temporada más incierta es el inicio de la misma.** El aumento de temperaturas y la reducción de precipitaciones en forma de nieve previstas, así como la evolución de la humedad relativa, serán claves para la apertura de la temporada en esta época del año. En buena medida la fabricación de nieve artificial en esta época del año depende de la evolución de las inversiones térmicas, que son un fenómeno muy relevante en las cotas bajas.
- **Ni la época navideña ni el final de temporada parecen, a priori, en riesgo con el cambio climático en un horizonte 2050.** Sí podrá ocurrir, y cada vez con mayor frecuencia, que el área de Sextas, situada a 1.500 m no esté operativa en esas épocas del año, o que en temporadas excepcionalmente cálidas y con humedades relativas también altas, fueran más comprometidas no pudiendo fabricarse nieve artificial.
- Dada la disminución prevista de las precipitaciones en forma de nieve así como de la duración de la misma, **es muy probable que aumente la dependencia de la nieve artificial, incrementándose el número de horas de funcionamiento y la cantidad de nieve producida, y por tanto los costes de explotación.**



5. RECOMENDACIONES

Para el caso de Formigal parece oportuno realizar algunas recomendaciones de futuro que abunden en las adaptaciones ya iniciadas. Así, parece importante abordar la remodelación de la parte alta del Valle de Izas, sustituyendo los telesquíes por telesillas y dotando a algunas pistas de nieve artificial, con esto se aseguraría la parte alta de la estación con mejor orientación, ofreciendo una mayor seguridad para una apertura temprana.

Con el fin de aprovechar mejor el recurso nival, parece conveniente **articular nuevas áreas de granjas de nieve**, bien mediante estructuras removibles, bien mediante la plantación de arbolado, teniendo en cuenta que esto último puede, además, proveer de sombra a buena parte de las pistas con peor orientación, **disminuyendo la incidencia de la radiación solar y, por tanto, protegiendo el manto nivoso**. Esta labor de sombreado de las pistas por parte de la vegetación arbórea es una adaptación prácticamente inexistente en Formigal y debería ser objeto de un estudio detallado teniendo en cuenta las consecuencias ambientales.

De forma general, en las estaciones aragonesas, se recomienda realizar un seguimiento de la evolución climática, con el fin de **poder comprobar si el aumento de temperaturas registrado en la última década mantiene la preocupante tendencia actual o, por el contrario, se suaviza, incluyendo una explotación del conjunto de los datos de las sondas de nieve artificial en las estaciones de esquí, que devuelva una imagen más completa de cómo se comportan las temperaturas tanto secas como húmedas en el conjunto de los dominios**, así como el establecimiento de patrones climáticos en las diferentes circunstancias, incluyendo la influencia de las inversiones térmicas, un fenómeno que puede resultar clave en la viabilidad de las zonas bajas.

Sería muy conveniente **aplicar un modelo de simulación de nieve con un módulo de nieve artificial** a los dominios esquiables aragoneses, basado en datos regionalizados de última generación. Además de proveer de datos robustos para determinar las consecuencias de las previsiones del cambio climático, se afinaría una metodología aplicable al conjunto de las áreas esquiables aragonesas. Este estudio aportaría **datos para poder valorar adecuadamente la viabilidad económica de la fabricación de nieve artificial, ya que proporcionaría datos para poder anticipar tanto los incrementos del número de horas de funcionamiento del sistema como de la cantidad de nieve que sería necesario producir, claves para determinar las necesidades energéticas y el consumo de agua**. También aportaría datos clave para **determinar la viabilidad de ciertas inversiones en remontes, conexiones de áreas esquiables, etc., ya que establecería un marco temporal efectivo de la viabilidad climática de las diferentes zonas de esquí, y por tanto la base para una estrategia de desarrollo socioeconómico de las áreas de montaña**.

Así mismo parece importante realizar **un estudio de demanda desde el punto de vista de respuesta adaptativa al cambio climático**, lo que ayudaría a adoptar medidas más efectivas para posicionar la oferta en el mercado futuro así como, de forma complementaria al anterior, sus posibles repercusiones socioeconómicas.