

« TURISMO DE INVIERNO Y CAMBIO CLIMÁTICO: LA PRODUCCIÓN DE NIEVE ARTIFICIAL EN LOS PIRINEOS, ¿UN USO SOSTENIBLE DEL AGUA? »

Sylvie CLARIMONT

Université de Pau et des Pays de l'Adour

Resumen:

El previsible descenso de la innivación natural tanto en términos de precipitaciones en forma de nieve como de permanencia de la cobertura nival ha inducido a las estaciones de esquí a unas estrategias de adaptación cuestionables. Con la ayuda de subvenciones públicas, los centros de turismo de invierno pirenaicos ha invertido en unos costosos sistemas de producción de nieve artificial para consolidar una actividad cuyo peso en la economía del destino es fundamental. Es difícil apreciar con exactitud el consumo de agua derivado del funcionamiento de los cañones. Si bien, en el conjunto de las cuencas del Adour, del Garona o del Ebro, esta demanda parece leve, en la actualidad, a nivel de los territorios de montaña afectados puede llegar a ser importante. El incremento previsible en un futuro próximo de la producción de nieve artificial tenderá a aumentar las presiones sobre los recursos hídricos en las zonas de alta montaña.

Palabras claves: esquí, cambio climático, desarrollo sostenible, nieve artificial, Pirineos

1. Introducción

El agua constituye un recurso indispensable para el desarrollo del turismo de nieve. En zonas de montaña dedicadas al esquí se solicitan cada vez más los recursos hídricos disponibles para frenar los efectos ya perceptibles del cambio climático. Frente a una disminución sensible de las nevadas, la mayoría de las estaciones de esquí de los Pirineos han recurrido a la producción de nieve artificial para poder abrir una parte o la totalidad de sus pistas. Ésta parece ahora imprescindible para perpetuar el modelo de crecimiento económico "fordista" nacido en los años 1950-1960 en los Alpes y difundido luego a los otros macizos europeos. En los Alpes donde se empezó a invertir en cañones de nieve en la década de los 1980, esta forma de adaptación de la economía del esquí al cambio climático ha dado lugar a numerosos estudios. En los Pirineos, este fenómeno más tardío se conoce mal. Carecemos de estudios exhaustivos y profundizados sobre la producción de nieve artificial en la cordillera pirenaica. Si bien es cierto que el consumo de agua para abastecer los cañones de nieve debe ser en los Pirineos muy inferior al consumo medio en la parte francesa de los Alpes (alrededor de 12 Hm³ por temporada según los datos del organismo de cuenca RMC) dada la menor concentración en centros de esquí, el fuerte y reciente incremento de la producción pirenaica de nieve artificial no deja de ser preocupante. ¿Es compatible esta producción de nieve artificial con un desarrollo sostenible de las zonas de montaña? Este trabajo trata de contestar esta pregunta mediante el análisis de la producción de nieve artificial en los Pirineos (cuencas del Adour, del Garona y del Ebro). Sus objetivos concretos son conocer mejor la producción de nieve artificial (contexto global y local en el que se desarrolla, modo de producción, tipo de recurso solicitado, volúmenes de agua consumidos...) y sus efectos sobre el medio ambiente. La información referente a la producción de nieve artificial, anotada en estadísticas oficiales es muy insuficiente por lo que para conseguir un mejor grado de conocimiento de las prácticas de innivación artificial en los Pirineos e intentar evaluar el impacto de éstas sobre el medio ambiente se tuvo que proceder a un amplio (e inacabado) trabajo de campo a partir del verano y otoño del 2007. Se han visitado 12 de las 18 estaciones de esquí de las cuencas francesas del Adour y del Garona equipadas con infraestructuras significativas de producción de nieve (La Pierre Saint Martin, Gourette, Luz Ardiden, Domaine du Tourmalet, Saint-Lary, Piau Engaly, Val Louron, Peyragudes, Superbagnères, Guzet, Ax 3 Domaines). Las 5 estaciones restantes disponen de muy pocos cañones hasta ahora (Artouste, Cauterets, Gavarnie, Bourg d'Oueil, Ascou-Pailhères) y fueron consultadas por teléfono. En la cuenca

del Ebro, solo se pudieron visitar las estaciones de Formigal, Baqueira-Beret y Gran Valira. Los datos recogidos hasta ahora son pues parciales y, a veces, de dudosa fiabilidad. En algunas estaciones se han negado a comunicar datos precisos, en otras no se conoce con exactitud el consumo de agua requerido para la producción de nieve artificial (Gavarnie, Cauterets) y/o el consumo energético por falta de contadores específicos. A pesar de estas limitaciones, la riqueza de la información conseguida en muchas estaciones ya permite resaltar algunos elementos sobre los efectos de la reciente intensificación de la producción de nieve artificial.

2. La nieve para el turismo de invierno: un recurso inseguro a la hora del cambio climático

El esquí aparece en los Pirineos un poco más tarde que en los Alpes, a principios del siglo XX, en algunas localidades balnearias francesas (Eaux-Bonnes, Gourette, Cauterets, Barèges, Luchon) con la puesta en venta de los primeros “paquetes turísticos” ofreciendo a los esquiadores tanto el transporte por ferrocarril como el alojamiento [CHADEFAUD, 1988]. En el Pirineo español, el Centro Excursionista de Catalunya (CEC) protagoniza la difusión de la práctica del esquí en las zonas más próximas a Barcelona. El ferrocarril transpirenaico de Barcelona a Francia por Puigcerdá así como el ferrocarril internacional Huesca – Canfranc – Pau tuvieron un papel importante en el despegue de las primeras estaciones (La Molina, Nuría, Candanchú) [FERNANDEZ GARATE *et alii*, 1989]. Sin embargo, la oferta de esquí permanece limitada, difusa y marginal hasta los años 1950-1960.

2.1. La consolidación del esquí como recurso para la economía local

En la década de los 60, tanto en Francia como en España, el Estado intenta fomentar el turismo internacional e interior para equilibrar la balanza de pagos y corregir los desequilibrios territoriales dinamizando zonas rurales debilitadas por la escasa competitividad de la actividad agropecuaria tradicional y por unos sueldos migratorios negativos. En España, se aprobó en 1968, la Ley de Centros y Zonas de Interés Turístico que “facultaba al Ministerio de Información y Turismo para aprobar planeamientos, ocupaciones, usos del suelo, expropiaciones, créditos hipotecarios, ayudas y subvenciones con el fin de fomentar el turismo” [FERNANDEZ GARATE *et alii*, 1990, p. 87]. En Francia, el IV Plan de Desarrollo Económico (1962-1965) prevé fortalecer la oferta turística de sol y playa (con la creación de nuevos centros turísticos en la costa mediterránea y atlántica) así como la del turismo de nieve. En los Alpes, se edifican pues nuevos centros turísticos ubicados en los pastizales de alta montaña a una cota muy superior (>1800 m) a la de los poblados antiguos, asequibles por carretera y dedicados exclusivamente a la práctica del esquí. Con su estilo arquitectónico “moderno” y urbano, estos nuevos centros contrastan fuertemente con la tipología tradicional de la vivienda. Si bien este modelo de desarrollo alcanza su auge en los Alpes, en los Pirineos surgen también unos centros turísticos parecidos. Con la ayuda de subvenciones estatales, numerosos municipios pirenaicos invierten en la construcción de centros turísticos de invierno fuera de los lugares habitados hasta ahora (La Pierre Saint Martin en el término municipal de Arette, Gourette en el de Eaux-Bonnes...). El Estado ha tenido en los Pirineos menos protagonismo que en los Alpes y han prevalecido estrategias de desarrollo más bien locales: en Saint-Lary fue por ejemplo el alcalde-hotelero, Vincent Mir, quién impulsó la creación de la estación de esquí. El fomento de un turismo de nieve controlado por los agentes locales se percibía entonces como la mejor alternativa al declive de las actividades tradicionales y la mejor forma de desarrollar el valle y de fijar la población. Esta concepción del turismo sigue siendo muy presente y ha sido expresada varias veces durante las entrevistas: “si perdemos las estaciones de esquí, volverá la emigración rural como en los años 1970” afirmaba por ejemplo

el gestor de la estación de Luz-Ardiden. El esquí conlleva unos fuertes y contrastados impactos territoriales. El desarrollo de la actividad se acompaña de la construcción de un complejo urbanístico-turístico generador de plus-valía pero carente de homogeneidad arquitectónica. Estas nuevas viviendas, edificadas sobre terrenos anteriormente dedicados a la agricultura y a la ganadería, no solo modifican de forma irreversible el uso del suelo sino que tienen unos efectos sociales notables. Con el crecimiento del fenómeno de segunda vivienda, aumenta la propiedad foránea [LARDIES-BOSQUE, 1997]. Además, el esquí contribuye a frenar el declive demográfico aunque sus efectos socioeconómicos tengan una fuerte variabilidad espacial diluyéndose conforme nos alejamos de la estación de esquí [LASANTA *et alii*, 2007]. Dinamiza la economía local y genera puestos de trabajo, aunque temporales, ocupados por personas procedentes de los pueblos cercanos a la estación [LARDIES-BOSQUE, 1997]. En el valle de Ax-les-Thermes (09), la empresa SAVASEM¹ constituida en el 2004, emplea durante la temporada de invierno en sus dos estaciones (Ax 3 Domaines, Ascou-Pailhères) más de 100 personas². El volumen de ventas realizado por la SAVASEM en los remontes ha crecido en los últimos años, a un ritmo más rápido que en toda la parte francesa de la cordillera pasando de 4.298.958 euros en la temporada 2002-2003 a 6.250.000 euros en la temporada 2005-2006. Sin embargo, durante la temporada 2006-2007 cayeron de casi la mitad las ventas de *forfaits* en la estación de Ax y de más del 60% las ventas en la de Ascou. Esta fuerte caída se debe a las escasas precipitaciones de nieve de diciembre a marzo.

2.2. El esquí: una actividad estacional muy sensible a las condiciones climáticas

El turismo en general y particularmente el esquí son unas actividades muy sensibles a las variaciones y a los cambios climáticos. El esquí es altamente dependiente de las condiciones climáticas ya que se basa en la explotación de un recurso natural: no solo requiere una nieve en cantidad y calidad satisfactorias sino también un tiempo bastante despejado y estable para ofrecer a los esquiadores unas condiciones de visibilidad y de seguridad suficientes. Los destinos dedicados al turismo de nieve son pues particularmente vulnerables al cambio climático: “el impacto del cambio climático sobre la industria del turismo deportivo de nieve es potencialmente grave” [WTO, 2008, p.67].

El calentamiento global del planeta desde el siglo XIX es un fenómeno ahora reconocido. Entre 1850-1899 y 2001-2005 la temperatura media global ha aumentado de +0,76° C y se acelera su subida a partir de 1950 [GIEC, 2007]. En Francia, la temperatura media ha subido de +0,9° C en el siglo XX. Once de los doce últimos años aparecen dentro de los años más cálidos medidos desde 1850 y nunca, desde que existen sistemas de medición fiables, la temperatura media del planeta había sido tan elevada como en estos últimos años [GIEC, 2007]. Semejante subida de temperatura se debe probablemente a las actividades humanas (más del 90% de las probabilidades) y concretamente al aumento de las emisiones de GEI [GIEC, 2007]. Los efectos del cambio climático son ya notables: reducción de la superficie de los glaciares en zonas de montaña y de la banquisa en las zonas polares; incremento del nivel medio del mar (+1,8 mm/año entre 1961 y 1963, +3,1 mm/año entre 1993 y 2003); fuerte aumento de la frecuencia de ciclones... (GIEC, 2007). Los expertos del IPCC (Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático) prevén un empeoramiento de la situación en el siglo XXI: según ellos, la temperatura media global aumentaría, en función de las emisiones de gas de efecto invernadero, de + 1,8° C (hipótesis baja) a + 4° C (hipótesis alta)

¹ El 80,9% del capital de la SAVASEM (Ski Alpin Vallée d'Ax Société d'économie mixte) pertenece al sector público (municipios de Ax-les-Thermes, de Ascou y de Mérens; mancomunidad de los Valles de Ax, Diputación provincial de Ariège); la parte restante se reparte entre varias entidades privadas (Pas Grau Internacional; Crédit Mutuel; Caisse d'épargne).

² El número de empleados tiende a subir desde el año 2002: 95 durante la temporada 2002-2003; 118 en la temporada 2004-2005 y 158 en la temporada 2007-2008.

de aquí al año 2100 [GIEC, 2007]. Si se confirmaran estas hipótesis, esto supondría una transformación muy notable del clima en Europa: subida de las temperaturas medias anuales superior a la media global; modificación de la pluviometría con un aumento de las precipitaciones anuales en el Norte de Europa y al contrario una bajada del número de días lluviosos cerca del Mediterráneo...

Las zonas de montaña de Europa ya parecen sufrir una subida de la temperatura media de invierno. Météo France ha registrado una subida de las temperaturas medias de invierno de +1,5°C e incluso localmente de +2°C (en el Puerto de Porte, Chartreuse, 1320 m) desde 1961 [ETCHEVERS *et al*, 2002]. Junto a estos cambios en las temperaturas, las disponibilidades de recursos hídricos están a su vez experimentando una evolución significativa. En el Pirineo, las precipitaciones conocen una gran variabilidad espacial debida a los importantes gradientes altitudinales y a la influencia de diferentes masas atmosféricas. No obstante, un análisis de las tendencias pluviométricas durante el periodo 1950-2002, permite resaltar un descenso significativo del volumen de las precipitaciones en primavera y verano y una evolución contrastada del número de días de precipitaciones (aumento en las regiones más orientales y descenso en las regiones centrales) [VICENTE-SERRANO *et alii*, 2007]. Si bien es cierto que los modelos de cambio climático predicen, en el Pirineo español, un descenso de las precipitaciones no homogéneo espacialmente ni tampoco estacionalmente (el descenso se produciría principalmente en primavera y en verano), el descenso pluviométrico generalizado en la Cordillera y la menor frecuencia de las precipitaciones no dejaran de tener “importantes consecuencias sobre la disponibilidad y la gestión de los recursos hídricos en el futuro” [VICENTE-SERRANO *et alii*, 2007, p.67]. Algunas de ellas son ya apreciables. Se han observado durante el siglo XX una reducción acelerada de la superficie de los glaciares. A corto o medio plazo se esperan un descenso de la innivación tanto en términos de precipitaciones en forma de nieve como de permanencia de la cobertura nival que afectaría gravemente al turismo de invierno sobre todo para las zonas situadas a menos de 2000 m. En el Pirineo francés, una subida uniforme de las temperaturas medias de +1,8° C, a 1 500 m, induciría una disminución de la temporada con nieve de aproximadamente 37 días (- 37 %) pasando a durar alrededor de 2 o 3 meses en lugar de 3 o 4 meses en la actualidad mientras que el espesor de la cobertura nival alcanzaría solo unos 20 cm [ETCHEVERS *et al*, 2002]. Más allá de 2 500 m, los efectos de la subida de las temperaturas serían menos notables: ligero retraso de las nevadas, deshielo más precoz, ligera disminución del espesor del manto de nieve. Para muchos centros de turismo de invierno las expectativas sobre la evolución de las condiciones climáticas en zonas de montaña son muy preocupantes. En los Alpes, el número de áreas de esquí “consolidadas” o sea cubiertas por la nieve de forma natural³ bajaría de 609 (el 91% de las áreas) a 404 (el 61% de las áreas) en la hipótesis de una subida de las temperaturas de 2°C o 202 (el 30 % de las áreas) en la hipótesis de una subida de las temperaturas de 4°C [AGRAWALA, 2007]. El futuro es muy incierto pues para las estaciones de esquí situadas en zonas de mediana montaña (menos de 2000 m): “Podrían desaparecer o reconvertirse hacia otras modalidades turísticas los complejos que se encuentran situados por debajo de los 2.000 metros (aunque este límite varía latitudinalmente), por falta o escasez del recurso nieve” [OECC – UCLM, 2005, p.667]. Según los expertos del IPCC, las recientes temporadas sin nieve en las montañas de Europa anuncian lo que pasará en un futuro no muy lejano. El invierno 2006-2007 fue particularmente calido, en muchos lugares de los Alpes y de los Pirineos lo que repercutió en la temporada de esquí.

3. La sistematización de la producción de nieve artificial: una solución técnica para un problema climático

³ Las áreas cubiertas por la nieve de forma natural son zonas en la que la nieve permanece durante un mínimo de 100 días y en la que la capa de nieve alcanza un grosor de al menos 30 cm de nieve natural (Agrawala, 2007)

Frente a las perspectivas de creciente irregularidad temporal del régimen nival, las estaciones de esquí pirenaicas han adoptado unas estrategias variadas de adaptación. La diversificación del producto y la transformación de la “estación de esquí” en “estación de montaña” entra a menudo dentro de los planes de desestacionalización de la oferta (excursionismo, VTT en las pistas de esquí...). Sin embargo, el invierno sigue siendo la temporada de mayor afluencia en el destino y las estrategias más destacadas consisten en consolidar y diversificar la oferta de nieve (esquí, *snowboard*, *freeride*...) mediante la ampliación del dominio esquiable hacia cotas más altas y/o la intensificación de la innivación artificial. Para las estaciones se trata de reducir el impacto del calentamiento climático sin plantearse la oportunidad de cambiar de modelo de desarrollo [BOUDIÈRES *et al*, 2006].

3.1. Los inicios de la producción de nieve artificial: un uso limitado para consolidar las zonas menos nevadas

Algunas estaciones empezaron en la década de los 80 a optar por la fabricación de nieve con el fin de superar los condicionantes climatológicos y reducir la “inseguridad del negocio de la nieve” [OECC – UCLM, 2005]. La tecnología de producción de nieve nació en Estados Unidos, en los años 1950 y llegó a Francia en los años 1960 para innivar unas pistas de reducido tamaño y de baja altitud en los Vosgos y en los Alpes (Chamonix). El primer sistema completo de innivación artificial se inauguró en la estación alpina de Flaine, en 1973. La instalación de cañones de producción de nieve se extendió luego a los Pirineos orientales: Font Romeu en la Cerdanya francesa en la segunda mitad de los años 1970 abrió la vía seguida por Gourette (1981), Saint-Lary y La Molina (1985), Guzet (1986)... Desde 1980, el número de pistas innivadas artificialmente no ha dejado de aumentar. En la década de los 90, se incrementa fuertemente el número de pistas cubiertas con cañones. En Francia, en 2006, 191 estaciones (tanto de esquí alpino como de esquí de fondo)⁴ disponen de cañones que cubren una superficie total de 4.524 has (o 1.200 km de pistas). España cuenta con 29 estaciones de esquí alpino y 15 estaciones exclusivas de esquí nórdico, muchas de ellas situadas en los Pirineos. En la temporada 2002/2003, existían 3.319 cañones que cubrían la cuarta parte de las pistas [OECC – UCLM, 2005]. En el Pirineo francés solo tres estaciones carecen totalmente de cañones de nieve: Goulier-Neige en el alto valle de Vicdessos (09), Hautacam (65), Mourtis (31). Son estaciones de tamaño reducido dotadas con remontes de escasa capacidad, situadas a cotas poco elevadas. Generan un volumen de ventas inferior a 1 millón de euros lo que les dificulta amortizar la inversión inicial en cañones y asumir el coste de funcionamiento.

Percibida inicialmente con recelo por los montañeses (por su coste elevado y su significado: era como reconocer unas malas condiciones climáticas, inadecuadas para el esquí), la innivación artificial se convierte pues poco a poco en una práctica habitual y generalizada. Inicialmente, se trata principalmente de consolidar las zonas menos nevadas por su situación en cotas bajas o en laderas soleadas. En Gourette y en Ax 3 Domaines se instalan cañones en la parte inferior de las pistas (1300-1400 m); en Artouste, se ponen dos cañones en una pista situada en una vertiente Sur, en La Sagette. También se suelen poner cañones en los lugares de mucha afluencia donde el paso repetido de los esquiadores derrite la nieve con más rapidez (Pla d’Adet en Saint-Lary, zona para principiantes en Val Louron, pista del Puerto en Piau-Engaly).

⁴ Representan el 61 % de los 308 centros turísticos de invierno censados en Francia.

3.2. La intensificación de la producción de nieve artificial: hacia una cobertura integral de las pistas de esquí

A finales de los años 1980, solo 4 estaciones de las cuencas del Adour y del Garona disponían de cañones. En 2007, se contabilizan 2.200 cañones en las 19 estaciones de esquí alpino dotadas de sistemas de innivación artificial: Baqueira-Beret (549 cañones) y Gran Valira (427 cañones) encabezan las estaciones de estas dos cuencas. En la última década, se observa pues un cambio sustancial en la estrategia de las estaciones frente a la innivación artificial: ésta deja de ser una tecnología de apoyo usada puntualmente en zonas sensibles del dominio esquiable para convertirse en un modo sistemático de paliar la escasez de nieve en toda el área de esquí. Con el fin de cubrir gran parte del dominio esquiable, se amplían pues los sistemas de innivación artificial a cotas más elevadas y a vertientes norte. Según uno de los responsables de la estación de Val Louron, entrevistado en 2007, es una forma mucho más racional de gestionar la estación: “La parte alta del dominio no se pudo abrir durante la temporada pasada por no disponer de una cobertura integral de las pistas. Más vale tener una cobertura homogénea de las pistas en lugar de algunos cañones dispersos por aquí y por allá. Hace tiempo que tenemos que dejar de pensar en consolidar sectores”. Algunas estaciones consiguen ya cubrir más de la mitad de su dominio esquiable (Gourette, Peyragudes, Gran Valira, Formigal), otras más de la tercera parte (Baqueira Beret). Tres de las más grandes estaciones del Pirineo francés (Tourmalet, Saint-Lary y Ax 3 Domaines) cubren de momento alrededor del 15% de sus pistas pero están en una fase de implementación de la red de innivación artificial. Durante el invierno 2005-2006, se cubrieron artificialmente más de 560 has en las estaciones de las cuencas del Adour y del Garona pero existen notables diferencias espaciales en los Pirineos. Mientras la estación del Pas de la Casa – Grau Roig (Gran Valira), sola, puede innivar cerca de 300 has, otras estaciones como Cauterets, Gavarnie o Artouste a penas pueden cubrir más de 1 ha. Sin embargo casi todas las estaciones proyectan a corto plazo una ampliación de su red de cañones de nieve: Saint-Lary aprobó un plan de modernización de sus infraestructuras que prevé no solo la mejora de los remontes sino también la ampliación de su sistema de innivación artificial con el fin de cubrir más del 20 % de su área de esquí; en el Tourmalet se quiere aumentar el 60 % su número de cañones. De cara a potenciar el sector aragonés de la nieve, el gobierno autonómico aprobó un Plan Estratégico de la Nieve (2003-2008) cuyo objetivo es convertir Aragón en el mayor destino español de nieve. Para alcanzar este objetivo, se creó una sociedad anónima participada al 50% por el Gobierno de Aragón e Ibercaja: Aramón – Montañas de Aragón. En la actualidad, Aramón es el primer *holding* español de la nieve, abarca el 20 % de la superficie esquiable nacional y gestiona tres estaciones pirenaicas (Formigal, Cerler, Panticosa) más dos estaciones del Sistema Ibérico (Javalambre, Valdelinares). Se están llevando discusiones para integrar las dos estaciones del valle del Aragón, Candanchú y Astan. Para consolidar el papel de la nieve en la economía regional, Aramón ha emprendido una ambiciosa tarea de modernización de las actuales instalaciones así como la ampliación de centros y dominios esquiables. En Formigal, “estación estrella” de Aramón, se han renovando 21 telesillas y se han acondicionado 70 nuevos kilómetros esquiables innivados artificialmente, en dirección a Portalet (Anayet) [SORIANO, 2005]. A la vez que se extienden las zonas innivadas artificialmente, se procede a un cambio de tecnología: se sustituye al clásico cañón que se solía mover por las pistas en función de las necesidades de producción de nieve por un cañón fijo totalmente automatizado. En Formigal, la intensificación de la producción de nieve artificial se basa en el desarrollo de sistemas automatizados (tanto en cañones como en instalaciones de compresores y bombas) de fácil operación que requieren muy poca mano de obra [VILLAR SAN PEDRO, 2004].

La instalación de cañones permite asegurar la práctica del esquí incluso durante inviernos pocos nevados y alargar la temporada de esquí: la estación de Guzet, situada a unas altitudes relativamente bajas (1100 – 1200 m) consiguió funcionar en estos dos últimos inviernos gracias a sus cañones ; bien dotada en cañones, Peyragudes consiguió abrir sus pistas desde el 1 de diciembre del 2007 a pesar de unas mediocres condiciones climáticas y su volumen de ventas subió un 4 % por haber captado parte de los esquiadores de Saint Lary cuyo dominio esquiable esta muy parcialmente cubierto por los cañones (un 10% de la superficie total) ; en cambio, el pequeño centro de turismo de invierno de Hautacam al no disponer de sistema de innivación artificial solo abrió 39 días durante la temporada 2006-2007 y su volumen de ventas pasó de 700.000 a 45.000 €. Unos sistemas de innivación artificial bien gestionados contribuyen a la consolidación del volumen de ventas de los operadores de la nieve limitando la inseguridad del negocio ya que, según el gerente de la estación de Ax – 3 Domaines: “No nos podemos permitir el no tener nieve una temporada sin perjudicar las ganancias de las siguientes temporadas”. Los cañones otorgan pues una ventaja sustancial a las estaciones equipadas en un mercado muy competitivo y aportan al visitante cierta garantía de poder esquiar. Según el *snow-maker* de la estación de la Pierre Saint Martin, entrevistado en 2007: “Hoy día la gente a la hora de plantearse una estancia en la estación no pregunta por las condiciones meteorológicas sino que lo que más le interesa es averiguar si hay cañones”. Estos factores han incidido pues en la generalización de los sistemas de producción de nieve artificial. La administración pública ha tenido también un papel relevante por las diversas líneas de subvenciones ofrecidas a los operadores de la nieve (inversión en cañones, promoción, maquinaria...). En efecto, la instalación de cañones supone una inversión costosa tanto en infraestructura básica como en renovación periódica de los cañones⁵. Para mantener su rango en un marco competitivo, una estación no puede ignorar los avances tecnológicos. El funcionamiento de los cañones significa igualmente un coste importante: en Francia, el SEATM calcula que el coste medio de producción de un m³ de nieve artificial oscila entre 0,81 y 0,93 € según la tecnología empleada, las condiciones de acceso al agua, los condicionantes climáticos. En los Pirineos, la variación espacial así como la variabilidad interanual de este coste son importantes: durante el invierno 2006-2007, en Luz-Ardiden donde el sistema de innivación artificial se abastece directamente en el río, el m³ de nieve artificial sale a 0,64 €; en cambio en Saint-Lary donde la red de cañones se abastece en un embalse hidroeléctrico de la SHEM, el coste es más elevado (1,5 €). En todas las estaciones, el gasto energético representa buena parte del coste de funcionamiento de los cañones (más del 60% en Luz-Ardiden). Frente a las predicciones de aumento de las temperaturas, la producción de nieve artificial se hará con el tiempo menos eficiente y más costosa. Se plantea pues la cuestión de su rentabilidad económica a largo plazo; ésta parece incierta. Para las áreas de esquí situada en cotas bajas, la instalación de cañones procede de una estrategia a corto o medio plazo, insostenible económicamente y cuestionable ecológicamente.

4. Los impactos hidrológicos de la producción de nieve artificial

La instalación de una red de innivación artificial supone no solo la colocación de cañones de nieve sino también la construcción de sistemas de toma, de almacenamiento del agua en balsas reguladoras o pequeños embalses, de distribución de agua. Estas obras afectan

⁵ Gourette dedicó, en el 2004, 45 millones de euros a la mejora del dominio esquiable, de ellos 6 millones se destinaron a la ampliación del sistema de innivación. La Diputación Provincial de los Pirineos Atlánticos financió gran parte de la inversión. Superbagnères, en Haute-Garonne, invirtió más de 3 millones de euros en la mejora de su sistema de innivación artificial gracias a diversas fuentes de subvenciones: regional (más del 30% de la inversión), provincial (casi el 30%) y europea (el 10 %). Pero estas son inversiones limitadas frente a los 56 millones de euros invertidos en la sola temporada 2003-2004 por el *holding* Aramón en el proyecto de modernización y ampliación de Formigal y de su sistema de innivación artificial [SORIANO, 2005].

directamente a zonas de alta montaña muy sensibles. Cuando llega la primavera, esta nieve artificial se derrite más lentamente lo que reduce, en unos 15 días aproximadamente, el breve período de recuperación de los pastizales y matorrales. Además, la producción de nieve artificial requiere una cantidad de agua importante. En teoría, 1 m³ de agua es necesario para producir 2 m³ de nieve pero esta cantidad puede variar en función de las condiciones meteorológicas (temperatura, humedad). Es difícil apreciar con exactitud el consumo de agua derivado del funcionamiento de los cañones de nieve.

4.1. Una demanda de agua mal conocida y variable

En Francia, l'Agence de l'eau Rhône – Méditerranée – Corse (RMC)⁶ intentó ya a principios de los años 1990 evaluar los impactos de la producción de nieve artificial sobre el medio ambiente pero de forma muy superficial [AGENCE DE L'EAU R.M.C, 1991]. En los años 2000, este mismo organismo de cuenca volvió a publicar un estudio más completo sobre este tema, dado el importante incremento de la producción de nieve artificial en los Alpes y en los Pirineos orientales en el que se calculaba que la demanda de agua de las 119 estaciones de la cuenca para la producción de nieve artificial era de 10 Hm³/año [CAMPION, 2002]. Si bien se conoce bastante la producción de nieve artificial y su impacto en los Alpes, mucho trabajo queda por hacer en los Pirineos. En la actualidad, ninguna administración pública dispone de una información detallada y exhaustiva sobre el uso del agua para la innivación artificial en los Pirineos. Solo existe una información parcial. En la cuenca del Ebro, la demanda global para producción de nieve artificial no está especificada, se integra dentro de un grupo de demandas “muy dispares” para usos recreativos (300 Hm³/año); entre ellos “destacan los de innivación artificial, actividad implantada en la práctica totalidad de las estaciones de esquí de la cuenca” [CHE, 2005, p.97]. En el conjunto de la cuenca del Adour-Garona, la demanda total de agua para la producción de nieve artificial representa unos volúmenes de agua insignificantes, menos de 2 Hm³/año (tabla 1) pero se trata de una estimación posiblemente infravalorada. El SEATM trata, anualmente, de censar todas las infraestructuras de innivación artificial existentes en Francia y de averiguar el consumo de agua asociado. No obstante, su base de datos es incompleta: de las 161 áreas de esquí francesa dotadas de cañones, solo 45 (4 de ellas pirenaicas) han comunicado al SEATM la información solicitada. Las empresas hidroeléctricas (EDF, SHEM) disponen también de algunos datos pero son insuficientes y parciales ya que se refieren solo a los ríos regulados por obras hidráulicas de producción energética. En 2007, un técnico de la Diputación Provincial de Hautes-Pyrénées recopiló unos datos interesantes sobre la innivación artificial pero únicamente en las estaciones de su provincia. El trabajo de campo era pues indispensable para recoger datos más homogéneos.

Tabla 1: Demanda de agua en las subcuencas pirenaicas del Adour y del Garona (en Hm³)

Subcuenca	Agua potable	Industrias y centrales hidroeléctricas	Regadío	Nieve artificial
Gave d'oloron	6,26	0,52	4,14	0,24
Gave de Pau (de su nacimiento a la confluencia con el río Bééz)	10,31	2,34	0,07	0,14
Adour (de su nacimiento a la confluencia con el río Larcis)	18,26	5,97	49,15	0,22
Garonne (de su nacimiento a la confluencia con el río Ariège)	28,64	41,61	17,52	1
Ariège	18,27	20,98	40,28	0.17

⁶ L'Agence de l'eau Rhône – Méditerranée – Corse (RMC) es uno de los 6 organismos de cuenca francés. Abarca toda la parte francesa de la cuenca del Ródano más una serie de ríos costeros del Languedoc (Hérault, Orb, Têt, Tech, Agly...) y de Provenza (Var...) así como todos los ríos de Córcega.

Total	246,08	303,08	111,16	1,77
-------	--------	--------	--------	------

(Fuente: Agence de l'eau Adour-Garonne, 2006)

Para las subcuencas afectadas esta demanda puede llegar a tener unos impactos importantes sobre los recursos hidrológicos primero porque se concentra en un período de tiempo determinado, de noviembre a finales de febrero o principios de marzo; luego porque se suma a la fuerte demanda de agua de boca por parte de la población estacional alojada en la estación o en las poblaciones del valle próximas al área de esquí. Este incremento de la demanda de agua interviene precisamente cuando los ríos pirenaicos caracterizados por un régimen hidrológico pluvionival oceánico (en la parte occidental de la cordillera) o nivopluvial (en la parte central y oriental) disponen de escasos caudales por la retención nival. Todas las estaciones de aforos situadas en la cabecera de los ríos pirenaicos señalan el marcado efecto de la retención nival invernal en los regimenes hidrológicos. Los ríos pirenaicos presentan al menos un período de aguas bajas invernal de diciembre a febrero o marzo con un mínimo en enero (Noguera Pallaresa, Garona...) o en febrero (Segre, Noguera Ribagorzana...) [CHE, 2005]. La innivación artificial tiende pues a aumentar las presiones sobre los recursos hídricos en un momento crítico. Estas presiones son muy variables temporalmente (en función de la condiciones meteorológicas) y espacialmente. La demanda de agua es insignificante en numerosas pequeñas estaciones mientras grandes centros turístico de invierno como Formigal⁷ o Gourette casi alcanzan los 200.000 m³ / temporada. Gran Valira, en Andorra, puede llegar a usar más de 1 Hm³/temporada. Además la implementación de las redes de innivación artificial conlleva a menudo un incremento de la demanda de agua⁸ y de energía eléctrica⁹.

4.2. Unas modificaciones variables del régimen hidrológico de los ríos de montaña

En las estaciones pirenaicas estudiadas dominan cuatro formas de abastecimiento de los cañones de nieve que pueden existir solas o combinarse entre ellas: la toma directa de recurso superficial o subterráneo, el aprovechamiento de la red de abastecimiento en agua potable, el acondicionamiento de lagos naturales, la construcción de balsas reguladoras, la concesión de parte del agua embalsada para la producción hidroeléctrica con previo acuerdo de la empresa afectada. El aprovechamiento de los embalses hidroeléctricos constituye una forma interesante de abastecimiento de los cañones ya que hace innecesaria la construcción de nuevas obras hidráulicas pero está poco difundida¹⁰. La conexión del sistema de innivación artificial con la red de abastecimiento de agua potable es la forma más sencilla técnicamente de producir nieve artificial. Es también una de las más cuestionables ya que los cañones no requieren para funcionar agua potable. En las cuencas francesas del Adour y del Garona, en el 2006-2007, 207.500 m³ de agua potable se destinaron a la producción de nieve artificial (un 10 % del volumen total). Sirvieron para abastecer en totalidad unos sistemas poco desarrollados (Cauterets) o para consolidar sistemas más amplios insuficientemente dotados (Piau-Engaly, Guzet, La Pierre-Saint Martin). La toma directa de agua en los ríos es un modo alternativo de abastecimiento de los cañones cuyo impacto sobre el régimen hidrológico se hace más notable. Corresponde a un 10 % de la demanda total de agua para la producción de

⁷ La evaluación de la demanda de agua de Formigal se basa en los cálculos teóricos realizados previa puesta en marcha de los cañones. Sobre la base de una superficie a innivar de 1.243.942 m², un espesor de nieve de 30 centímetros y una temperatura húmeda de -4°C, se obtenían unas necesidades de agua, para la totalidad de la zona esquiable, de más de 180.000 m³ [VILLAR SAN PEDRO *et al*, 2004].

⁸ Gourette, entre 1993 y 1997, solía usar unos 34.000 m³/temporada tomados directamente del río Valentin, su demanda actual se aproxima a los 190.000 m³/temporada.

⁹ La ampliación de las instalaciones de innivación artificial en Formigal ha hecho preciso el aumento de la potencia eléctrica instalada con la creación de dos nuevos tramos de línea eléctrica aérea, de 21 nuevos tramos de línea eléctrica subterránea, de dos nuevos centros de transformación y la modificación de los centros existentes [VILLAR SAN PEDRO *et al*, 2004].

¹⁰ EDF concede al dominio de Tourmalet (La Mongie, Super-Barèges) hasta 380.000 m³ de las aguas embalsadas en los lagos del Castillon (1500m) y de Ets Coubous (2020m) a un precio bruto de 18 y 30 cts/m³. Saint Lary firmó un convenio con la SHEM que le permite derivar hasta 300.000 m³/temporada del lago de Oule al precio de aproximadamente 1€/m³.

nieve artificial en las cuencas francesas del Garona y del Adour. Varias estaciones derivan agua de los ríos cuando éstos conocen un período de aguas bajas. Baqueira-Beret abastece sus cañones directamente con sistemas de captación de agua en el río Noguera Pallaresa usando alrededor del 40 % de su caudal de invierno según los técnicos de la estación. En estas condiciones, el caudal ecológico no siempre se llega a respetar sobre todo cuando la demanda recreativa coincide con la demanda hidroeléctrica (Gavarnie, río Holle). Además, la detracción de caudales puede conllevar la modificación del cauce del río por la edificación de una presa (Val Louron, río Laprade). En algunos casos, se han acondicionado lagos naturales para almacenar agua mediante la construcción de una presa destinada a aumentar la capacidad de embalse del lago (Baqueira) o la ampliación con maquinaria de un lago excavado y ensanchado en los Monts d'Olmes (Ariège). Sin embargo, la construcción de balsas reguladoras es la solución que más éxito conoce por su “leve impacto ambiental” y se está generalizando. En 1990, solo existían 3 balsas reguladoras en las cuencas francesas del Adour y del Garona, en el 2007, eran 10 y se proyectan unas cuantas más. Las balsas se suelen llenar antes del período de producción de nieve artificial pero la demanda de agua durante el invierno excede ampliamente la capacidad de embalse de forma que se tiene que rellenar afectando entonces unos ríos con bajas aguas¹¹. Algunas balsas se alimentan con aguas de escorrentías pero en invierno, estas aguas escasean por el frío y la retención nival y no se puede pues producir volúmenes importantes de nieve artificial con este sistema (Luz-Ardiden). Otras balsas se abastecen de los sobrantes de la red de abastecimiento de agua (Guzet, Cauterets). Sean cuales sean, estas obras tienen un impacto ambiental directo o indirecto. Modifican el funcionamiento hidrológico de los ríos de montaña en periodo de estiaje. Si bien es cierto que, tanto en Francia como en España, la Ley de Aguas obliga a respetar un caudal ecológico mínimo. Éste se establece en el 10 % del caudal medio interanual en régimen natural sin tomar en cuenta las importantes variaciones de caudal de los ríos de montaña. Además, estas detracciones de caudal así como la construcción de obras en el mismo cauce pueden llegar a perturbar seriamente los sistemas acuáticos. Por este motivo, la administración rechazó, en 2003, el proyecto de construcción de una presa en el río Valentin, en Gourette (Valle de Anglas, Plat de Batch) sustituyéndole una balsa reguladora fuera del cauce fluvial, en el Bezou.

5. Conclusiones

El previsible descenso de la innivación natural tanto en términos de precipitaciones en forma de nieve como de permanencia de la cobertura nival ha inducido el desarrollo de unas estrategias de adaptación por parte de las estaciones de esquí, basadas en incrementar las inversiones en cañones y/o en subir en altitud para garantizar una cantidad de nieve suficiente a los esquiadores. Con la mejora de las técnicas de innivación artificial (cañones de última generación), la mayoría de los operadores, respaldados por unas ayudas públicas importantes, parecen satisfechos y convencidos de poder hacer frente a las predicciones de cambio climático. No obstante, si se confirmaran las predicciones de los actuales modelos de cambio climático, la irregularidad de la innivación natural y el acortamiento de la temporada plantearían serias incertidumbres sobre la rentabilidad de las inversiones en determinados centros turísticos pirenaicos de mediana montaña. Este trabajo, sin terminar (faltaría por profundizar la comparación entre las dos vertientes de los Pirineos prestando una especial atención a las formas de regulación de la producción de nieve artificial), ha permitido

¹¹ Peyragudes dispone de dos balsas de una capacidad total de 82.000 m³ pero la demanda de agua en 2006-2007 alcanzó los 250.000 m³ de forma que se tuvo que derivar de los ríos alrededor de 170.000 m³ en periodo de estiaje. En Gourette, las dos balsas reguladoras de una capacidad total de 87.000 m³ no son suficientes y se procede a captaciones en el río Valentin de más de 100.000 m³ (en el 2006-2007).

entender mejor el porqué de la intensificación de la innivación artificial y resaltar las diferentes modalidades de producción de nieve artificial así como su desigual impacto ambiental. En la actualidad, la intensificación de la producción de nieve de cultura ya es preocupante por sus efectos ambientales y su escasa rentabilidad económica. La innivación artificial supone un consumo energético importante y conlleva emisiones de GEI salvo en las pocas estaciones dotadas de sistemas de producción de energía renovable o abastecidas por centrales hidroeléctricas (Formigal). Aumenta las presiones sobre los recursos hídricos en un momento crítico (estiaje) y puede, en el caso de uso de aditivos de tipo SNOMAX, afectarlos en términos cualitativos. Dado la implementación de los sistemas de innivación artificial, es muy probable que las presiones ya existentes sobre el medio ambiente vayan creciendo en un futuro próximo. Desgraciadamente, a la hora de elaborar los Planes de demarcaciones previstos en la Directiva Marco del Agua los organismos de cuenca no parecen otorgar mucha importancia a la producción de nieve artificial considerando que, dentro de la cuenca, la demanda anual de agua para este tipo de uso es “insignificante”.

Referencias bibliográficas:

- Agence de l'eau Rhône – Méditerranée – Corse (1991): *L'enneigement artificiel et la gestion de la ressource en eau*. [S.L.] : [S.N.], 12p.
- Agrawala, S. [dir] (2007): *Changement climatique dans les Alpes européennes. Adapter le tourisme d'hiver et la gestion des risques naturels*, Paris: OCDE, 140p.
- Boudières, V., George-Marcelpoil, E. (2006): « Gouvernance touristique des grandes stations et durabilité. Une lecture en terme de proximité », *Développement durable et territoire*, Dossier n°7, mai 2006.
- Campion, T. (2002): *Impact de la neige de culture*, Agence de l'eau Rhône – Méditerranée – Corse, 67p.
- Chadefaud, M. (1988): *Aux origines du tourisme dans les Pays de l'Adour*, Pau: Presses de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour, 1010p.
- C.H.E. (2005): *Caracterización de la Demarcación y Registro de Zonas Protegidas. Demarcación Hidrográfica del Ebro. Implantación de la Directiva Marco del Agua*, Zaragoza: CHE [<http://www.chebro.es>]
- Etchevers, P., Martin, E. (2002): « Impact d'un changement climatique sur le manteau neigeux et l'hydrologie des bassins versants de montagne » en *L'eau en montagne. Colloque, Megève*, septembre 2002, 10 p.
- Fernández Gárate, L.A., Fernández de Isasi, J., Fernández-Trapa de Isasi, T. (1989): « Esquí en los Pirineos. Historia para un futuro sin fronteras (I) », *Estudios Turísticos*, n°104, pp.101-115.
- Fernández Gárate, L.A., Fernández de Isasi, J., Fernández-Trapa de Isasi, T. (1990): « Esquí en los Pirineos. Historia para un futuro sin fronteras (II) », *Estudios Turísticos*, n°105, pp.79-99.
- GIEC (2007): *Bilan 2007 des changements climatiques. Les bases scientifiques physiques (I). Impact, adaptation, vulnérabilité (II). Mesures d'atténuation (III)*, Genève: PNUE.
- Lardiés Bosque, R. (1997): « Estaciones invernales y ordenación turística de la montaña: el ejemplo de Formigal y Panticosa en el Pirineo central aragonés », en *Paisaje y desarrollo integral en áreas de montaña: VII Jornadas sobre el Paisaje*, Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, pp.179-187.
- Lasanta, T., Laguna, M., Vicente-Serrano, S.M. (2007): « Variabilidad espacial de los efectos socioeconómicos de las explotaciones de esquí alpino en los municipios rurales del Pirineo aragonés », *Pirineos*, n°162, pp.109-176.
- OECC-UCLM (2005): *Evaluación preliminar general de los impactos en España por efecto del cambio climático. Proyecto ECCE. Informe final*, Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, 846p.
- Soriano Ascaso, I. (2005): « El desarrollo del Pirineo aragonés », *Revista Aragonesa de Administración Pública*, n°26, pp.353-373.
- Vicente-Serrano, S.M., López-Moreno, J.I., Beguería S. (2007): « La precipitación en el Pirineo español: diversidad espacial en las tendencias y escenarios futuros », *Pirineos*, n°162, pp.43-70.
- Villar San Pedro, J.M., Bellosta Malo, J. (2004): « La nieve en Aragón: Actuaciones de desarrollo y mejora de la estación de Formigal », *Obras Públicas*, n°66, pp.82-87.
- WTO - World Tourism Organization and UNEP – United Nations Environment Programme (2008). *Climate change and Tourism. Responding to Global Challenges*, Madrid: WTO / UNEP, 269p.