

# Analysis of possible repercussions of climate change on the Camino de Santiago Francés (“French Way”) as it passes through Castilla y León (Spain)

## Análisis de posibles repercusiones del cambio climático sobre el Camino de Santiago Francés en su paso por Castilla y León (España)

Francisco Tomatis<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Máster en Tecnologías Avanzadas para el Desarrollo Agroforestal en Universidad de Valladolid, Palencia, España. Actual estudiante predoctoral en Ciencia e Ingeniería Agroalimentaria y de Biosistemas en la Universidad de Valladolid, Palencia, España. Licenciado en Ciencias del Ambiente en Universidad Católica de Santa Fe, Santa Fe, Argentina.  
 \* Corresponding author [tomatisfrancisco@gmail.com](mailto:tomatisfrancisco@gmail.com)

Received: 2020-11-25

Accepted for publication: 2020-12-25

Published: 2020-12-31

### ABSTRACT

*The French Way of Santiago (“El Camino de Santiago Francés” in Spanish) is the most traveled route by pilgrims and tourists who make the Camino de Santiago to Santiago de Compostela (Galicia, Spain). On its way, more than half of the route in Spanish territory belongs to the Autonomous Community of Castilla y León, crossing the provinces of Burgos, Palencia and León. For the characteristic climate of this area, various modifications are projected as a consequence of climate change, according to the Guide to Regionalized Climate Change Scenarios for Spain based on the results of the IPCC-AR5 (2017) and the Climate Change Scenarios Viewer developed in the PNACC framework based on the results of the IPCC-AR5 (2017), among which the increase in maximum and minimum temperatures, the increase in the duration of heat waves, the reduction of rainfall, the reduction of the numbers of rainy days and the increase in precipitation in 24-hour periods. These variations have the potential to cause alterations on the “French Way of Santiago” or “Camino de Santiago Francés” in Castilla y León, which are valuable to know in order to anticipate such scenarios and favor the adoption of adaptation and resilience measures. Considering the variety of possible repercussions, this article particularly analyzes the seasonality of the visits, the health of the pilgrims, the services of the cities and towns and the effects on the cultural heritage.*

**Keywords:** climate change, tourism, climate projections, Camino de Santiago

### RESUMEN

El Camino de Santiago Francés es la ruta más transitada por peregrinos y turistas que realizan el Camino de Santiago hacia Santiago de Compostela (Galicia, España). En su trayecto, más de la mitad del recorrido en territorio español le pertenece a la Comunidad Autónoma de Castilla y León atravesando las provincias de Burgos, Palencia y León. Para el clima característico de dicha zona se proyectan diversas modificaciones como consecuencia del cambio climático, según la Guía de Escenarios Regionalizados de Cambio Climático sobre España a partir de los resultados del IPCC-AR5 (2017) y el Visor de Escenarios de Cambio Climático desarrollado en el marco del PNACC a partir de los resultados del IPCC-AR5 (2017), entre las que se destacan el aumento de las temperaturas máximas y mínimas, el aumento de la duración de las olas de calor, la reducción de precipitaciones, la reducción de los números de días de lluvia y el aumento de la precipitación en períodos de 24 horas. Estas variaciones tienen el potencial de provocar alteraciones sobre el turismo del Camino de Santiago Francés en Castilla y León, las cuales resultan sumamente valiosas de conocer para poder anticiparse a dichos escenarios futuros y favorecer así la adopción de medidas de adaptación y resiliencia. Entre la variedad de posibles repercusiones, en este artículo se analizan particularmente la estacionalidad de las visitas, la salud de los peregrinos, los servicios de las ciudades y pueblos y las afectaciones sobre el patrimonio cultural.

**Palabras clave:** cambio climático, turismo, proyecciones climáticas, Camino de Santiago.

INTRODUCCIÓN

**El Camino de Santiago Francés en Castilla y León**

El Camino de Santiago es mucho más que un simple camino. Cientos de rutas durante once siglos han guiado el andar de millones de personas hacia un particular lugar de encuentro: Santiago de Compostela (Galicia, España).

Las motivaciones de las personas que transitan el Camino de Santiago son muy diversas en la actualidad. A pesar que históricamente se ha destacado el carácter religioso como principal centro de interés, hoy en día el Camino de Santiago se ha convertido en un valioso atractivo turístico donde sus peregrinos deciden transitarlo para poder disfrutar, como un viajero-turista en general, la visita de monumentos y conjuntos histórico-artísticos, el contacto con una naturaleza bien cuidada, alojamientos adecuados, recuerdos artesanales para llevar al lugar de procedencia (Leira López, Rego Veiga, y Santos Pita, 2010).

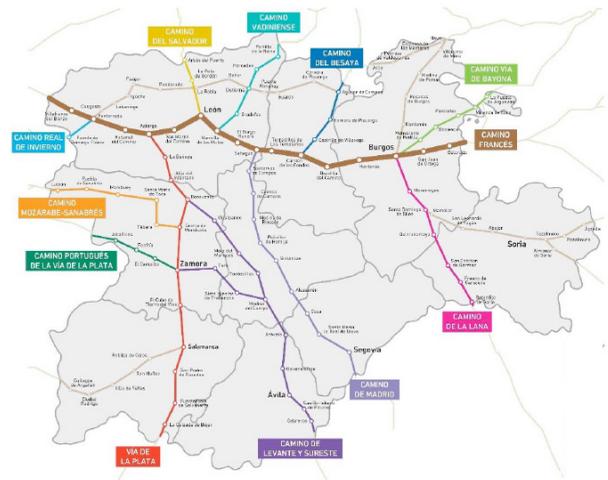
Existen tantos caminos como peregrinos para llegar a la Catedral de Santiago de Compostela. Sin embargo, dentro del sinfín de caminos existentes, el “Camino de Santiago Francés” es la ruta más conocida, más transitada y mejor acondicionada, lo que se traduce en la ruta preferida por la inmensa mayoría de los peregrinos (Ávila Granados, 2007). Como buena ruta principal, muchas de las otras sendas, tarde o temprano, terminan desembocando en el Camino Francés (Ávila Granados, 2007). Si bien este itinerario es el de mayor fama internacional, la ruta jacobea se vertebraba también en otros caminos como el Camino del Norte, Camino Portugués, Vía de la Plata, Camino Primitivo, Camino Inglés, Muxía-Finisterre, Camino de Invierno, Camino Portugués de la Costa, entre otros.

En territorio español, desde los puertos pirenaicos (Roncesvalles) hasta Santiago de Compostela, el Camino Francés tiene un recorrido de 750 kilómetros aproximadamente atravesando cinco Comunidades Autónomas: Aragón, Navarra, La Rioja, Castilla y León y Galicia (Ávila Granados, 2007). Dentro de la distancia total que recorre el Camino Francés en su trayecto por España, aproximadamente 400 kilómetros, más de la mitad del recorrido, pertenecen a Castilla y León. En dirección de este a oeste, el camino transita dicha Comunidad Autónoma hacia Santiago de Compostela atravesando tres provincias: Burgos, Palencia y León. En el trayecto corresponden aproximadamente 112 kilómetros a la provincia de Burgos, 70 kilómetros a

la provincia de Palencia y 212 kilómetros a la provincia de León (COCEMFE-Castilla y León, 2016).

Cabe mencionar que, además del conocido Camino de Santiago Francés, en Castilla y León también existen otros caminos alternativos (Figura 1) como por ejemplo el Camino Vía de la Plata, el Camino Portugués, el Camino Mozárabe-Sanabrés, el Camino Vía de Bayona, el Camino del Besaya, el Camino Vadiniense y el Camino del Salvador, el Camino de Madrid, el Camino de Levante y Sureste, el Camino de La Lana y el Camino Real de Invierno.

**Figura 1.** Los Caminos de Santiago que discurren por Castilla y León. En color marrón, el Camino de Santiago Francés

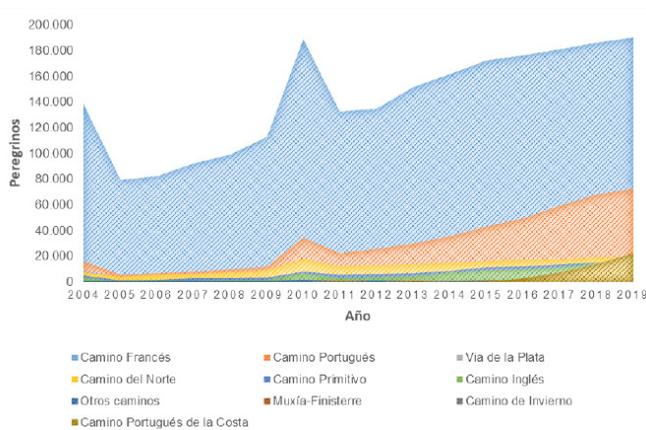


Fuente: Portal Oficial de Turismo de la Junta de Castilla y León

El Camino de Santiago Francés en su paso por Castilla y León representa una de las más grandes sorpresas que pueda proporcionar a peregrinos, viajeros y turistas, lo cual se refleja en la concurrencia y preferencia de las múltiples visitas por este camino sobre los caminos restantes (Figura 2). Su recorrido se extiende por sus campos, se eleva por sus montes y fluye por sus ríos lo que hace un lugar destacado por sus valores paisajísticos y naturales. Hoy, cuando la senda natural que es el Camino de Santiago se convierte en un valor en alza, la ruta en su paso por esta Comunidad Autónoma es un reflejo variado de comarcas y una explosión multicolor de espacios diferentes que permiten un recorrido ciertamente excepcional (Junta De Castilla y León, 2015).

El Camino de Santiago en Castilla y León además de sus valores naturales únicos posee un riquísimo patrimonio artístico donde es el románico el estilo predominante en esta sección de la ruta jacobea, siendo el primer estilo internacional que ocupó el espacio geográfico cristiano, un estilo que constituyó el primer movimiento artístico y cultural del occidente europeo, algo que no se producía desde la caída del Imperio Romano (Junta de Castilla y León, 2015). El gótico es otro de los estilos arquitectónicos que cuenta con extraordinarios ejemplos en esta región, lo cual ambos constituyen los más significativos símbolos de un atractivo patrimonial de gran riqueza.

**Figura 2.** Caminos elegidos por los peregrinos en el Camino de Santiago (2004-2019)



Fuente: Elaboración propia en base a datos estadísticos de la Oficina de Acogida al Peregrino.

**Metodología**

A partir de la recopilación de información referente al diagnóstico social, económico y, especialmente, ambiental de Castilla y León y las provincias vinculadas con el Camino de Santiago Francés como son Burgos, Palencia y León, se realizan proyecciones climáticas basadas en evidencias científicas de cambio climático como son la Guía de escenarios regionalizados de cambio climático sobre España a partir de los resultados del IPCC-AR5 (2017) y el Visor de Escenarios de Cambio Climático desarrollado en el marco del PNACC a partir de los resultados del IPCC-AR5 (2017). Para las repercusiones potenciales del cambio climático sobre las actividades y atractivos turísticos descritos que competen al Camino de Santiago Francés en Castilla y León, se han recolectado datos e información de artícu-

los científicos disponibles y difundidos en diversas revistas científicas internacionales.

**RESULTADOS**

***Clima característico de la zona y proyecciones climáticas bajo las influencias del cambio climático***

Según el Atlas Agroclimático de Castilla y León (ITACYL-AEMET, 2013) la temperatura media anual en dicha Comunidad ronda los 11°C. Las zonas más cálidas que superan los 15°C como temperatura media anual corresponden a Arribes del Duero y al sur del Sistema Central mientras que apenas superan los 5°C las zonas montañosas pertenecientes a la Cordillera Cantábrica.

Según datos disponibles en la Agencia Estatal de Meteorología en Castilla y León, para el año 2018 las temperaturas medias anuales más elevadas se concentraron en la provincia de Zamora, en el centro-este de la Comunidad Autónoma, mientras que las temperaturas más bajas se registraron en la provincia de Burgos, situada en el noroeste. Por su parte, la temperatura máxima registrada para el año 2018 en la provincia de Burgos fue de 36,7°C en el mes de agosto y la temperatura mínima fue de -8,2°C en febrero; Para Palencia, el valor térmico máximo fue de 38,2°C en agosto y el mínimo fue -8,2°C en febrero; y en cuanto a la provincia de León, la temperatura máxima en el 2018 fue de 35,3°C en agosto y la mínima de -7,7°C en enero. La distribución de los registros de temperaturas en Castilla y León han permitido identificar que históricamente los meses más cálidos son julio, agosto y septiembre, mientras que los más fríos corresponden a diciembre, enero y febrero.

Con respecto a los registros de precipitación, sus valores históricos medios anuales en Castilla y León registran aproximadamente 650mm, pero con una gran oscilación de unas zonas a otras. La precipitación anual en la meseta apenas alcanza los 400mm, en las cuencas periféricas se superan los 600mm, mientras que en las zonas de montaña del norte se superan los 1000mm (ITACYL-AEMET, 2013). Según la Agencia Estatal de Meteorología, la precipitación media anual para Castilla y León durante el año 2018 fue de 570mm y con respecto a las provincias de interés, en Burgos se han registrado para el mismo año unos 629mm, en León 586mm y en la provincia de Palencia 553mm.

A partir de las características climáticas descritas referentes a temperatura y precipitación en Castilla y León, establecien-

do mayor interés en las provincias que atraviesa el Camino de Santiago Francés como son Burgos, Palencia y León, se debe pensar qué pasará con dichas variables hacia el futuro, donde el cambio climático ya es un protagonista activo.

A partir de ello, diversas bibliografías disponibles permiten reclutar datos e información con las respectivas variaciones de temperatura y precipitación que se esperan a futuro para la zona de estudio como consecuencia del cambio climático: Para el territorio ibérico se ha cogido información del último documento oficial elaborado por el Gobierno de España y la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) que consiste en una guía de escenarios regionalizados de cambio climático sobre España a partir de los resultados del IPCC-AR5 (Amblar Francés, Casado Calle, Pastor Saavedra, Ramos Calzado, y Rodríguez Camino, 2017). Por su parte, mediante el Visor de Escenarios de Cambio Climático, desarrollado en el marco del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) orientado a facilitar la consulta de proyecciones regionalizadas de cambio climático para España y con la posesión de datos reflejados a partir de las proyecciones globales del Quinto Informe de Evaluación (AR5) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) en el marco de la iniciativa Escenarios-PNACC 2017, se han realizado proyecciones cuantificadas de temperatura y precipitación a nivel sectorial para los territorios conjuntos correspondientes a las provincias de Burgos, Palencia y León a través de los datos diarios generados mediante técnicas de regionalización dinámica (que proporcionan resultados en una rejilla regular de 10 km de resolución) y estadística (que proporcionan resultados puntuales para cientos de localidades). Los datos del Visor de Escenarios de Cambio Climático reflejados en la Tabla 1 corresponden al escenario de emisiones RCP 8.5.

Cabe destacar que ambas fuentes coinciden que para el sitio de interés se proyecta aumento de temperatura y disminución de las precipitaciones (Tabla 1), donde dichas tendencias climáticas tendrán mayor o menor intensidad (y posiblemente poder de afectación) de acuerdo con los diferentes escenarios a futuro que se basan en las emisiones y en la concentración acumulada de  $CO_2eq$  en la atmósfera.

**Tabla 1. Incidencias proyectadas a causa del cambio climático sobre las variables de temperatura y precipitación tanto para el territorio general de la Península Ibérica como para las provincias de Burgos, Palencia y León (Castilla y León)**

Territorio	Variaciones climáticas proyectadas	Fuente
Península Ibérica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento progresivo de las temperaturas medias, máximas y mínimas a lo largo del siglo XXI, siendo mayor en verano y para el escenario más emisor de <math>CO_2eq</math>.</li> <li>- Incremento más intenso de las temperaturas máximas y mínimas del verano y otoño por sobre las del invierno y primavera, siendo el calentamiento mayor en las zonas interiores y del este de la península por sobre las zonas del norte.</li> <li>- Aumento progresivo del número de días cálidos a lo largo del siglo XXI.</li> <li>- Aumento de la duración máxima de las olas de calor a lo largo del siglo XXI. Las olas de calor serán más largas.</li> <li>- Ligera disminución de las precipitaciones en la mayor parte de España para finales del siglo XXI, más fiable en las cuencas hidrográficas del sur peninsular.</li> <li>- Aumento de los eventos extremos relacionados con precipitación de origen tormentoso.</li> <li>- Ligera disminución, en general, de la evapotranspiración real para finales del siglo XXI bajo el escenario más emisor, salvo en las zonas montañosas y en el invierno.</li> <li>- La variación anual del número de días de precipitación respecto al período de referencia muestra un comportamiento independiente de los escenarios, con un predominio de su disminución.</li> </ul>	<p><b>Guía de escenarios regionalizados de cambio climático sobre España a partir de los resultados del IPCC-AR5 (2017)</b></p>
Provincias de Burgos, León y Palencia (Castilla y León - España)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento de la temperatura máxima, en valores medios, del año 2020 al 2030 de 0.7°C; mientras que del año 2020 al 2100 se proyecta un aumento de 4.0°C.</li> <li>- Aumento de la temperatura mínima, en valores medios, del año 2020 al 2030 de 0.5°C; y del año 2020 al 2100 se estima un aumento de 3,3°C.</li> <li>- Reducción del número de días con temperaturas mínimas &lt; 0°C, en valores medios, del año 2020 al 2030 de 7 días, mientras que del año 2020 al 2100 se proyecta una reducción de 48 días.</li> </ul>	<p><b>Visor de Escenarios de Cambio Climático desarrollado en el marco del PNACC a partir de los resultados del IPCC-AR5 (2017)</b></p>

- Aumento de la duración máxima de olas de calor, en valores medios, del año 2020 al 2030 de 9 días; mientras que del año 2020 al 2100 se proyectan 21 días.
- Aumento de la amplitud térmica. En valores medios se proyectan del año 2020 al 2030 unos 0,2°C; y del año 2020 al 2100 unos 0,7°C.
- Reducción de la precipitación. En valores medios, del año 2020 al 2030 de 0,1 mm/día; mientras que del año 2020 al 2100 se proyectan 0,4 mm/día.
- Aumento de la precipitación máxima en 24 horas, en valores medios, del año 2020 al 2030 de 2,3 mm/día; mientras que del año 2020 al 2100 se proyecta un aumento de 7,5 mm/día.
- Reducción en los números de días de lluvia, en valores medios, del año 2020 al 2030 de 6 días; y del año 2020 al 2100 se proyectan 27 días.

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Guía de escenarios regionalizados de cambio climático sobre España a partir de los resultados del IPCC-AR5 (2017) y el Visor de Escenarios de Cambio Climático desarrollado en el marco del PNACC a partir de los resultados del IPCC-AR5 (2017).

### **Repercusiones potenciales del cambio climático sobre las principales actividades y atractivos turísticos que competen al Camino de Santiago Francés en Castilla y León.**

Las actividades turísticas que ofrecen los principales destinos españoles pueden diferenciarse entre turismo rural, el turismo de naturaleza, el turismo activo, el eco-turismo, el turismo religioso, el turismo de salud, entre otros. Pero en este caso, el Camino de Santiago podría fácilmente ser considerado un atractivo que combina de una manera extraordinaria los recursos culturales y naturales debido a la riqueza histórica y paisajística de los lugares por los que discurre (Moreno, 2010). El Camino de Santiago Francés combina entonces el turismo urbano y rural a lo largo de cientos de kilómetros por Castilla y León.

La Oficina Española de Cambio Climático reconoce que el turismo es un sector crítico para la economía española particularmente sensible a los impactos del cambio climático, por lo cual se plantea la necesidad de identificar y abordar los principales retos y oportunidades en el campo de la adaptación tanto para el sector público como para el privado (Moreno, 2010). Incluso el 5º Informe del IPCC (2014) señala que el turismo será una de las actividades

económicas que mayores efectos negativos experimentará en las próximas décadas debido al calentamiento térmico del planeta.

La afectación no es sólo sobre los recursos naturales y biológicos, sino también el cambio climático genera riesgos en los recursos culturales turísticos que se intensifica cuando el bien es vulnerable, generando en él impactos que, de no mediar acciones de adaptación, ocasionarían la pérdida de los recursos que son la base del turismo cultural y el sustento económico de ciertas comunidades (Puccio y Simeoni, 2015). Por tanto, el clima es un factor activo para la actividad turística, ya sea por ser en sí mismo un atractivo que motiva a las personas a desplazarse de su lugar de residencia habitual a otro lugar con clima disímiles o porque los efectos del cambio climático podrían causar drásticos cambios en destinos turísticos peculiares.

En cuanto al Camino de Santiago Francés en Castilla y León, en base a las proyecciones climáticas analizadas anteriormente, sumado a la recopilación de información mediante bibliografía disponible, se pueden anticipar potenciales repercusiones del cambio climático por sobre la estacionalidad de las visitas de los turistas, la salud de los peregrinos, los servicios de las ciudades y los pueblos y sobre la afectación sobre el patrimonio cultural existente. Estas repercusiones sirven de apoyo para la adopción de medidas de adaptación y sus respectivos planes de acción en búsqueda de la resiliencia de un destino turístico que se convierte, en muchos casos, indispensable para el desarrollo de las ciudades y especialmente de los pueblos más pequeños.

#### **a) Estacionalidad de las visitas**

La Federación Española de Asociaciones de Amigos del Camino de Santiago recomienda la primavera y el otoño como las épocas para hacer la peregrinación: “finales de abril, mayo, junio, septiembre, son meses espléndidos, con días larguísimos, sin los rigores del calor del verano, y, además y quizás lo más importante, con muy pocos peregrinos, pues debe tenerse en cuenta que prácticamente el 75% lo hace en los meses de julio y agosto, con lo que supone de masificación”.

Aunque efectivamente finales de primavera y principios del otoño son los meses recomendados, es el verano la estación que presenta los valores más elevados en cuanto a la concurrencia de visitantes-turistas (Informes Estadís-

ticos anuales a cargo de la Oficina del Peregrino de Santiago de Compostela). Esta concentración en los meses de verano puede explicarse de dos maneras: por un lado, el verano es el principal periodo vacacional en España y resto de Europa; y, por otro lado, es posible pensar que al menos una parte de los peregrinos perciben el verano como la época más favorable desde el punto de vista del clima por presentar menos precipitación, tan abundantes en general en el norte peninsular (Moreno, 2010).

Según Moreno (2010), a partir del desarrollo del Índice de Idoneidad Climática Turística, se puede concluir que el Camino de Santiago Francés durante la primavera se beneficiaría a futuro de unas condiciones climáticas más favorables a lo largo de la mayor parte del trayecto tanto para el turismo de ciudad como para el turismo de naturaleza (Figura 3). En verano, sin embargo, todos los modelos y escenarios concuerdan en que, en caso de concretarse un aumento progresivo de temperaturas, serían los itinerarios de la vertiente norte de la Cordillera Cantábrica (ej. Camino de Santiago de la Costa) los que dispondrían de un clima más beneficioso para realizar la ruta jacobea por sobre el Camino Francés (Figura 4).

**Figura 3.** Regiones con condiciones óptimas a futuro para hacer el Camino de Santiago durante la primavera (período 2071-2200).



Fuente: Moreno, A. (2010).

**Figura 4.** Regiones con condiciones óptimas a futuro para hacer el Camino de Santiago durante el verano (período 2071-2100).



Fuente: Moreno, A. (2010).

### b) La salud de los peregrinos

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático estima con un alto grado de certeza que el cambio climático previsto repercutirá en la salud humana. De hecho, el cambio climático es una cuestión de salud humana y por ello su significación como tal. Los tipos de efectos sobre la salud pueden ser directos e indirectos: entre los efectos directos están los provocados por las olas de calor, temperaturas demasiado altas o bajas y los desastres naturales, mientras que los indirectos son determinados por las enfermedades transmitidas por los alimentos, por el agua, por vectores e incluso por la calidad de aire. Ello da pie a que se analice el aumento de las temperaturas proyectadas para el sitio de estudio y sus posibles repercusiones sobre la salud de los peregrinos que transitan el Camino de Santiago Francés por Castilla y León año tras año.

Pensando que la mayoría (más del 85%) de los peregrinos que transitan dicha ruta lo hacen a pie (según la recopilación de datos que brindan los Informes Estadísticos anuales a cargo de la Oficina del Peregrino de Santiago de Compostela), los mismos permanecen expuestos a ciertos factores de riesgo atribuidos principalmente al aumento de temperatura con sus respectivas repercusiones que puede provocar sobre la salud y la propia actividad física de las personas.

La particularidad de esta ruta jacobea es que las personas que transitan el Camino de Santiago Francés se encuentran realizando una actividad física durante horas, generalmente varios días consecutivos, expuestos así a las condiciones ambientales al aire libre. En relación con el ejercicio o actividad física, en este caso “largas caminatas”, las afectaciones de la temperatura sobre las personas pueden ser considerables especialmente cuando la temperatura ambiental está sobre los 25°C (Piñeiro-Sande, Martínez Melgar, Alemparte Pardavila, y Rodríguez García, 2004: 116-125). De acuerdo con las proyecciones climáticas identificadas y las condiciones térmicas locales, el impacto de la temperatura sobre la salud de las personas podrá ser mayor especialmente en verano, justamente en la época donde se encuentran la mayor cantidad de peregrinos.

De todos modos, las afectaciones podrán ser más o menos severas de acuerdo con el propio estado de salud de

cada peregrino y de las efectivas temperaturas sobre los terrenos en cuestión. Resulta de interés su consideración para que, a partir de ello, se puedan adoptar medidas de prevención y adaptación que logren disminuir el riesgo de las variaciones climáticas sobre las personas, preservando así la salud de los peregrinos. Tal como menciona la Organización Mundial de la Salud (OMS, OMM, y PNUMA, 2003) “las influencias del clima en la salud se ven moduladas a menudo por interacciones con otros procesos ecológicos, condiciones sociales y políticas de adaptación”. Por tanto, la relación entre la salud y la temperatura no es inmutable, sino que está regulada por un complejo número de variables económicas, sociales, culturales y sanitarias.

Ahora bien, ¿cuáles serían las principales afectaciones del aumento de temperatura sobre la salud de los peregrinos? Primeramente, dentro de los efectos a la exposición al calor podemos encontrar desde dermatitis, insolación, quemaduras y calambres hasta el agotamiento por calor y golpes de calor, con un aumento patológico de la temperatura del cuerpo pudiendo producirse incluso la muerte (Linares Gil, Carmona Alférez, Ortiz Burgos, y Díaz Jiménez, 2017). Es de público conocimiento que a mayor temperatura ambiente existen mayores riesgos asociados a estados de deshidratación de la persona, especialmente cuando se realiza una actividad física.

Siendo los golpes de calor los grandes protagonistas ya que pueden traer consecuencias severas hacia la salud de las personas, según Linares Gil et al., (2017) la AEMET no presenta una definición única ya que expone las siguientes preguntas previas a la definición de ola de calor: “Uno de los principales problemas al hablar de ‘olas de calor’ es que no existe una definición única y precisa del término; sabemos que se trata de episodios de temperaturas anormalmente altas, que se mantienen varios días y afectan a una parte importante de nuestra geografía”. En cambio, en ámbitos de la salud, se define al golpe de calor como “una emergencia médica caracterizada por un incremento de la temperatura corporal central por encima de 40°C y alteraciones del sistema nervioso central consecuencia de un fallo agudo del sistema termorregulador” (Piñeiro-Sande, Martínez Melgar, Alemparte Pardavila, y Rodríguez García, 2004: 116-125).

Sin definir un umbral de temperatura para considerar una ola de calor sobre el territorio en cuestión, las personas más vulnerables a estos eventos y a las temperaturas extremas son y serán los ancianos, las personas de muy cor-

ta edad y las de salud frágil (OMS, OMM, y PNUMA, 2003). Sin embargo, la población joven o aquellas personas que realicen actividad física en condiciones ambientales de altas temperaturas y concentración de humedad, también se exponen a riesgos relacionados con las olas de calor y el aumento de las temperaturas (Piñeiro-Sande, Martínez Melgar, Alemparte Pardavila, y Rodríguez García, 2004: 116-125).

La temperatura ambiental es una de las condiciones para el aumento de la termogénesis, ya que puede suponer unos mecanismos importantes para incrementar la temperatura corporal especialmente durante el ejercicio máximo, incluso un individuo sano con los mecanismos reguladores intactos puede desarrollar hipertermia. Las manifestaciones neurológicas tan dispares (delirio, convulsiones, alteraciones sutiles del comportamiento, entre otros) que acompañen el aumento de temperatura corporal son las que pueden eludir un diagnóstico temprano de golpe de calor y provocar la muerte si no se toman las medidas oportunas (Piñeiro-Sande, Martínez Melgar, Alemparte Pardavila, y Rodríguez García, 2004: 116-125).

Más allá de las cuestiones mencionadas donde se evidencian repercusiones directas que puede tener tanto el aumento de las temperaturas como las olas de calor sobre la salud de los peregrinos, existen cuestiones indirectas relacionadas con el aumento de la temperatura y la afectación a la salud de los peregrinos como por ejemplo el aumento en la proliferación de vectores como también aquellas enfermedades respiratorias alérgicas quienes son sensibles al clima, ya que condiciones más cálidas favorecen, en general, a la producción y liberación de alérgenos transportados por el aire (Linares Gil, Carmona Alférez, Ortiz Burgos, y Díaz Jiménez, 2017).

### **c) Servicios de las ciudades y pueblos**

Los peregrinos al transitar por el Camino de Santiago Francés en su paso por Castilla y León deben hacer base en diversos puntos urbanos, especialmente para descansar, lo que atrae consigo oportunidades para las ciudades y pueblos como también grandes desafíos respecto a que, en los días de mayor concurrencia de turistas, habrá mayor demanda de los servicios como es el caso del uso del agua potable.

Un claro ejemplo en el calendario respecto a la masiva concentración de turistas sobre el Camino de Santiago es

la celebración de los años en que la festividad de Santiago (25 de julio) coincide en un domingo, donde se celebra por tanto un "Año Santo" o "Año Xacobeo". El último Año Santo se celebró en 2010 donde la cantidad de peregrinos aumentó considerablemente (Figura 2) y el próximo será en 2021. Esta acumulación estacional de personas en ciudades y pueblos puede provocar mayor presión a los servicios, pudiendo poner en jaque a los mismos en caso de no estar preparados adecuadamente.

El consumo de agua potable tiene una relación directa con el incremento de temperaturas ya que esta última estimula a que las personas se hidraten constantemente y así puedan permanecer saludables evitando recaer en estados de deshidratación. Es por eso que el consumo será mayor en aquellas épocas donde las temperaturas son más elevadas, sumado a que habrá mayor consumo cuando hay un aumento notorio de personas (debido al turismo) que residen, aunque sea temporalmente, en los puntos urbanos de esta ruta jacobea.

Centrándose en la gestión hídrica, existe una relación directa en ambas direcciones entre el turista hacia las ciudades y/o pueblos y viceversa. Gössling (2002: 283-302) destaca la necesidad de considerar el uso y el consumo de agua como uno de los impactos más importantes desde los turistas hacia las ciudades, mientras que las restricciones de agua o la falta de la misma pueden afectar la imagen de los destinos turísticos perjudicando su desarrollo socioeconómico (Hall y Murphy, 2010: 3527- 3545) ya que, en caso de que el turista no goce de un servicio en cantidad y calidad suficiente, conllevará mayormente a repercusiones y percepciones negativas del turista hacia su destino escogido. Un ejemplo de ello sucedió años atrás en Mallorca (España) quién sufrió restricciones de agua, información que se propagó a través de la prensa alemana, provocando que aquel año llegaran menos turistas a la isla (Kent, M., Newnham, R. y Essex, 2002: 351-374).

El mayor riesgo para la gestión hídrica de las ciudades y pueblos con la llegada masiva de turistas es el estrés hídrico donde la demanda de agua supera la oferta disponible. Esto se podría agravar en los próximos años por la incidencia del cambio climático en la bajada de las precipitaciones y la mayor frecuencia de períodos de sequías (Gómez Royuela, M., 2016).

Se debe considerar, además, la competencia existente por los distintos usos de los recursos hídricos disponibles

entre actividades urbanas, rurales e industriales. Especialmente teniendo presente que Castilla y León se encuentra entre las Comunidades Autónomas españolas con mayor superficie de regadío. Esto se da preferentemente en la cuenca del Duero donde el número de hectáreas regables superan el medio millón y las efectivamente regadas oscilan entre las 400.000 y las 450.000 por campaña (Baraja Rodríguez, 2012: 51-84.).

#### **d) Patrimonio cultural**

La UNESCO define el patrimonio cultural como un legado de artefactos tangibles y atributos intangibles de un grupo o sociedad que se heredan de generaciones pasadas, permanecen en el presente y se otorgan para el beneficio de las generaciones futuras. El patrimonio cultural tangible incluye monumentos y sitios arqueológicos, entre otros artefactos.

El Camino de Santiago fue reconocido en 1987 como Primer Itinerario Cultural Europeo declarado por el Consejo de Europa y dentro de su patrimonio cultural tangible, quienes le otorgan un valioso aporte cultural que también sirve como atractivo turístico, se destacan iglesias, monasterios, hospitales, templos, hospitales, entre otros, con la Catedral de Santiago de Compostela (Galicia, España) como estandarte.

El trayecto del Camino de Santiago Francés sobre las provincias de Burgos, Palencia y León presenta un patrimonio histórico cultural destacado por sus estilos dominantes como son el románico y el gótico, quienes le otorgan una singularidad sumamente atrapante para los peregrinos y todo tipo de visitantes. Entre ellos se destaca el Monasterio de "Las Claustrillas" (Burgos), la Catedral de Burgos, las ruinas del Convento de San Antón (Castrojeriz), las Iglesias de San Juan y Santo Domingo (Castrojeriz), el Puente Fiteiro en Itero del Castillo, la Iglesia del Antiguo Monasterio de San Martin de Tours (Frómista), la Iglesia de Santiago de Carrión (Carrión de los Condes), el Templo de Santa María La Blanca (Villalcázar de Sirga), las ruinas de la Iglesia de La Peregrina (Sahagún), la Iglesia San Tirso y la Iglesia San Lorenzo (Sahagún), la Iglesia de Villafranca del Bierzo, entre otros.

Con respecto al material de las construcciones, tanto Scheerer et al., (2009: 97-139) como Miller et al., (2012: 1-12), coinciden que el material más utilizado para la construcción de los monumentos del patrimonio cultural

mundial es la piedra utilizada tradicionalmente tanto para la construcción como para fines ornamentales. La piedra se caracteriza por ser un material poroso que exhibe una amplia gama de composición mineral, textura y estructura (Miller et al., (2012: 1-12). Incluso estudios realizados en la Catedral de Burgos (Sánchez Hernández, R., Urmeneta, M. A., Pozas, J. M. M., y López-Cozar, J. N., 1995: 27-27) demostraron que su construcción es en base a la piedra de Hontoria, un material con extendido uso en numerosos monumentos de la zona norte-centro de España (Marcos Fierro, 1992 y Marcos Fierro, et al., 1993) complementado en menor medida con la piedra de Carcedo (Sánchez Hernández, 1993). La caliza de Hontoria de naturaleza carbonatada y de elevada pureza y porosidad es una roca granada y porosa con granos y poros de tamaño relativamente elevado por lo que presenta una acusada rugosidad superficial, un hecho que favorece la retención de las partículas sólidas que están en contacto con la superficie de la piedra y la formación de pátinas, dependiendo del grado de desarrollo de uno u otro proceso, de la situación de la superficie y de factores ambientales (Alonso, Díaz-Pache, y Esbert, 1994: 5-18).

Como se ha mencionado, existe una interacción entre la piedra presente en los patrimonios y su entorno, donde factores como la climatología y la contaminación atmosférica interactúan conjuntamente con la capacidad de degradar el patrimonio (Fort González, 2007) e incluso pueden favorecer la capacidad de protección. Si bien las tasas de pérdida de material en los edificios generadas por la acción conjunta de la contaminación atmosférica y el microclima son muy variadas en función a la composición mineralógica y textural de la piedra y de sus propiedades petrofísicas, una piedra con mayor porosidad suele sufrir mayores tasas de deterioro.

Con respecto a los tipos de alteración sobre el material pétreo del patrimonio cultural, tomando como referencia los estudios realizados sobre la Catedral de Burgos (Alonso et al., 1994: 5-18 y Sánchez Hernández et al., 1995), se han destacado:

- Pátinas: Son las variaciones en el aspecto superficial de la piedra consecuencia de su exposición a la intemperie durante largo período de tiempo que provoca cambios en la coloración de la superficie. Son modificaciones superficiales que no implican necesariamente el deterioro del sustrato pétreo. Las pátinas pueden ser naturales o artificiales, siendo en este último caso el resultado de la evolu-

ción de pinturas o tratamientos aplicados sobre la piedra en tiempos pasados.

En la Catedral de Burgos se han diferenciado principalmente diversas clases de pátinas: cromáticas, biogénicas y de decoloración.

Dentro de las pátinas cromáticas existen las pátinas generalizadas donde se distinguen tres tipos: una ocre (fruto posiblemente de un acabado superficial antiguo dado por la mano del hombre), otra gris (debida la adhesión de contaminantes en zonas sin incidencia directa de la lluvia pero con cierta humedad) y una negra (que puede considerarse como el primer estadio en el proceso de formación de las costras negras). Complementariamente a las mencionadas, se identificaron pátinas ocre o rojizas (formadas por óxidos de hierro) y pátinas verdes (formadas por compuestos de cobre).

Las pátinas biogénicas (biodepositos) son películas o capas muy delgadas formadas por organismos vivos que se desarrollan sobre la superficie de la piedra, abarcando principalmente líquenes, algas y musgos que otorgan una coloración que va desde el pardo oscuro al amarillo, pasando por tonos verdes y rojizos. El color depende del tipo de organismos involucrado, el ciclo biológico y la época del año.

Las pátinas de decoloración consisten en la pérdida de color de la piedra producto del lavado con agua de lluvia.

- Costras (generalmente negras): Son láminas compactas de material situadas en la parte externa de la piedra producto de su transformación superficial bajo la influencia de aportes exógenos. Su naturaleza química-mineralógica y sus características físicas son parcial o totalmente distintas de las del sustrato pétreo sobre el que se asientan. Las costras negras presentan partículas sólidas de contaminación que ocasionan ennegrecimiento y son producidas mayoritariamente por distintos procesos de combustión: calefacciones, motores de vehículos, centrales térmicas, procesos industriales.

Dentro de las costas están las costras biogénicas que son generadas por la acción de los organismos (líquenes, algas y musgos) los cuales desarrollan o acentúan estas formas de alteración.

- Depósitos superficiales o pátinas de enmugrecimiento: Son la acumulación de materiales como polvo, hollín, cenizas, etc, de color gris-negruzco.

- **Eflorescencias:** Son depósitos de sales solubles (constituidas fundamentalmente por yeso) que aparecen sobre la superficie de los materiales porosos, de color blanco, con un aspecto más o menos cristalino y escasa coherencia. Varían periódicamente en cuanto a su extensión, espesor y grado de cristalinidad como consecuencia de las variaciones climáticas del entorno.

- **Abrasión (Ordaz y Esbert, 1988: 39-45) o erosión (Martín, 1990):** Es la reducción del relieve o redondeamiento de formas debido a la acción de desgaste del viento y del agua.

Además de las afectaciones mencionadas, existen también otros tipos de afectaciones como por ejemplo las ampollas, disgregaciones, desmoronamientos, descamaciones, alveolizaciones, fisuras, entre otras.

**Figura 5.** Catedral de Burgos



Fuente: Elaboración propia (año 2020)

La importancia de estas afectaciones sobre el patrimonio cultural radica en que los posibles impactos producidos llevan consigo un coste económico importante al generar una disminución del valor del bien patrimonial, lo que ocasiona gastos elevados para su mantenimiento y su reconocimiento. La descomposición de los materiales de piedra como resultado de su interacción con el ambiente puede conducir a la pérdida de los mensajes esenciales del objeto arquitectónico, en términos de valores culturales o artísticos (Miller et al., 2012: 1-12)

Según el Quinto informe de evaluación (AR5) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), en los últimos siglos, los monumentos de piedra han sufrido un intenso deterioro debido a los efectos directos e indirectos de las acciones antropogénicas (por ejemplo, el aumento del turismo y el cambio climático) (Prieto, Vázquez-Nion, Fuentes, y Durán-Román, 2020). Ante los efectos del cambio climático se espera que los monumentos expuestos pertenecientes al patrimonio cultural construido en piedra se vean afectados a nivel físico-químico y a través de los organismos que habitan en la piedra ya que son sensibles a los cambios en la composición atmosférica y los regímenes de precipitación (Viles y Cutler, 2012: 2406-2418)

Las rocas, ya sea en afloramientos geológicos naturales (Ascaso y Wierzechos, 2002: 215-222; Prieto et al., 2007: 280-289) o en edificios y monumentos (Ascaso et al., 1998: 29-38; Ortega-Morales, 2006: 188-195) son hábitats comunes para una amplia variedad de microorganismos. Las comunidades bióticas pueden contribuir a las cualidades estéticas de un sitio patrimonial y pueden tener propiedades y capacidades bioprotectoras (por ejemplo, las plantas trepadoras pueden moderar los microclimas de la pared) y, por otro lado, la colonización biológica en las estructuras patrimoniales se puede considerar como una molestia que oscurece importantes arquitectónicos y detalles arqueológicos (suciedad) y daños materiales de construcción (bio-deterioro) (Viles y Cutler, 2012: 2406-2418).

Las biopelículas se producen en las superficies de contacto en la interfaz entre el sustrato mineral y la atmósfera (Gorbushina y Broughton, 2009), por lo tanto, son constantemente sometidas a condiciones ambientales adversas tales como radiación solar intensa, desecación, fluctuaciones de temperatura y humedad, falta de nutrientes, etc. La composición y las actividades de las co-

comunidades bióticas en los sitios del patrimonio en todo el mundo están fuertemente influenciadas por las condiciones ambientales predominantes, con el sustrato jugando un papel secundario. En consecuencia, los cambios en el ambiente pueden potencialmente causar alteraciones en la relación entre la biota y el patrimonio construido (Viles y Cutler, 2012: 2406-2418) a pesar de que el grado de colonización biológica de una superficie de piedra dependa no sólo en factores ambientales sino también de las propiedades intrínsecas del material (Guillitte, 1995: 215-220).

Dentro de la mencionada relación, el cambio climático provocará cambios de rango en los organismos lo que alterará la composición de las biotas del patrimonio con posibles efectos colaterales sobre sus funciones de biodeterioro y/o de bioprotección (Viles y Cutler, 2012: 2406-2418).

Recientemente se ha elaborado una novedosa investigación a cargo de Prieto, Vázquez-Nion, Fuentes, y Durán-Román (2020), donde se han estudiado las respuestas de los biofilms sub-aéreos que crecen en el patrimonio cultural construido en piedra en Galicia a los cambios en el régimen del agua y las condiciones de  $CO_2$ eq proyectados a causa del cambio climático para ese territorio. Su relación con el Camino de Santiago Francés por Castilla y León se debe a la cercanía geográfica, al hecho de pertenecer ambos territorios al Camino de Santiago, al patrimonio existente construido en su mayoría con piedra y especialmente a las coincidencias en las proyecciones climáticas donde se estima que hacia el futuro ambos casos presentarán aumentos de temperatura, aumentos de  $CO_2$ eq y disminución de precipitaciones.

De antemano, el mencionado estudio considera las hipótesis donde se espera que los monumentos patrimoniales se vean afectados por el cambio climático ya que los organismos que habitan en la piedra resultan sensibles a los cambios atmosféricos y a los regímenes de precipitaciones, por lo que potencialmente estos factores causarán alteraciones en la relación entre la biota y el patrimonio construido con importantes implicaciones para las políticas de conservación (Viles y Cutler, 2012: 2406-2418). Viles y Cutler (2012: 2406-2418) plantearon la hipótesis de que la exposición a niveles más altos de  $CO_2$  puede mejorar la fotosíntesis, de modo que el aumento de las concentraciones de  $CO_2$  en la atmósfera puede favorecer el crecimiento de organismos fotosintéticos en las biopelículas subaéreas. En cuanto a la disponibilidad de agua, Gladis y

Schumann (2011: 36-44) consideraron que la precipitación es el factor ambiental más importante para el crecimiento de fotótrofos aeroterrestres, Gladis-Schmacka et al. (2014: 401-414) demostraron que la frecuencia de los días lluviosos es más importante para la proliferación de biopelículas que la precipitación media por temporada, por tanto, los cambios en la disponibilidad de agua tienen un efecto fisiológico en las biopelículas que se desarrollan en el patrimonio cultural. Sin embargo, se destaca que la duración de la humectación puede ser más importante para el desarrollo que la cantidad absoluta de precipitación (Viles y Cutler, 2012: 2406-2418); Gladis-Schmacka et al., 2014: 401-414)

El mencionado estudio a cargo de Prieto, Vázquez-Nion, Fuentes, y Durán-Román (2020) basado en pruebas de laboratorio con la utilización de biopelículas naturales que crecen en el Palacio de San Xerone (situado en Santiago de Compostela), evaluó el crecimiento de dichas biopelículas fototróficas en granito bajo diferentes condiciones ambientales que se espera que cambien en el futuro: restricciones en la disponibilidad de agua y un aumento en la atmósfera  $CO_2$ , lo cual intenta dar respuesta a los patrones de biocolonización en el patrimonio cultural que permite considerar sus conclusiones como potenciales repercusiones del cambio climático sobre el patrimonio existente en el Camino de Santiago Francés sobre el paso por Castilla y León.

De este modo, los resultados revelaron que los factores ambientales considerados afectaron significativamente el crecimiento de las biopelículas fototróficas en el granito. Por tanto, el cambio climático afectará sobre la composición de las biopelículas que probablemente cambiará y causará un biodeterioro más intenso sobre el patrimonio cultural de piedra. Si bien no se esperaría un aumento en la cantidad de biomasa colonizadora (ya que a pesar de que niveles más altos de  $CO_2$  atmosférico puedan favorecer el crecimiento de las biopelículas, el mismo efecto se puede contrarrestar por la disponibilidad limitada de agua), la composición de las biopelículas se verá modificada por una probable mayor proliferación de algas verdes y se producirá un ligero amarillamiento de la biomasa o biofilms fototróficos en el granito.

La proliferación de las algas verdes se debe a que las cianobacterias parecen tolerar mejor las condiciones secas (Ortega-Calvo et al., 1995: 329-341; Schreerer et al., 2009: 97-139; Viles y Cutler, 2012: 2406-2418), el posible ama-

rellimiento de los biofilms fototróficos se debe a la producción de carotenoides totales por las biopelículas (Prieto, Vázquez-Nion, Fuentes, y Durán-Román, 2020) mientras que el aumento del biodeterioro se debe a la producción de EPS.

Con respecto a los contaminantes atmosféricos, Fort González (2007) ha mencionado que su incremento desde la industrialización acelera el deterioro de los edificios. También dicho autor remarcó entre los principales contaminantes atmosféricos que pueden afectar a la durabilidad del material pétreo al dióxido de azufre, óxidos de carbono, dióxido y monóxido de nitrógeno, ozono, partículas en suspensión (algunos de ellos responsables del cambio climático). Todos estos elementos pueden reaccionar entre sí, favorecidos por la presencia de humedad en el ambiente, por la radiación solar o por la presencia de otros elementos como el ozono u otros catalizadores como el Fe o el Mn que pueden facilitar y acelerar las reacciones para formar nuevos contaminantes denominados secundarios. Estos contaminantes son mucho más dañinos para los materiales ya que al reaccionar con el agua aumentan su acidez y dan lugar a la lluvia ácida, facilitando los procesos de degradación de los materiales pétreos por mecanismos de disolución y de hidrólisis. Igualmente, forman las denominadas costras negras y de ennegrecimiento en las fachadas de los edificios y monumentos.

## CONCLUSIONES

El cambio climático es una realidad que está trayendo consigo serias repercusiones sobre el turismo en todo el mundo. Pensando en la importancia de la actividad turística para España y para las ciudades y pueblos que atraviesa el Camino de Santiago Francés, cada vez más debe tenerse presente esta emergencia climática conjuntamente a sus diversas amenazas vinculadas, directas e indirectas, que tienen el potencial de poner en jaque a la supervivencia de la actividad.

El Camino de Santiago Francés en su paso por Castilla y León, además de otorgar beneficios económicos a raíz de las visitas turísticas año tras año, le otorga vitalidad a muchas ciudades y especialmente a muchos pueblos que en este territorio particular se encuentran actualmente envueltos en una realidad marcada por el fenómeno de despoblación y envejecimiento poblacional. Estas ciudades y pueblos necesitan de dicha actividad turística para favorecer el arraigo de su población, mantener su riqueza

patrimonial única e incluso para no desaparecer. Dentro de este contexto, el cambio climático trae consigo serias amenazas como también oportunidades para adoptar diversos planes de acción que favorezcan su adaptación y resiliencia. Para esto último no hay tiempo que perder.

Mediante proyecciones climáticas a futuro que se encaminan a la disminución de las precipitaciones sobre el terreno en cuestión y hacia el aumento de las temperaturas, el Camino de Santiago Francés en su paso por Castilla y León podrá sufrir a raíz de ello serias afectaciones en sus actividades y en sus atractivos, que incluso pueden extenderse por sobre todo el trayecto del Camino de Santiago Francés por el territorio español.

La estacionalidad de las visitas turísticas sobre el Camino de Santiago Francés en su paso por Castilla y León se verá amenazada ya que el aumento de las temperaturas y la concentración de turistas en épocas veraniegas (época de mayor flujo turístico) favorecerá a que otros caminos alternativos de la vertiente norte de la Cordillera Cantábrica (como por ejemplo el Camino de Santiago de la Costa) presenten mayor idoneidad climática para la realización de las caminatas en verano por sobre el territorio castellano-leonés.

La salud de los turistas se verá también amenazada a causa de la proyección progresiva referente a los aumentos en la temperatura, la cual puede traer consigo consecuencias graves sobre la propia actividad física de los peregrinos que transitan esta ruta especialmente en verano. Esta consecuencia se ve reflejada actualmente en la preferencia de los peregrinos a la hora de realizar las caminatas, ya que prefieren evitar caminar en horarios cercanos al mediodía porque lo encuentran insalubre dado que el calor trae consigo dificultades al momento de realizar la actividad.

En referencia a los servicios esenciales brindados por las ciudades y pueblos hacia sus turistas, como es el caso del servicio de agua potable, los centros urbanos vinculados deben asegurar el suministro de agua potable en cantidad y calidad para sus visitas, especialmente en verano y en los llamados "Años Santos" donde hay mayor acumulación de turistas. De lo contrario, el turista no se llevará las mejores repercusiones sobre su visita ocasional al lugar.

El cambio climático puede afectar al patrimonio histórico presente en el Camino de Santiago Francés, donde el es-

tilo románico y el gótico son los grandes protagonistas y brindan una riqueza arquitectónica única. Una de las formas de afectación del clima y las variaciones climáticas a futuro es la modificación de los procesos de biodeterioro y bioprotección, pensando especialmente que estas estructuras (en su mayoría de material pétreo) requieren trabajos de mantenimiento y conservación. Los biofilms o las biopelículas a causa del aumento del  $CO_2_{eq}$  en la atmósfera y la disminución de las precipitaciones sufrirán afectaciones en su crecimiento y composición de las cuales se estima que ocasionarán un biodeterioro más intenso.

## AGRADECIMIENTOS

A Fundación Carolina, quien ha permitido, mediante la beca de estudio, la realización del Máster en Tecnologías Avanzadas para el Desarrollo Agroforestal en la Universidad de Valladolid (España).

## REFERENCIAS

### Agencia Estatal de Meteorología en Castilla y León.

Disponible en <https://meteorologia.jcyl.es>. Acceso el 11/01/2020.

**Alonso, F. J., Díaz-Pache, F., y Esbert, R. M. (1994).** "Interacción piedra-ambiente, 1a parte: Formas de alteración desarrolladas sobre la piedra de la catedral de Burgos". *Informes de La Construcción*, 46(433), 5–18.

**Amblar Francés, P., Casado Calle, M. J., Pastor Saavedra, A., Ramos Calzado, P., y Rodríguez Camino, E. (2017).** "Guía de escenarios regionalizados de cambio climático sobre España a partir de los resultados del IPCC- AR5". Madrid.

**Ascaso, C. y Wierzos, J. (2002).** "Nuevos enfoques para el estudio de microorganismos litobióticos antárticos y sus rastros inorgánicos, y su aplicación en la detección de vida en rocas marcianas". *Microbiología internacional*, 5(4), 215-222.

**Ascasoa, C., Wierzos, J., y Castelloa, R. (1998).** "Study of the biogenic weathering of calcareous litharenite stones caused by lichen and endolithic microorganisms". *International biodeterioration & biodegradation*, 42(1), 29-38.

**Ávila Granados, J. (2007).** "Rutas de España. I El Camino de Santiago". Planeta, Barcelona.

**COCEMFE-Castilla y León. (2016).** "Guía del Camino de Santiago en Castilla y León: Orientada a la accesibilidad". Fundación ONCE. Disponible en: [https://sid.usal.es/idocs/F8/FDO27334/Guia\\_camino\\_Santiago.pdf](https://sid.usal.es/idocs/F8/FDO27334/Guia_camino_Santiago.pdf). Acceso el 17/02/2020. Acceso el 24/03/2020.

**Federación Española de Asociaciones de Amigos del Camino de Santiago.** Disponible en <https://www.caminosantiago.org/>. Acceso el 24/04/2020.

**Fort González, R. (2007).** "La contaminación atmosférica en el deterioro del patrimonio monumental: medidas de prevención". *Ciencia, Tecnología y Sociedad para una conservación sostenible del patrimonio pétreo*. Disponible en [https://digital.csic.es/bitstream/10261/8322/1/Fort\\_Fort\\_Preveni%3b3n.pdf](https://digital.csic.es/bitstream/10261/8322/1/Fort_Fort_Preveni%3b3n.pdf). Acceso el 29/03/2020.

**Gladis, F., y Schumann, R. (2011).** "Influence of material properties and photocatalysis on phototrophic growth in multi-year roof weathering". *International Biodeterioration & Biodegradation*, 65(1), 36-44.

**Gladis-Schmacka, F., Glatzel, S., Karsten, U., Böttcher, H., y Schumann, R. (2014).** "Influence of local climate and climate change on aeroterrestrial phototrophic biofilms". *Biofouling*, 30(4), 401-414.

**Gómez Royuela, M. (2016).** "Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector turístico". Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid.

**Gorbushina A.A. y Broughton W.J. (2009).** "Microbiology of the atmosphere–rock interface: how biological interactions and physical stresses modulate a sophisticated microbial ecosystem". *Annual review of microbiology*, 63.

**Gössling, S. (2002).** "Global environmental consequences of tourism". *Global environmental change*, 12(4), 283-302.

**Guillitte, O. (1995).** "Bioreceptivity: a new concept for

building ecology studies". *Science of the total environment*, 167(1-3),215-220.

**Hall, J. y Murphy, C. (2010).** "Vulnerability analysis of future public water supply under changing climate conditions: a study of the Moy catchment, Western Ireland". *Water Resources Management*, 24(13),3527- 3545. <https://doi.org/10.1007/s11269-010-9618-8>

**IPCC. (2014).** "Cambio climático 2014: Informe de Síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático".

**ITACYL-AEMET. (2013).** "Atlas Agroclimático de Castilla y León". NIPO digital 281-13-008-5. Depósito Legal M-23745-2013. Disponible en: <http://atlas.itacyl.es>. Acceso el 04/02/2020.

**Junta de Castilla y León. (2015).** "El Camino de Santiago en Castilla y León. Guía del peregrino del Camino Francés". Fundación Siglo para el Turismo y las Artes de Castilla y León.

**Kent, M., Newnham, R. y Essex, S. (2002).** "Turismo y abastecimiento de agua sostenible en Mallorca: un análisis geográfico". *Geografía aplicada*, 22(4),351-374. [https://doi.org/10.1016/S0143-6228\(02\)00050-4](https://doi.org/10.1016/S0143-6228(02)00050-4)

**Leira López, J., Rego Veiga, G., y Santos Pita, M. (2010).** "Peregrinaciones y turismo: el Camino de Santiago". *Rotur: Revista de Ocio y Turismo*, (3),39-48. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3610319>. Acceso el 13/11/2019.

**Linares-Gil, C., Carmona-Alferez, R., Ortiz Burgos, C., y Diaz-Jimenez, J. (2017).** "Temperaturas extremas y salud. Cómo nos afectan las olas de calor y de frío".

**Marcos Fierro, R. (1992).** "Tratamientos de conservación aplicados a rocas carbonatadas: Catedral de León". Tesis Doctoral, Universidad de Oviedo.

**Marcos Fierro R; Esvert, R; Alonso F. J. y Díaz-Pache, F. (1993).** "Características que condicionan el

comportamiento de la caliza de Hontoria (Burgos) como piedra de edificación". *Boletín Geológico y Minero*, 104(5), 587-597.

**Martin, A. (1990).** "Ensayos y experiencias de alteración en la conservación de obras de piedra de interés histórico-artístico". Ed. Centro de Estudios Ramón Areces.

**Miller, A. Z., Sanmartín, P., Pereira-Pardo, L., Dionísio, A., Sáiz-Jiménez, C., Macedo, M. F., y Prieto, B. (2012).** "Bioreceptivity of building stones: a review". *Science of the total environment*, 426,1-12.

**Moreno, A. (2010).** "Turismo y cambio climático en España. Evaluación de la vulnerabilidad del turismo de interior frente a los impactos del cambio climático". *International Centre for Integrated Assessment and Sustainable Development*; Maastricht University: Maastricht, The Netherlands.

**Oficina de Acogida al Peregrino de Santiago** de Compostela. Disponible en <https://oficinadelperegrino.com>. Acceso el 15/03/2020.

**OMS, OMM, y PNUMA. (2003).** "Cambio climático y salud humana-riesgos y respuestas". Biblioteca de la Organización Mundial de la Salud. Ginebra, Suiza.

**Ordaz, J., y Esbert, R. M. (1988).** "Glosario de términos relacionados con el deterioro de las piedras de construcción". *Materiales de construcción*, 38(209), 39-45.

**Ortega-Calvo, J. J., Ariño, X., Hernandez-Marine, M., y Saiz-Jimenez, C. (1995).** "Factors affecting the weathering and colonization of monuments by phototrophic microorganisms". *Science of the Total Environment*, 167(1-3),329-341.

**Ortega-Morales, B. O., Novelo, E., Ramírez, M., y Gaylarde, C. C. (2006).** "Cyanobacterial diversity and ecology on historic monuments in Latin America". *Rev Latinoam Microbiol*, 48(2),188-195.

**Piñeiro-Sande, N., Martínez Melgar, J., Alemparte Paravila, E., y Rodríguez García, J. (2004).** "Golpe de calor". *Emergencias*,116-125.

- Portal Oficial de Turismo** de la Junta de Castilla y León. Disponible en <https://www.turismocastillayleon.com>. Acceso el 13/01/2020.
- Prieto, B., Aira, N., y Silva, B. (2007).** "Comparative study of dark patinas on granitic outcrops and buildings". *Science of the total environment*, 381(1-3), 280-289.
- Prieto, B., Vázquez-Nion, D., Fuentes, E., y Durán-Román, A. G. (2020).** "Response of subaerial biofilms growing on stone-built cultural heritage to changing water regime and CO2 conditions". *International Biodeterioration and Biodegradation*, 148.
- Puccio, H., y Simeoni, A. (2015).** "Cambio climático, turismo cultural y el patrimonio vulnerable". *Jornada de Técnicas de Reparación y Conservación del Patrimonio*, 4. Disponible en <https://digital.cic.gba.gov.ar/handle/11746/1302>. Acceso el 11/03/2020.
- Rodríguez, E. B. (2012).** "Los paisajes del regadío en Castilla y León: Entidad, procesos y configuraciones". *Polígonos. Revista de Geografía*, (21), 51-84. <http://dx.doi.org/10.18002/pol.v0i21.22>
- Sánchez Hernández, R. (1993).** "Caracterización y alterabilidad de la piedra monumental de la Catedral de Burgos". Tesis de Licenciatura. Universidad de Salamanca.
- Sánchez Hernández, R., Urmeneta, M. A., Pozas, J. M. M., y López-Cozar, J. N. (1995).** "Cartografía de formas de alteración de la Catedral de Burgos". *Revista Digital del Cedex*, (99).
- Scheerer, S., Ortega Morales, O., y Gaylarde, C. (2009).** "Microbial deterioration of stone monuments—an updated overview". *Advances in applied microbiology*, 66, 97-139. [https://doi.org/10.1016/S0065-2164\(08\)00805-8](https://doi.org/10.1016/S0065-2164(08)00805-8)
- Viles, H. A., y Cutler, N. A. (2012).** "Global environmental change and the biology of heritage structures". *Global Change Biology*, 18(8), 2406-2418.
- Visor de Escenarios de Cambio Climático.** Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC). Disponible en <https://escenarios.adaptecca.es>. Acceso el 15/04/2020.