

**Cita bibliográfica:** Millán López, A. (2019). Cambio climático y actividad turística en los espacios urbanos del interior de España: impactos sobre el modelo de aptitud climático-turística de León, Granada y Madrid. *Investigaciones Geográficas*, (72), 53-73. <https://doi.org/10.14198/INGEO2019.72.03>

# Cambio climático y actividad turística en los espacios urbanos del interior de España: impactos sobre el modelo de aptitud climático-turística de León, Granada y Madrid

*Climate change and tourism in cities in the interior of Spain: impacts on the climatic-tourist aptitude models of Leon, Granada, and Madrid*

Alfredo Millán López<sup>1</sup>

## Resumen

El turismo urbano —y en general el turismo de interior— como actividad económica que en cierta medida depende del recurso clima, se va a ver seriamente afectado por el cambio climático. Por lo tanto, el impacto sobre la actividad turística en las ciudades va a ser trascendental por el valor socioeconómico que ocupa esta actividad. Desde este estudio se propone analizar y caracterizar los modelos de aptitud climático-turística actual y futuros de tres ciudades, donde la actividad turística ocupa un puesto relevante y que constituyen claros ejemplos del turismo urbano en España: León, Granada y Madrid. En el análisis del potencial climático-turístico abordamos un tema crucial para la planificación del turismo de interior en España: desarrollar previsiones sobre el grado del impacto del cambio climático sobre la actividad turística futura. Para realizar este análisis se implementa el Índice Climático-Turístico de Interior (ICTI) (Millán, 2017) y se plantean dos escenarios a corto y medio plazo: 2030 y 2040. Los resultados indican que el cambio climático va a incorporar importantes modificaciones en los modelos climático-turísticos de los espacios urbanos de interior. Estas modificaciones van a afectar a la distribución temporal de las aptitudes de confort, planteando nuevos desafíos y oportunidades a la actividad turística en estos espacios urbanos.

**Palabras clave:** España; turismo urbano; cambio climático; impacto turismo; planificación turística; índice climático-turístico.

## Abstract

Urban and interior tourism are economic activities that are highly dependent on climate. Spain will be seriously affected by climate change. Therefore, understanding the impact of climate change on tourism in cities is crucial because of its socioeconomic value. This study aims to analyse and describe current and tourist-climate aptitude models in three cities that are representative of urban tourism in Spain: Leon, Granada, and Madrid. In the analysis of climate-tourism potential, we tackle a crucial issue for planning inland tourism in Spain: forecasting the degree of impact of climate change on tourism. For this analysis, an inland climate-tourism index (ICTI) (Millán, 2017) is implemented and two scenarios are proposed for the medium and long term: 2030 and 2040. The results indicate that climate change will mean important changes in the climate-tourism models of cities in the interior of Spain. These

1 Grupo Geoclima, Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid, España. [millan330@msn.com](mailto:millan330@msn.com)

modifications will affect the temporary distribution of comfort aptitudes, and present new challenges and opportunities for tourism in these cities.

**Keywords:** Spain; urban tourism; change climate; tourism impact; tourism planning; climate-tourism index.

## 1. Introducción

El turismo urbano ha experimentado un importante auge en los últimos años en España, destacando dentro de las modalidades turísticas del «turismo de interior» por su significativo desarrollo y por su elevada tendencia de crecimiento en los últimos años. Este desarrollo es consecuencia directa de la puesta en valor como atractivos turísticos de un amplio abanico de actividades y recursos —culturales, patrimoniales, ocio, gastronómicos, negocios...— (Millán y Fernández, 2018). Esta circunstancia ha permitido convertir la actividad turística en motor de impulso económico de las ciudades con importantes repercusiones sociales. Pero existe un recurso potencial que hasta ahora no se ha tenido en cuenta cuando se planifica la actividad turística en estos espacios: el recurso clima, su influencia sobre la confortabilidad de los turistas y los efectos del cambio climático sobre esta confortabilidad. A pesar de la importancia del sector turístico en la economía de las ciudades españolas, sigue sin abordarse los efectos que pueden tener los cambios en la dinámica atmosférica en los espacios turísticos urbanos y, por tanto, sin adaptar las medidas a la realidad concreta de esta actividad económica que mejoren la resiliencia urbana ante este proceso (Olcina y Vera-Rebollo, 2016). El clima ejerce una dinámica influencia sobre las actividades económicas en especial en el caso de la actividad turística, ya que funciona como factor de localización turística, como recurso turístico y como atractivo turístico. En consecuencia, el turismo depende en gran medida de las condiciones climáticas, de tal forma que se convierte en una de las actividades económicas más afectadas a corto, medio y largo plazo por el cambio climático (Millán, 2017). La actividad turística es la actividad económica más vulnerable —junto con la agricultura— a los efectos del calentamiento climático, siendo más sensibles las modalidades de turismo de sol y playa, turismo de nieve y turismo urbano (Olcina y Miró, 2017).

El cambio climático se presenta como uno de los mayores impactos medioambientales y a la vez socioeconómicos que se producirán en las próximas décadas —aunque sus efectos se empiezan a notar en el presente— por lo que se debe tomar medidas para mitigar en lo posible sus efectos adversos. En la actualidad ya se está produciendo una drástica reducción de las precipitaciones y cambios en su variabilidad interanual, así como un aumento de las temperaturas y de los fenómenos climáticos extremos, con un incremento en la frecuencia de inundaciones y de olas de calor. Estos cambios van a afectar directamente sobre la relación bidireccional entre el turismo y el clima, relación que hasta hace poco tiempo se trataba desde el punto de vista de la variabilidad climática natural y que ahora se trata desde la variabilidad climática inducida por el hombre (Gómez, 2017).

El impacto del cambio climático sobre el sector turístico en Europa tiene una significativa importancia puesto que va a cambiar la distribución de los recursos climáticos, afectando principalmente a la distribución temporal y espacial de los flujos turísticos nacionales e internacionales (Scott, Rutt, Amelung, & Tang, 2016). Por su posición geográfica España va a ser uno de los países donde el impacto va a ser mayor, en consecuencia, las repercusiones del cambio climático sobre el sector turístico español serán significativas al estar especialmente expuestas a las posibles alteraciones climáticas. Estas repercusiones se notarán en los patrones de demanda turística determinada por la respuesta de los turistas a los impactos (Millán, 2017).

Consecuentemente, la incorporación en las investigaciones de la Climatología del Turismo del efecto del cambio climático sobre el binomio clima-turismo se vuelve indispensable para la planificación futura de la actividad turística. Esta importancia se refleja en los numerosos estudios realizados sobre cambio climático y turismo a nivel mundial y europeo (Endler y Matzarakis, 2010; Roshan, Roustay y Ramesh, 2009; Lopes, Lopes, Matzarakis y Alcoforado, 2010; Scoot, Rutt, Amelung y Tang, 2016; Salata Golasi, Proietti y de Lieto, 2017 y Nasrollahia, Hatamia y Taleghaniben, 2017). Entre el campo de la investigación española cabe destacar recientes investigaciones de gran calidad como las llevadas a cabo —entre otras— por Gómez (2017), Gómez, Armesto y Cors (2017) y Olcina y Miró (2017). El epicentro de estos estudios se dirige hacia el cálculo del impacto de la variación de los fenómenos extremos, en los cambios en la

localización temporal de los escenarios de aptitud climático-turística y en el impacto sobre los recursos con reclamo turístico.

En este contexto se justifica esta investigación, que trata sobre los posibles efectos del cambio climático sobre la confortabilidad de los turistas cuando realizan su actividad en un medio urbano en el interior de España. Desde este estudio se plantea como objetivo analizar y caracterizar, implementando el índice climático-turístico ICTI (Índice Climático-Turístico de Interior) (Millán, 2017) los modelos de aptitud climático-turística actuales y futuros en tres destinos de turismo urbano en España: Madrid, León y Granada. Para realizar este análisis se proponen dos escenarios a corto y medio plazo: 2030 y 2040. La finalidad última de esta investigación es proporcionar una herramienta eficaz que fomente y facilite la planificación turística atendiendo a dos desafíos que plantea el cambio climático sobre la actividad turística en las ciudades: atender con suficiente anticipación a los retos planteados y aprovechar las nuevas oportunidades que surgirán a partir de los nuevos modelos climático-turísticos (Millán, 2017).

Este trabajo ha seguido la línea de investigación seguida por el autor sobre la confortabilidad climático-turística en los espacios de interior en la península ibérica y concluye con el avance de investigación propuesto en un anterior trabajo publicado en la revista *Investigaciones Geográficas* (Millán y Fernández, 2018). Continuando con esta línea de trabajo se propone en esta ocasión como objetivo futuro extender este tipo de estudios a otros tipos de turismo de interior, como el turismo de naturaleza y el turismo rural.

## 2. Metodología

En esta investigación sobre los efectos del cambio climático en el turismo urbano del interior de España, se seleccionan tres ciudades como modelos representativos de este tipo de turismo, donde se impulsa la actividad turística como un motor de desarrollo socioeconómico: Madrid, León y Granada. La selección de estos tres nodos turísticos atiende a varias razones: por su distinta posición geográfica a distintas latitudes —norte, centro y sur de la península ibérica—, por tener características climáticas diferentes, por lo tanto, distintos modelos de aptitud climático-turística y por sus particulares modelos de turismo (Figura 1).

La ciudad de León se localiza en el noroeste de la península ibérica y constituye un nodo turístico urbano aún sin consolidar, pero con un fuerte desarrollo y una clara tendencia de crecimiento de la actividad turística —en el 2018 la visitaron 393.293 turistas (Instituto Nacional de Estadística, INE)—. Este desarrollo se debe a la puesta en valor de un importante y reconocido patrimonio histórico, de una amplia oferta cultural, la promoción de congresos y ferias y de una elevada calidad gastronómica —nombrada Capital Gastronómica de España en 2018—. Todo esto se ha visto apoyado por la puesta en marcha del AVE (tren de alta velocidad) que comunica la ciudad con la capital Madrid en dos horas.

Madrid se localiza geográficamente en el centro de la península ibérica y constituye el principal nodo atracción turística dentro del turismo de interior. En los últimos años se ha consolidado como el principal destino urbano de España y uno de los principales de Europa, con 10,2 millones de turistas en el 2018 (INE). La potencialidad turística de la ciudad de Madrid se basa en una amplia y variada gama de recursos turísticos que se alinean en una interesante oferta cultural, una substancial oferta para el turismo de negocios y congresos Madrid, una importante oferta gastronómica, comercial y de ocio diurno y nocturno. Esta oferta se ve reforzada por la posición estratégica de la ciudad como nodo de comunicaciones por la importante red de infraestructuras de transporte —aeropuerto, ferrocarril, red radial de carreteras— y por la extensa oferta de alojamiento.

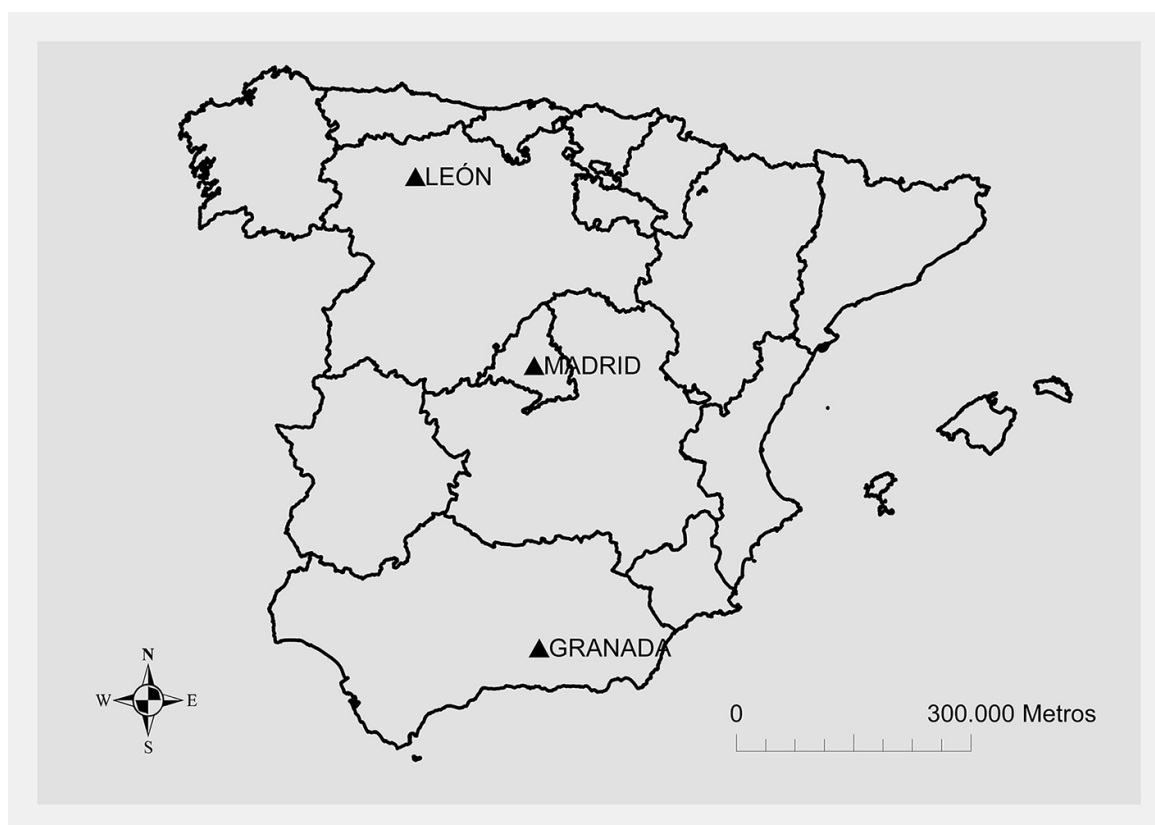
La ciudad de Granada se localiza en el sur de la península ibérica y constituye un nodo turístico urbano consolidado y uno de los referentes del turismo de interior en España, por su proyección turística nacional e internacional. En el 2018 la visitaron 1,9 millones de turistas (INE). Su oferta turística se apoya en un extenso patrimonio histórico —con el conjunto monumental de la Alhambra como principal atractivo turístico—, una importante actividad de congresos y ferias, y una extensa oferta cultural, gastronómica y de ocio nocturno.

Las tres ciudades pertenecen al dominio del clima mediterráneo continentalizado pero cada una con características climáticas propias. Los rasgos climáticos comunes son:

- estacionalidad de las temperaturas, con un invierno largo y frío, un verano corto y cálido y dos periodos de transición: primavera y otoño.

- amplitud térmica diaria muy elevada con una gran diferencia entre el valor máximo de temperatura diario y el mínimo nocturno —en ocasiones por encima de 20°C—.
- precipitaciones son escasas y un régimen pluviométrico donde las precipitaciones se producen en los meses otoñales, invernales y primaverales, con un periodo estival muy seco.

Figura 1. Localización de las ciudades



Elaboración propia

El clima de la ciudad de Madrid se caracteriza por ser un clima urbano que introduce anomalías en el clima regional. El clima se ve modificado por la isla de calor urbano (UHI) cuyo aspecto más relevante es el aumento de temperatura que origina con respecto a los alrededores de la ciudad. Uno de los impactos más negativos es la agudización del estrés térmico con repercusiones muy importantes en la salud, especialmente durante las olas de calor, cuyos efectos se ven agudizados como consecuencia de la isla de calor urbana (Fernández y Martilli, 2012). El clima de la ciudad de Granada se caracteriza por: un invierno con temperaturas no excesivamente frías (por encima de los 10°C); un verano muy caluroso y seco, con temperaturas por encima de los 35°C; y una primavera y otoño de temperaturas suaves (Tabla 2). El clima de León se define por: un invierno muy frío, con temperaturas máximas por debajo de 10°C, un periodo estival corto y suave, con pocos días de temperaturas por encima de los 35°C y dos periodos breves de transición: primavera y otoño. (Tabla 3).

Tabla 1. Datos climáticos mensuales de la ciudad de Madrid. Tmax (Temperatura máxima media mensual), Tmin (Temperatura mínima media mensual) y Pp (Precipitación total mensual)

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sept	oct	nov	dic
Tmax	12,4	14,8	19,2	21,5	25,7	32,7	35,0	34,8	30,4	22,9	16,4	12,3
Tmin	4,4	5,2	8,1	9,9	13,5	19,1	20,9	21,0	17,3	12,9	8,0	4,5
Pp	33	34	25	45	50	21	12	10	22	60	58	51

Fuente: Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). Elaboración propia

Tabla 2. Datos climáticos mensuales de la ciudad de Granada. Tmax (Temperatura máxima media mensual), Tmin (Temperatura mínima media mensual) y Pp (Precipitación total mensual)

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sept	oct	nov	dic
Tmax	13,4	14,3	17,8	20,9	25,4	31,0	35,2	34,9	30,0	24,9	18,4	14,0
Tmin	0,6	1,9	3,4	6,7	9,5	13,1	15,6	15,6	12,6	9,2	4,0	1,0
Pp	42	38	32	36	28	11	2	4	19	40	54	56

Fuente: AEMET. Elaboración propia

Tabla 3. Datos climáticos mensuales de la ciudad de León. Tmax (Temperatura máxima media mensual), Tmin (Temperatura mínima media mensual) y Pp (Precipitación total mensual)

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sept	oct	nov	dic
Tmax	4,7	6,2	10,1	12,9	16,1	20,9	24,3	24,4	21,0	16,0	9,6	5,2
Tmin	-0,7	-0,3	1,3	3,9	6,4	10,0	11,8	12,1	9,9	7,3	3,1	-0,4
Pp	50	34	32	45	56	31	19	23	39	61	59	66

Fuente: AEMET. Elaboración propia

La metodología propuesta para analizar y caracterizar los modelos de aptitud climático-turística —distribución temporal de las distintas categorías de idoneidad del clima como recurso turístico— actuales y futuros, se basa en la implementación del Índice Climático-Turístico de Interior (ICTI) desarrollado por Millán (2017). Este índice es producto de la modificación y adaptación a las características y condiciones del turismo de interior en España del índice TCI (Tourism Climate Index) de Mieczkowski (1985). La principal modificación que incorpora el índice ICTI es la sustitución de la Effective Temperature (ET) —índice bioclimático incorporado en el TCI— por la Physiological Equivalent Temperature (PET). Esta modificación se justifica en que la PET es el índice bioclimático de mayor aceptación y difusión en Europa, es un índice más moderno, sofisticado y completo que la ET: a las variables climáticas comunes —temperatura, humedad relativa y velocidad del viento— añade la nubosidad y la radiación; permite introducir variables geográficas como latitud, longitud y altitud; también posibilita introducir parámetros personales; integra la temperatura radiante media —que representa el calor emitido en forma de radiación por los elementos del entorno— y, por último, incorpora la vestimenta con el índice clo —índice que mide el aislamiento térmico que proporciona la ropa— (Millán y Fernández, 2018). En el proceso de adaptación se incorporan otras modificaciones en la ponderación de los valores de los cinco subíndices que integran el ICTI: un cambio en la escala temporal —pasa a ser diario frente al carácter mensual del TCI— y se reducen las categorías de aptitud climático-turística —de 10 a 5 con el fin de facilitar la lectura y comprensión de los resultados—.

El índice ICTI integra los efectos de todas las facetas del clima: térmica, física y estética. Su estructura se basa en variables como el confort térmico calculado con el índice termofisiológico PET (Physiological Equivalent Temperature), la velocidad del viento (km/h), horas de sol y la precipitación total (mm./día). El índice ICTI tiene una aplicación mensual, diaria y horaria, y su estructura se basa en la integración de cuatro subíndices (Tabla 4):

- Subíndice térmico. Se compone de dos índices separados: índice de confort diurno (ICD) —calculado con la PETmax— e índice de confort nocturno (ICN) —calculado con la PETmin— y se computa con el modelo Rayman (Matzarakis y Endler, 2010). El ICD contribuye en un 40% al valor total del ICTI y representa el confort térmico cuando se realiza la actividad turística. Se calcula a partir de las variables climáticas de temperatura del aire máxima (°C), humedad relativa mínima (%), velocidad del viento (ms), radiación solar ( $Wm^2$ ) y cloud cover (octas). El cálculo se realiza a partir de dos supuestos: la PET máxima calculada con Tmrt (Temperatura radiante media) igual a la temperatura del aire ( $Tmrt=Ta$ ) y la PET máxima calculada con Tmrt obtenida con el modelo Rayman ( $Tmrt\neq Ta$ ). El ICN contribuye en un 10% al valor total del ICTI y representa el confort térmico nocturno. Se calcula a partir de las variables climáticas de temperatura del aire mínima (°C), humedad relativa máxima (%), velocidad del viento (km/h), radiación solar ( $Wm^2$ ) y cloud cover (octas). En el cálculo de la PETmin se utiliza la Tmrt igual a la temperatura del aire.

- Subíndice precipitación: se calcula con la variable precipitación en mm./día. Representa el 20% del total del ICTI. Refleja el impacto negativo que este elemento tiene sobre las actividades al aire libre.
- Subíndice horas de sol: representa el 20% del total del ICTI. Es un índice positivo para la realización de la actividad turística.
- Subíndice viento: representa el 10% del total del ICTI. El efecto de este índice depende de la temperatura. Es positivo en situaciones de enfriamiento por evaporación en los climas cálidos y negativos en climas fríos por la sensación térmica.

Tabla 4. Ponderación de los componentes del índice ICTI

FACETAS	VARIABLES CLIMÁTICAS	SUBÍNDICES	PESO%
TÉRMICA	Índice de confort termofisiológico: PETmax y PETmin:	PETmax	40%
		PETmin	10%
FÍSICA	Índice Precipitación diaria en mm./día	Precipitación (Pp)	20%
	Índice de Viento. km/h	Viento (Vv)	10%
ESTÉTICA	Índice de Insolación: Horas de sol	Insolación (hs)	20%

Fuente: Millán y Fernández (2018)

El índice global ICTI toma la siguiente expresión:

$$ICTI = 2 * (4PETmax + 1PETmin + 2Pp + 1Vv + 2hs)$$

(PETmax: Temperatura Fisiológica Efectiva Máxima; PETmin: Temperatura Fisiológica Efectiva Mínima; Pp: Precipitación; Vv: Viento; hs: Horas de Sol)

Cada una de estas variables se convierte en un subíndice, con valores que van desde 5 —rangos de valores acotados— para los más favorables, hasta valores negativos para los más desfavorables (Millán y Fernández, 2018) (Tabla 5).

Tabla 5. Ponderación de valores de los subíndices integrados dentro del ICTI

VALOR ÍNDICE ICTI PETMAX Y PETMIN (°C)		VALOR ÍNDICE ICTI HORAS DE SOL	
-1	inferior a 8	5	10 o más
0	superior a 8 e inferior a 13	4,5	9 a 9,59
3	superior a 13 e inferior a 18	4	8 a 8,59
5	superior a 18 e inferior a 23	3,5	7 a 7,59
3	superior a 23 e inferior a 29	3	6 a 6,59
0	superior a 29 e inferior a 35	2,5	5 a 5,59
-1	superior a 35	2	4 a 4,59
		0	inferior a 4
VALOR ÍNDICE ICTI PRECIPITACIÓN (mm)		VALOR ÍNDICE ICTI VIENTO (km/h)	
5	inferior a 1	5	inferior a 2,88
2	superior a 1 e inferior a 5	4	inferior a 5,75
0	superior a 5 e inferior a 10	3	inferior a 9,03
-1	superior a 10 e inferior a 15	2	inferior a 12,23
-2	superior a 15 e inferior a 20	1	inferior a 19,79
-3	superior a 20	-1	inferior a 24,29
		-2	superior a 24,29

Fuente: Millán y Fernández (2018)

Las categorías de aptitud climático-turística se reducen a 5 con el fin de facilitar la lectura y comprensión de los resultados (Tabla 6):



Tabla 6. Categorías de aptitud climático-turística del ICTI

CATEGORÍA ICTI	CÓDIGO	VALOR
Óptimo	5	70-100
Muy Bueno	4	60-69
Bueno	3	50-59
Desfavorable	2	30-49
Muy desfavorable	1	<30

Fuente: Millán y Fernández (2018)

Para el análisis y caracterización del modelo de aptitud climático-turístico actual se utilizan datos climáticos provenientes de estaciones meteorológicas de distintas redes:

- Datos Madrid: Red de Estaciones de Contaminación del Aire y Red de estaciones del AGMA (Área de Gobierno de Medioambiente) (2018) —ambas pertenecientes al Ayuntamiento de Madrid— y red de estaciones de la AEMET (2018b).
- Datos León: red de estaciones de la AEMET (2018b) y red de estaciones INFORIEGO (2018) —SIAR (Sistema de Información Agroclimática para el Regadío) e ITACyL (Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León)—.
- Datos Granada: red de estaciones de la AEMET (2018b) y Red Agroclimática de la Junta de Andalucía (2018).

Los datos obtenidos de las distintas redes han sido datos diarios de las variables climáticas de temperatura máxima y mínima, humedad relativa máxima y mínima, velocidad del viento, precipitación y nubosidad. Para cada ciudad se crea una base de datos con series largas (2005-2015) a las que se le realiza un control de calidad y validación. Se identifica y se elimina las lagunas, gaps y valores anómalos o singulares, reemplazándolos con valores estimados a partir de los datos de observatorios cercanos. La apertura de datos climáticos (Open data) por la AEMET a nivel estatal y por distintas fuentes a nivel regional —comunidades autónomas— y local —ayuntamientos— ha facilitado la obtención de periodos de referencia iguales en las series climáticas de las tres ciudades para que sean comparables.

Los datos usados en el planteamiento de los escenarios futuros de los modelos climático-turísticos han sido obtenidos de la AEMET —periodo 2011-2040—. Se trata de datos de proyecciones regionalizadas de cambio climático del proyecto ENSEMBLES de la Unión Europea. Estas proyecciones son obtenidas a partir de modelos climáticos globales con técnicas de regionalización dinámica para obtener resultados a menor escala (AEMET, 2018a). Estas técnicas tienen la ventaja de proporcionar una descripción de la atmósfera basada en todas las variables del modelo. Se obtienen datos diarios de las variables usadas en el cálculo del ICTI para los distintos modelos, almacenados en formato ASCII que forman una Grid X-Y con un número determinado de celdillas en dirección longitudinal (oeste-este) y latitudinal (norte-sur) respectivamente. Las incertidumbres generadas por las proyecciones (emisiones GEI, modelos globales, variabilidad del modelo y sobre las técnicas empleadas) se limitan en el proyecto ENSEMBLES mediante distintas técnicas.

Los modelos climático-turísticos propuestos son simulaciones realizadas a partir del escenario de emisiones SRESA1B del proyecto ENSEMBLES —escenario de emisiones medias y que no tiene en cuenta las medidas de mitigación—. Los escenarios de emisiones —SRES (Special Report on Emission Scenarios)— están elaborados a partir marco general proporcionado por el informe especial sobre escenarios de emisiones elaborado por el IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Es el escenario que se considera más probable —en caso de que no se adopten medidas de mitigación de los efectos del cambio climático— y se sitúa entre los escenarios SRESA2 —escenario con emisiones altas— y SRESB2 —escenario con emisiones bajas— del proyecto PRUDENCE —proyecto anterior a ENSEMBLES— (AEMET, 2018a).

### 3. Resultados

En la caracterización de los modelos de aptitud climático-turística actuales y futuros de las ciudades integradas en esta investigación se realiza un estudio a escala diaria. Esta escala temporal permite desarrollar tres tipos de análisis distintos:

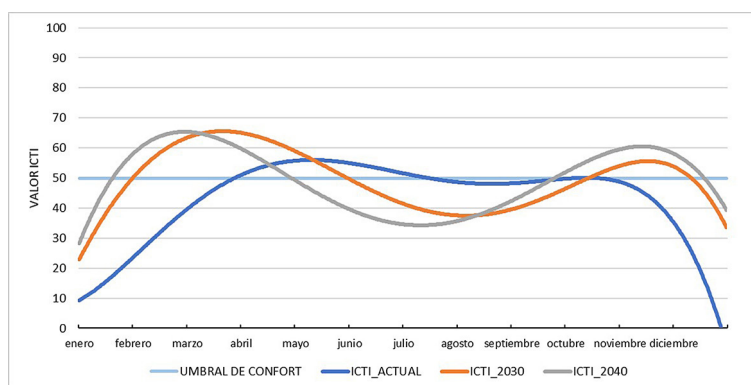
- Definición del patrón de aptitud diario: análisis de la distribución anual conceptual del recurso clima para describir el tipo de estacionalidad de cada ciudad.
- Categorización del modelo en periodos diarios intermensuales e interestacionales de aptitud climático-turística: se establecen periodos de confort y desconfort climático a partir del análisis del ICTI diario mediante tablas dinámicas en la hoja de cálculo Excel.
- Análisis de la frecuencia mensual de días con aptitudes favorables o desfavorables para la actividad turística. Para obtener la frecuencia mensual se calcula para cada mes el porcentaje de días de las categorías de aptitud climático-turística.

Para realizar estos análisis se implementa el índice ICTI a partir de los datos obtenidos del cálculo del año medio del periodo 2005-2015 para cada una de las variables climáticas.

### 3.1. Ciudad de Madrid

El modelo climático-turístico actual de la ciudad de Madrid se caracteriza por las modificaciones que introduce el clima urbano sobre las condiciones climático-turísticas que rodean a la ciudad. El patrón de distribución de aptitud climático-turística que presenta el modelo de Madrid coincide con el denominado «máximo bimodal» (bimodal-shoulder peaks) (Scott & McBoyle, 2001). En este patrón se producen tres situaciones de confort climático-turístico: un grupo de meses desfavorables para la actividad turística, un grupo de meses favorables y un grupo de meses de transición. A corto plazo ya se van a notar los efectos del cambio climático sobre el actual modelo de aptitud climático-turística de la ciudad de Madrid, pero es a medio plazo cuando estos son más visibles. Este patrón se mantiene para los escenarios futuros, pero con cambios significativos que se reflejan en: una prolongación progresiva hasta 2040 de la curva negativa —escenarios con aptitud «desfavorable»— desde los meses estivales hacia los meses primaverales, y un desplazamiento de la curva positiva hasta el 2040 —escenarios con aptitud «favorable»— desde los meses primaverales y otoñales hacia los meses invernales (Figura 2). Estos cambios también se reflejan en un aumento de las condiciones de desconfort en la época estival de «desfavorables» a «muy desfavorables» por el aumento y agravamiento de las situaciones por calor extremo.

Figura 2. Modelo de simulación de evolución diaria del ICTI para los escenarios 2030/40 en la ciudad de Madrid



Elaboración propia

En la categorización de periodos de aptitud climático-turística para los escenarios en la ciudad de Madrid también se producen cambios significativos (Tabla 7):

- Periodo desfavorable invernal: se produce una severa disminución de días con aptitud «desfavorable» por frío —de 135 días en la actualidad, a 76 en el 2030 y a 61 en el 2040—. En el modelo actual el periodo de desconfort por frío se extiende desde el 1 de noviembre hasta el 15 de marzo; en el 2030 del 16 de noviembre al 31 de enero. En el 2040 estos cambios se profundizan notablemente y este periodo se extiende desde el 1 de diciembre al 31 de enero.
- Periodo desfavorable estival: en el periodo de desconfort por calor se van a producir notables cambios, con un importante aumento de los días con aptitud «desfavorable» que se desplazan hacia los meses primaverales y otoñales —desde 107 días que en la actualidad presentan desconfort por calor, a 167 en el 2030 y 198 en el 2040—. En la actualidad este periodo comprende desde el 1 de junio



hasta el 15 de septiembre; en el 2030 desde el 1 de mayo al 15 de octubre y en el 2040 este periodo comprende desde el 1 de abril al 15 de octubre.

- Periodo favorable primaveral: en el caso del periodo favorable primaveral se produce un desplazamiento del periodo hacia los meses invernales con dos situaciones: una dilatación hasta el 2030, a partir del cual se produce una disminución hacia el 2040 —59 días con aptitud favorable—. En la actualidad este periodo se extiende desde el 16 de marzo a 31 de mayo; en el 2030 del 1 de febrero al 30 de abril y en el 2040 del 1 de febrero al 31 de marzo.
- Periodo favorable otoñal: en este periodo los cambios en el modelo se orientan en un desplazamiento de las aptitudes favorables hacia noviembre y su desaparición en septiembre, aunque el número de días favorables no se reduce en ninguno de los escenarios. En la actualidad este periodo se extiende desde el 16 de septiembre al 31 de octubre; en el 2030 del 16 de octubre al 15 de noviembre y en el 2040 del 15 de octubre al 30 de noviembre.

Tabla 7. Periodos de aptitud climático-turística para los distintos escenarios en la ciudad de Madrid

ESCENARIO	PERIODO	AMPLITUD TEMPORAL	CATEGORÍA	APTITUD
ACTUAL	Invernal	01/11-15/03	Disconfort por frío	Desfavorable
	Primaveral	16/03-31/05	Confortable	Favorable
	Estival	01/06-15/09	Disconfort por calor	Desfavorable
	Otoñal	16/09-31/10	Confortable	Favorable
2030	Invernal	16/11-31/01	Disconfort por frío	Desfavorable
	Primaveral	01/02/30/04	Confortable	Favorable
	Estival	01/05-15/10	Disconfort por calor	Desfavorable
	Otoñal	16/10-15/11	Confortable	Favorable
2040	Invernal	01/12-31/01	Disconfort por frío	Desfavorable
	Primaveral	01/02-31/03	Confortable	Favorable
	Estival	01/04-15/10	Disconfort por calor	Desfavorable
	Otoñal	16/10-30/11	Confortable	Favorable

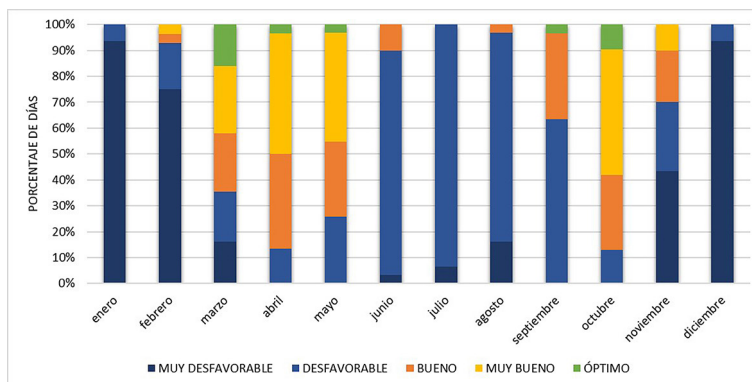
Elaboración propia

En la frecuencia mensual de los valores ICTI para los escenarios 2030/40 se observan importantes cambios (Figuras 3, 4 y 5):

- En el modelo actual, en los meses de disconfort por frío, el 100% de los días tienen aptitud «desfavorable» o «muy desfavorable» (enero, diciembre y febrero) y hasta un 70% en noviembre. En el periodo de disconfort por calor la frecuencia mensual indica que junio, julio y agosto son los meses con un mayor porcentaje de días con aptitudes desfavorables. En agosto y julio el porcentaje alcanza el 100%, y en junio el 90% de los días presentan aptitudes desfavorables —en septiembre este rango alcanza el 60%—. En el modelo actual marzo, abril, mayo y octubre destacan como los meses con un mayor porcentaje de días con aptitudes favorables (hasta el 90%).
- En el escenario 2030 la distribución de la frecuencia mensual de las categorías de aptitud climático-turística experimenta trascendentales modificaciones. En el grupo de meses con disconfort por frío la modificación se dirige hacia la aparición y aumento significativo del porcentaje de días con aptitudes de confort para la actividad turística. En diciembre y febrero la frecuencia de días con confort alcanza hasta un 60% y en noviembre hasta el 70%. Otro factor para tener en cuenta es la aparición de un importante porcentaje de días con aptitud «óptimo», ya que esta aptitud hace presencia de forma significativa en meses como febrero, noviembre y diciembre. En el grupo de meses con disconfort por calor también se producen importantes cambios en este escenario: el porcentaje de días con aptitudes desfavorables aumentan en junio en junio y septiembre hasta un 100% de días y octubre por encima del 50%. En este escenario se incorpora en este grupo mayo con 70% de días con aptitud desfavorables. Respecto al grupo de meses favorables abandona este grupo octubre —por aumento de días de disconfort por calor— y se incorporan febrero, noviembre y diciembre —por el aumento de días con confort—.
- En el escenario 2040 la evolución en la frecuencia mensual se mantiene respecto al escenario anterior. En el grupo de meses con disconfort por frío continúa aumentando los días con aptitudes de

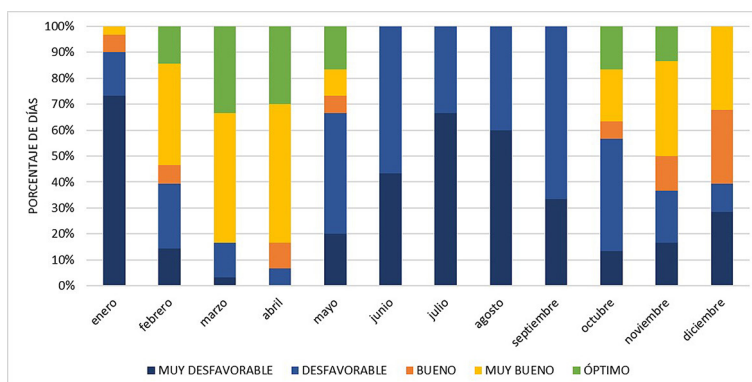
confort. En enero aumenta el porcentaje de días con aptitudes favorables hasta el 40% y en diciembre se incrementan ligeramente. En febrero y noviembre el porcentaje de días con aptitudes favorables se sitúan por encima del 90%. En el grupo de meses de disconfort por calor (junio, julio, agosto y septiembre) conservan un 100% de días de aptitudes desfavorables, mayo aumenta hasta un 90% de los días, octubre se mantiene con el mismo porcentaje que en el 2030 y se incorpora al grupo abril con un 60% de días de disconfort. Tanto en el escenario 2030 y 2040 se produce un aumento significativo de los días con aptitud «muy desfavorable», como consecuencia directa del incremento de días con calor extremo. El grupo de meses favorables para la actividad turística experimenta una importante modificación: salen abril y mayo —por aumento de días de disconfort por calor—.

Figura 3. Frecuencia mensual de las categorías de aptitud climático-turística para el escenario actual en la ciudad de Madrid



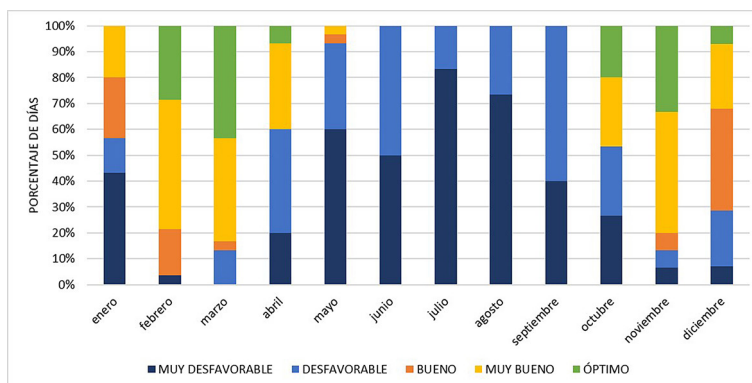
Elaboración propia

Figura 4. Frecuencia mensual de las categorías de aptitud climático-turística para el escenario 2030 en la ciudad de Madrid



Elaboración propia

Figura 5. Frecuencia mensual de las categorías de aptitud climático-turística para el escenario 2040 en la ciudad de Madrid



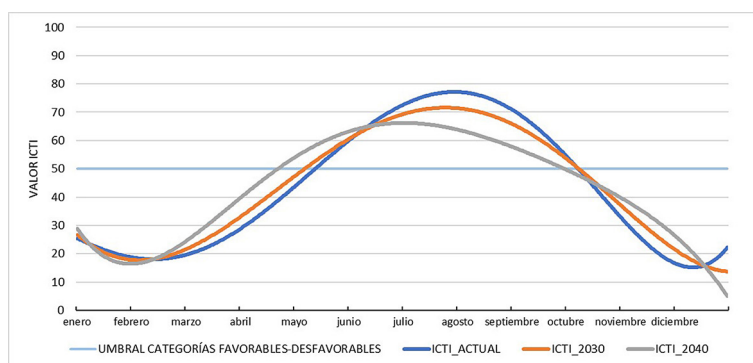
Elaboración propia

### 3.2. Ciudad de León

El modelo de aptitud climático-turística actual de la ciudad de León coincide con el patrón definido por Scott & McBoyle (2001) como «máximo de verano» (summer peaks). El modelo presenta una distribución de aptitud climático-turística donde las situaciones óptimas de confort se producen en la época estival con dos situaciones de confort climático-turístico: un periodo favorable y un periodo de meses desfavorables de disconfort por frío.

Este modelo se mantiene siguiendo el patrón de «máximo de verano» hasta 2040 pero con importantes transformaciones en la distribución del confort. El impacto del cambio climático sobre el modelo va a provocar hasta el 2030 una prolongación de los días con aptitud favorable hacia los meses primaverales y otoñales. Estas modificaciones sobre el modelo se prolongan hasta el 2040, donde este aumento de días con aptitudes favorables seguirá de manera significativa en los meses primaverales. Estos cambios también se manifestarán en una disminución en las categorías de confort en los meses estivales desde valores «óptimo» hacia valores «muy bueno» y «bueno». Sin embargo, en los meses invernales el modelo no sufre grandes cambios, ya que persistirán las situaciones desfavorables de disconfort por frío, aunque menos acentuadas (Figura 6).

Figura 6. Modelo de simulación de evolución diaria del ICTI para los escenarios 2030/40 en la ciudad de León



Elaboración propia

En el modelo climático-turístico actual de la ciudad de León se clasifica en dos periodos: otoñal-invernal-primaveral —disconfort por frío— y primaveral-estival-otoñal —confort—. Esta categorización se mantiene hasta el 2040 pero con importantes cambios en su distribución temporal (Tabla 8):

- Periodo desfavorable otoñal-invernal-primaveral: se produce una disminución progresiva de días con aptitud «desfavorable» por frío hasta el 2040 —de 198 días en la actualidad, a 167 en el 2030 y a 152 en el 2040— por el aumento de la temperatura en los meses primaverales y otoñales. En la actualidad el periodo de disconfort por frío se extiende desde el 16 de octubre hasta el 30 de abril y en el 2030 del 1 de noviembre hasta el 15 de abril. En el 2040 la disminución de días de disconfort por frío se produce exclusivamente en la época primaveral, prolongándose el periodo desde el 1 de noviembre hasta el 31 de marzo.

Tabla 8. Periodos de aptitud climático-turística para los distintos escenarios en la ciudad de León

ESCENARIO	PERIODO	AMPLITUD TEMPORAL	CATEGORÍA	APTITUD
ACTUAL	Otoñal-invernal-primaveral	16/10-30/04	Disconfort por frío	Desfavorable
	Primaveral-estival-otoñal	01/05-15/10	Confortable	Favorable
2030	Otoñal-invernal-primaveral	01/11-15/04	Disconfort por frío	Desfavorable
	Primaveral-estival-otoñal	16/04-31/10	Confortable	Favorable
2040	Otoñal-invernal-primaveral	01/11-31/03	Disconfort por frío	Desfavorable
	Primaveral-estival-otoñal	01/04-31/10	Confortable	Favorable

Elaboración propia

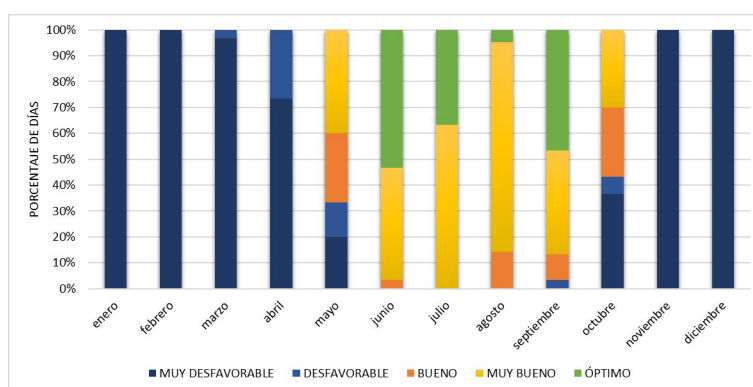
- Periodo favorable primaveral-estival-otoñal: en este periodo favorable los cambios son importantes para la actividad turística, ya que se produce una ampliación de las situaciones de confort hacia

los meses primaverales y otoñales hasta el 2040. En el modelo actual en este periodo comprende 167 días de aptitud favorable, en el 2030 aumenta hasta 198 días y en el 2040 hasta 213 días. En la actualidad este periodo se extiende desde el 1 de mayo hasta el 15 de octubre: en el 2030 del 16 de abril hasta el 31 de octubre y en el 2040 del 1 de abril hasta el 31 de octubre (Tabla 8).

En el análisis frecuencia mensual de los valores ICTI para los escenarios 2030/40 se observan de nuevo significativas transformaciones en el modelo (Figuras 7, 8 y 9):

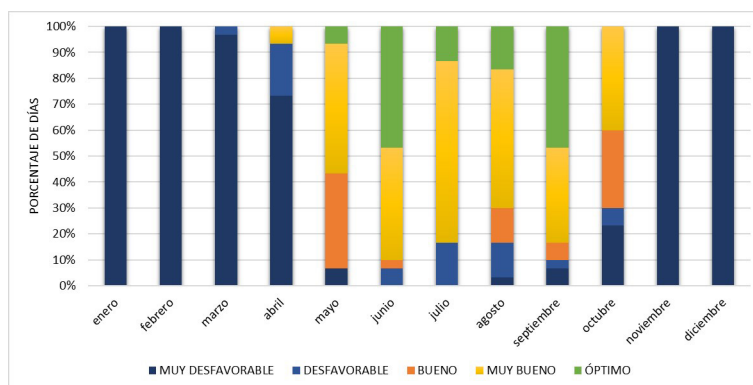
- En el modelo actual los meses con desconfort por frío —desde noviembre hasta abril— prácticamente el 100% de los días tiene categoría «muy desfavorable». La categoría de confortabilidad climático-turística se alcanza en los meses estivales, puesto que presentan un 100% de los días dentro del rango de aptitudes favorables. En estos meses destaca el alto porcentaje de días con aptitud «muy bueno» (80% en agosto) y «óptimo» (55% en junio). En este grupo junto a los meses estivales aparecen mayo y octubre —hasta un 70% de días con aptitudes favorables—.
- En el escenario 2030 en los meses estivales surgen días con aptitudes desfavorables de desconfort por calor, aunque se mantiene un alto porcentaje de días con aptitudes favorables —disminuyen significativamente los días con aptitud de «óptimo»—. En este escenario aumentan los días con aptitudes favorables en mayo (95%) octubre (70%) y comienzan a aparecer días favorables en abril con un pequeño porcentaje (10%). En los meses de desconfort por frío se mantiene el 100% de días con aptitud «muy desfavorable».
- En el escenario 2040 en el modelo se producen importantes transformaciones. En la época estival aumentan significativamente el porcentaje de días con categoría de desconfort por calor, especialmente en julio y agosto donde aumentan hasta un 55% y 70%. Junio, mayo y septiembre se convierten en los meses de mayor confortabilidad, y en abril el 55% de los días tienen aptitudes favorables. Desde noviembre a marzo se mantiene el 100% de días con desconfort por frío, pero con un 100% de días con aptitudes que se transforman de «muy desfavorable» a «desfavorable» —exceptuando enero—.

Figura 7. Frecuencia mensual de las categorías de aptitud climático-turística para el escenario actual en la ciudad de León



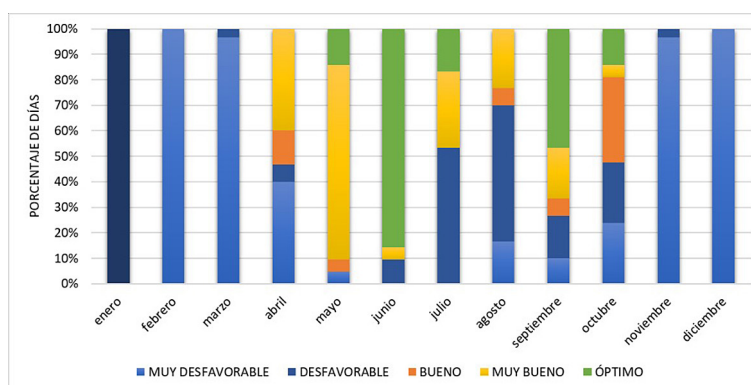
Elaboración propia

Figura 8. Frecuencia mensual de las categorías de aptitud climático-turística para el escenario 2030 en la ciudad de León



Elaboración propia

Figura 9. Frecuencia mensual de las categorías de aptitud climático-turística para el escenario 2040 en la ciudad de León

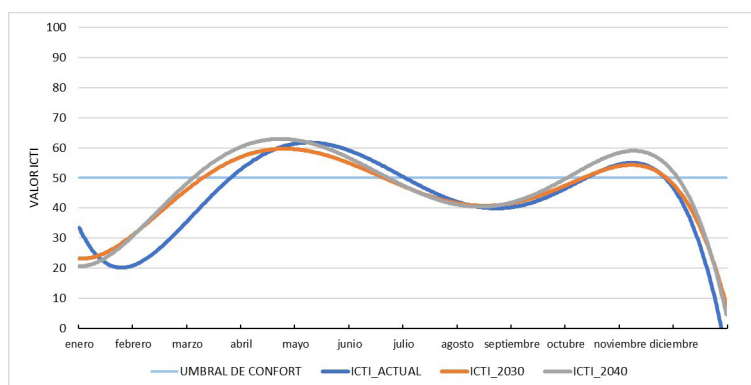


Elaboración propia

### 3.3. Ciudad de Granada

El modelo de aptitud climático-turística de la ciudad de Granada en la actualidad coincide con el patrón denominado «máximo bimodal» (bimodal-shoulder peaks) (Scott & McBoyle, 2001). En el modelo se producen circunstancias homologas al modelo de la ciudad de Madrid, con tres situaciones de confort climático-turístico distintas: un grupo de meses desfavorables para la actividad turística, un grupo de meses favorables y un grupo de meses de transición. En este modelo se van a producir importantes modificaciones en los escenarios propuestos, y ya en el 2030 los efectos del cambio climático serán significativos. El patrón «máximo bimodal» se mantiene hasta el 2040 pero con profundas modificaciones. Estas se dirigen hacia un aumento progresivo de los escenarios aptitud «desfavorable» hasta el 2040 en los meses primaverales, y un desplazamiento de los escenarios con aptitud «favorable» desde los meses primaverales y otoñales hacia los meses invernales (Figura 10).

Figura 10. Modelo de simulación de evolución diaria del ICTI para los escenarios 2030/40 en la ciudad de Granada



Elaboración propia

El modelo climático-turístico de la ciudad de Granada actual se categoriza en cuatro periodos —dos favorables y dos desfavorables— en los que se producen cambios significativos en los escenarios 2030/40 (Tabla 9):

- Periodo desfavorable invernal: periodo caracterizado por categoría de disconfort por frío y en el que se produce una significativa contracción de días con aptitud «desfavorable», desde el modelo actual a los modelos de los escenarios futuros —de 120 días en la actualidad, a 90 en el 2030 y a 77 en el 2040—. En la actualidad el periodo de disconfort por frío se extiende desde el 16 de noviembre hasta el 15 de marzo y en el 2030 del 1 de diciembre al 28 de febrero. En el 2040 el periodo de disconfort por frío se contrae notablemente y se extiende desde el 1 de diciembre al 14 de febrero.
- Periodo desfavorable estival: periodo caracterizado por categoría de disconfort por calor y en el que también se van a producir notables cambios, en este caso con un aumento considerable de días con aptitud «desfavorable» —desde los 92 días que en la actualidad presentan disconfort por calor, a

107 en el 2030 y 122 en el 2040—. En la actualidad el periodo de disconfort por calor comprende desde el 16 de junio hasta el 15 de septiembre; en el 2030 desde el 1 de junio al 15 de septiembre y en el 2040 este periodo comprende desde el 1 de junio al 30 de septiembre.

- Periodo favorable primaveral: periodo de aptitud «favorable» y categoría de confort en que los efectos del cambio climático tienen dos consecuencias: en el 2030 un desplazamiento del periodo hacia el mes de marzo y una ausencia de días favorables en el mes de junio, sin embargo, el número de días en el periodo es idéntico que en el modelo actual (92 días). En el 2040 el desplazamiento de días favorables se alarga hasta el mes de febrero y aumenta los días con confort (105 días). En el modelo actual el periodo comprende desde el 16 de marzo al 15 de junio; en el 2030 del 1 de marzo al 31 de mayo y en el 2040 del 15 de febrero al 31 de mayo.
- Periodo favorable otoñal: periodo de aptitud «favorable» y categoría de confort donde los cambios en el modelo se dirigen hacia dos efectos: en el 2030 se produce un aumento de los días con confort en noviembre —de 61 en la actualidad a 76—. En el 2040 se produce una contracción de días con confort desapareciendo en septiembre, lo que provoca que el periodo vuelva a comprender 61 días. En la actualidad este periodo se extiende desde el 16 de septiembre al 15 de noviembre; en el 2030 del 16 de septiembre al 30 de noviembre y en el 2040 del 1 de octubre al 30 de noviembre.

Tabla 9. Periodos de aptitud climático-turística para los distintos escenarios en la ciudad de Granada

ESCENARIO	PERIODO	AMPLITUD TEMPORAL	CATEGORÍA	APTITUD
ACTUAL	Invernal	16/11-15/03	Disconfort por frío	Desfavorable
	Primaveral	16/03-15/06	Confortable	Favorable
	Estival	16/06-15/09	Disconfort por calor	Desfavorable
	Otoñal	16/09-15/11	Confortable	Favorable
2030	Invernal	01/12-28/02	Disconfort por frío	Desfavorable
	Primaveral	01/03-31/05	Confortable	Favorable
	Estival	01/06-15/09	Disconfort por calor	Desfavorable
	Otoñal	16/09-30/11	Confortable	Favorable
2040	Invernal	01/12-14/02	Disconfort por frío	Desfavorable
	Primaveral	15/02-31/05	Confortable	Favorable
	Estival	01/06-30/09	Disconfort por calor	Desfavorable
	Otoñal	01/10-30/11	Confortable	Favorable

Elaboración propia

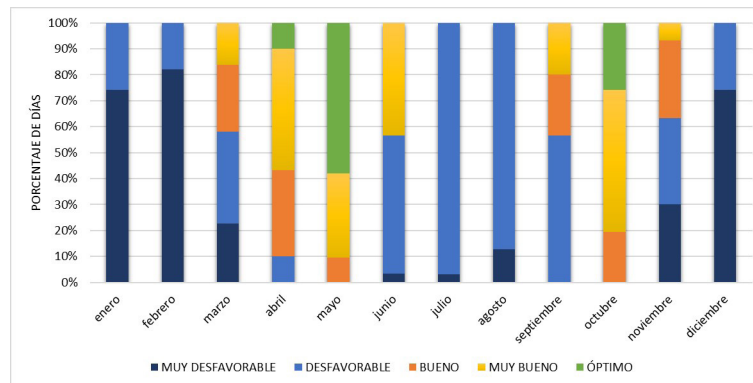
El análisis de la frecuencia mensual de los valores ICTI muestran de nuevo que los efectos del cambio climático sobre el modelo de aptitud climático-turística en la ciudad de Granada van a introducir importantes modificaciones (Figuras 11, 12 y 13):

- En el modelo actual —en el periodo de disconfort por frío— el 100% de los días tienen aptitud «desfavorable» o «muy desfavorable» en los meses de enero, diciembre y febrero —hasta un 60% en marzo y noviembre—. En el periodo de disconfort por calor en agosto y julio el 100% de los días presentan aptitudes desfavorables, mientras que en junio y septiembre este rango alcanza el 60%. Abril, mayo y octubre destacan como los meses con un mayor porcentaje de días con aptitudes favorables (hasta el 100%). Mayo se convierte en el mes con un porcentaje superior de días con aptitud «óptimo» (60%).
- En el escenario 2030 la frecuencia de días de disconfort por frío experimenta importantes cambios. Estos cambios se manifiestan en una disminución de los días de confort en los meses estivales y aumento de esta categoría en los invernales. Enero se mantiene como el único mes con el 100% de los días con aptitudes desfavorables. En febrero y diciembre aparece un pequeño pero significativo porcentaje de días con aptitudes favorables (10%). Noviembre y marzo se convierten en meses de transición con un 50% de días con categorías de confort. En los meses de disconfort por calor la frecuencia de días con aptitudes desfavorables aumenta en junio (80%) y septiembre (60%) y continua en el 100% en julio y agosto. También en octubre se producen situaciones de disconfort por calor —en un 10% de los días— escenario que no se da en la actualidad. En abril y mayo apenas se producen cambios, exceptuando la aparición de un pequeño porcentaje de días con disconfort por calor.
- En el escenario 2040 se siguen desarrollando importantes cambios en el modelo. Estos cambios se reflejan en un aumento considerable de los días con aptitudes favorables en los meses de disconfort



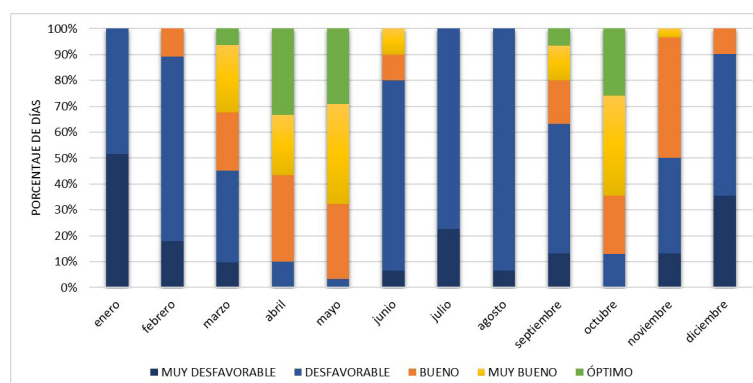
por frío, y un aumento de los días de disconfort en los meses estivales. En los meses con categoría de disconfort por frío enero es el único mes con un 100% días con aptitudes desfavorables. En diciembre y febrero se produce el descenso de días de disconfort (70%) y un sustancial aumento de días con confort (30%). Noviembre y marzo se convierten en meses favorables desde el punto de vista de la confortabilidad climático-turística, ya que el 70% de los días tienen aptitudes favorables. En la época estival aumentan significativamente la frecuencia de días con categoría de disconfort por calor, tanto en junio (90%) y septiembre (85%) por lo que se transforman en meses desfavorables. Julio y agosto continúan con un 100% de los días con categoría de disconfort. En octubre aumentan los días con aptitudes desfavorables por disconfort por calor hasta un 15%.

Figura 11. Frecuencia mensual de las categorías de aptitud climático-turística para el escenario actual en la ciudad de Granada



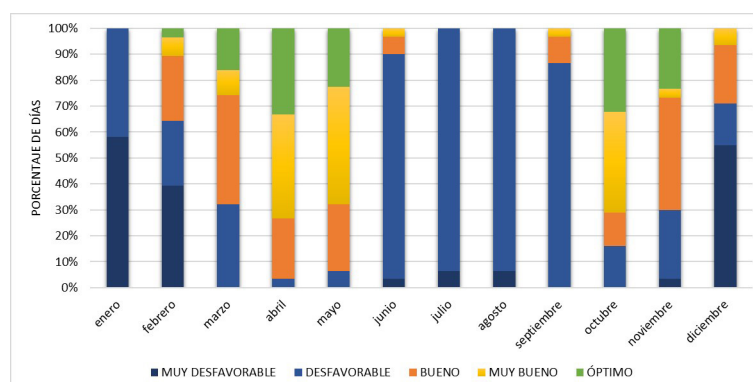
Elaboración propia

Figura 12. Frecuencia mensual de las categorías de aptitud climático-turística para el escenario 2030 en la ciudad de Granada



Elaboración propia

Figura 13. Frecuencia mensual de las categorías de aptitud climático-turística para el escenario 2040 en la ciudad de Granada



Elaboración propia

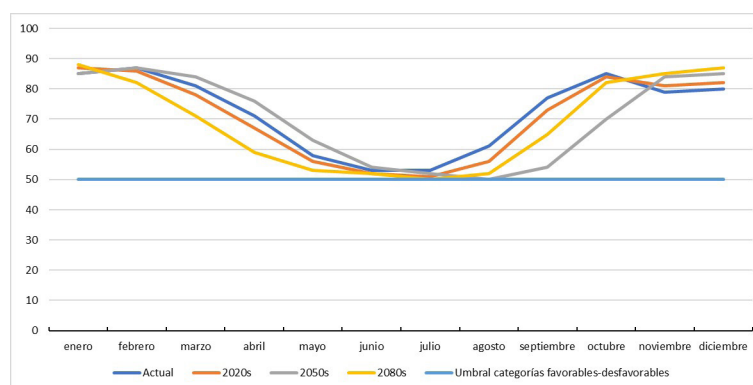
#### 4. Discusión de resultados

A pesar de la importancia socioeconómica que ha adquirido en los últimos años el sector turístico en las zonas urbanas del interior de España, los estudios de evaluación de los efectos reales del impacto del cambio climático en la actividad turística son escasos o prácticamente inexistentes en este ámbito. Existen dos estudios anteriores específicos sobre estos efectos: el primero —llevado a cabo por el Dr. Moreno— trata sobre la “Evaluación de la vulnerabilidad del turismo de interior frente a los impactos del cambio climático” (2010) y el segundo —desarrollado por el Dr. Tang— investiga en su Tesis Doctoral los efectos del cambio climático sobre la actividad turística en 15 ciudades europeas, entre las que se encuentra Madrid (2013).

En el primer estudio Moreno propone dos índices de idoneidad climático-turística separando el turismo cultural y de ciudad (Índice de idoneidad climática turística para el turismo cultural y de ciudad, ICTC) del turismo de naturaleza, montaña y rural (Índice de idoneidad climática turística para el turismo de naturaleza, montaña y rural, ICTN). Estos índices también son elaborados a partir del TCI de Mieczkowski y como señala el mismo autor «son una versión muy simplificada del TCI», ya que emplea solo dos subíndices de los cinco originales: la media mensual de las temperaturas máximas diarias y la precipitación mensual. El problema que presenta esta propuesta radica en la eliminación de la principal característica del índice TCI que le convierte en el más aceptado por la comunidad científica: la integración de todas las facetas del clima —térmica, física y estética—. Otro problema que muestra este estudio es que los resultados se presentan a escala anual —media anual del ICTC— y a escala estacional.

En el segundo estudio Tang analiza los modelos climático-turísticos actuales y futuros de 15 ciudades europeas, entre las que se encuentra la ciudad de Madrid. En este trabajo se propone un nuevo índice HCI (Holiday Climate Index) que es una modificación del TCI. Esta modificación se basa en el cambio en las ratios de confort de las variables climáticas y en la sustitución de la Temperatura Efectiva por la Temperatura del Bulbo Seco (Dry-bulb Temperature). El resultado de la aplicación en la ciudad de Madrid presenta importantes discordancias y distorsiones en la distribución temporal del modelo de aptitud climático-turístico, tanto en el actual como en los escenarios futuros. El modelo sigue el patrón «máximo de invierno» (winter peaks) en todos los escenarios propuestos —actual, 2020, 2050 y 2080— donde en los meses invernales se producen condiciones de confortabilidad con aptitud «óptimo» con sensaciones térmicas  $<8^{\circ}\text{C}$ . En los meses estivales también se originan discordancias, ya que con condiciones de desconfort por calor con sensaciones térmicas de  $>35^{\circ}\text{C}$  el índice HCI establece categorías de confortabilidad y aptitud «favorable» (Figura 14).

Figura 14. Modelo de simulación de evolución diaria del HCI para los escenarios actual y futuros (2020,2050 y 2080) en la ciudad de Madrid

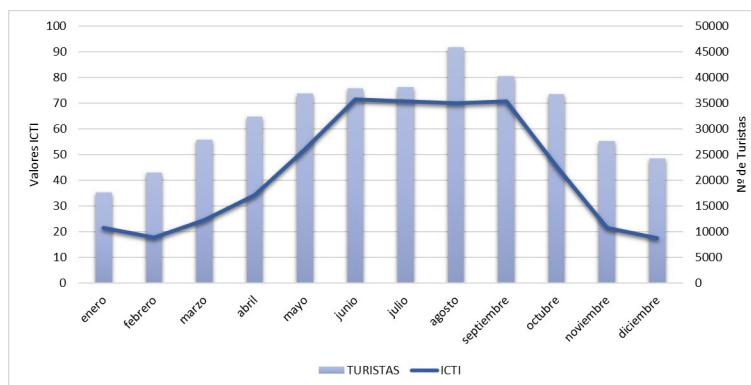


Fuente: Tang (2013). Elaboración propia

A diferencia de estos estudios previos, en esta investigación se opta por la aplicación de un índice adaptado a las condiciones y particularidades del turismo de interior en España. La idoneidad y solidez del índice ICTI está demostrada en estudios anteriores —en el caso de la ciudad de Madrid, en la Comunidad Autónoma de Madrid y en Castilla-La Mancha— donde se comprobaron sus posibilidades y limitaciones para la evaluación del clima y su influencia en este tipo de turismo (Millán 2017 y Millán y Fernández, 2018). Para comprobar la idoneidad del ICTI en su aplicación en las ciudades de León y Granada —también se incorpora Madrid— se utiliza un método simple que consiste en la comparación

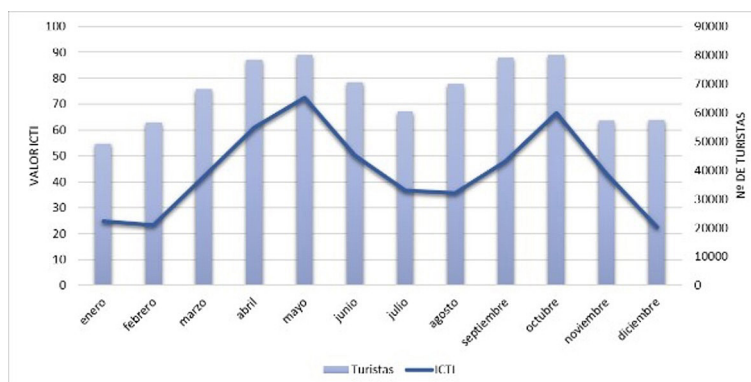
de los resultados de ambos índices con los datos de visitas de turistas —obtenidos del INE—. Por lo tanto, resulta conveniente resaltar que no se está realizando una comparación en sentido estadístico, sino una comparación empírica entre unos datos y otros. También se calcula la correlación lineal entre ambas variables. El resultado confirma la idoneidad del índice en su aplicación en el turismo de interior, ya que existe una coincidencia absoluta entre los meses con mejores valores de aptitud climático-turística con los meses de mayor afluencia turística en las tres ciudades. También existe plena coincidencia entre los meses marcados por el ICTI como desfavorables con una menor afluencia de turistas (Figuras 15, 16 y 17). La correlación lineal corrobora esta idoneidad con una relación estadísticamente significativa entre la variable turista y la variable ICTI: con un valor en León  $R^2$  de 0,81,  $R^2$  de 0,75 en Granada y  $R^2$  0,61 en Madrid (Figuras 18, 19 y 20).

Figura 15. Comparación entre número de turistas y valores del ICTI mensual en León



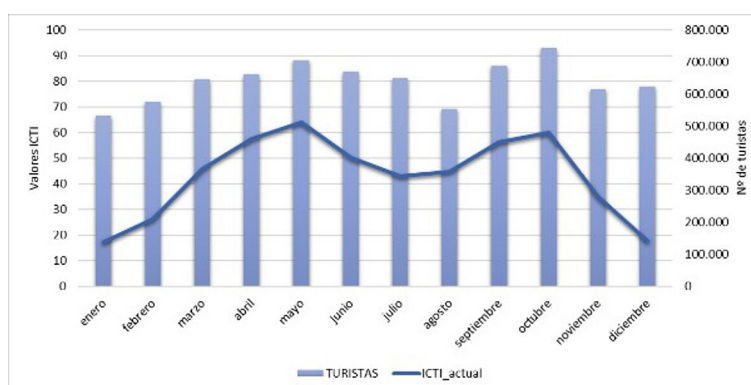
Fuente: INE. Elaboración propia

Figura 16. Comparación entre número de turistas (INE) y valores del ICTI mensual en Granada



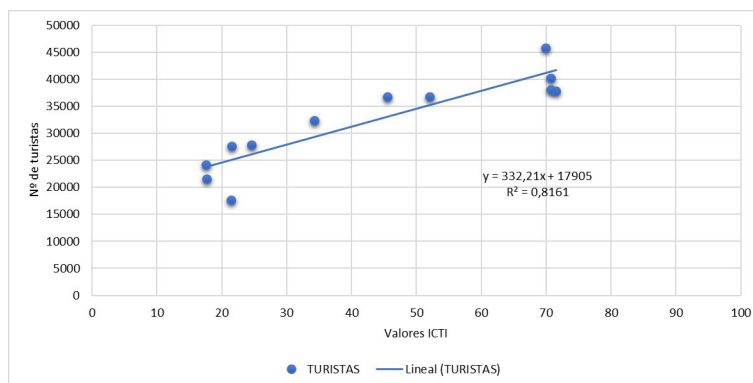
Fuente: INE. Elaboración propia

Figura 17. Comparación entre número de turistas y valores del ICTI mensual en Madrid



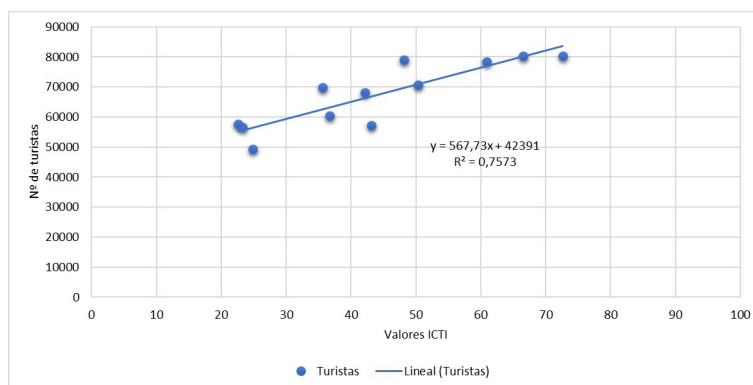
Fuente: INE. Elaboración propia

Figura 18. Resultados de la correlación lineal entre la variable turista (INE) y la variable ICTI para León



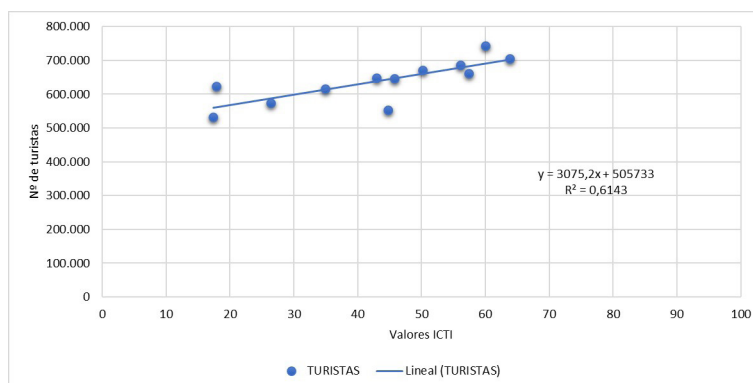
Fuente: INE. Elaboración propia

Figura 19. Resultados de la correlación lineal entre la variable turista (INE) y la variable ICTI para Granada



Fuente: INE. Elaboración propia

Figura 20. Resultados de la correlación lineal entre la variable turista (INE) y la variable ICTI para Madrid



Fuente: INE. Elaboración propia

Los resultados de su aplicación en las ciudades de León, Madrid y Granada proyectan que el cambio climático va a incorporar importantes modificaciones en los modelos de aptitud climático-turística. En las tres ciudades se mantiene el patrón actual, pero con importantes transformaciones en la distribución del confort —«máximo de verano» en León y «máximo bimodal» en Madrid y Granada—. Los desafíos planteados por el cambio climático en la ciudad de León persisten en las condiciones desfavorables de disconfort por frío en los meses invernales. Sin embargo, se abre un abanico de oportunidades, ya que se producirá un aumento de los días con categoría de confort en los meses primaverales y se van a mantener en la época estival. En el caso de Madrid y Granada los desafíos se dirigen en un sentido: la dilatación del periodo de disconfort por calor desde los meses estivales hacia los meses primaverales y otoñales, acom-

pañada por un aumento de la frecuencia con situaciones de discomfort por calor extremo. Por lo tanto, se produce un acortamiento de los periodos con aptitudes favorables primaveral y otoñal. Esta situación será compensada por las nuevas oportunidades que surgirán a partir del aumento de temperaturas en los meses invernales, con un acrecentamiento de la frecuencia de días con aptitudes favorables.

## 5. Conclusiones

La hipótesis inicial planteada en la justificación de esta investigación se basa en una cuestión esencial para el desarrollo de la actividad turística futura en los ambientes urbanos del interior de España: el turismo urbano —y en general el turismo de interior— como actividad que en cierta medida depende del clima se va a ver seriamente afectada por el cambio climático. Los resultados obtenidos en el análisis y caracterización de los modelos de aptitud climático-turística actuales y futuros —a partir de la aplicación del índice ICTI— verifican esta hipótesis inicial. La implementación del ICTI en tres destinos de turismo urbano en España —Madrid, Granada y León— con distintas características climáticas y de actividad turística, ha permitido conocer los patrones diarios de los modelos de aptitud climático-turística actuales y futuros —2030 y 2040—. También ha permitido determinar y categorizar los periodos de aptitud climático-turística y establecer la frecuencia mensual de las categorías de aptitud climático-turística.

El índice ICTI se ha mostrado como una herramienta eficaz para analizar y caracterizar los modelos de aptitud climático-turísticos en los destinos de interior, superando las discordancias y distorsiones que presenta el índice TCI de Mieczkowski en su aplicación en el turismo de interior en España (Millán y Fernández, 2018). El ICTI ha sido implementado y comprobado en varias ocasiones en distintos nodos turísticos del ámbito de la Comunidad de Madrid y de Castilla-La Mancha y para los distintos tipos de turismo que se dan el turismo de interior (urbano, rural montaña, naturaleza...) siempre con resultados satisfactorios. Cuando los resultados se han comparado con los datos de turistas a nivel mensual siempre la coincidencia ha sido plena y los índices de correlación han sido elevados. También se han realizado comparaciones a distintas escalas temporales. Al disponer de datos diarios de turistas de Madrid ciudad, de espacios rurales y del Parque Natural de Guadarrama se contrastó con los datos diarios y de fin de semana del ICTI (Millán, 2017) y de nuevo los resultados confirmaron la idoneidad de la aplicación de este índice. En el presente estudio se incorporan dos nodos turísticos con diferencias climáticas y en la actividad turística, y de nuevo tanto en Granada como en León la coincidencia del modelo de aptitud climático-turística obtenida con la implementación del ICTI con los datos de turistas es plena y con una correlación elevada. Más importante es el hecho de que en León, a pesar de tener un patrón de modelo radicalmente distinto con situaciones favorables en la época estival, el ICTI sigue coincidiendo con la llegada de turistas y la correlación sigue siendo elevada. Sin embargo, a pesar de su idoneidad y solidez no ha superado algunas deficiencias que presenta el TCI, como son la subjetividad en la asignación de la ponderación de los parámetros que componen el índice. Por lo tanto, se subraya la necesidad y la invitación a seguir desarrollando el índice ICTI para subsanar estas deficiencias y mejorar en su implementación.

El cambio climático introduce importantes modificaciones en los modelos que van a afectar a la distribución temporal de las aptitudes de confort. Estas modificaciones van a influir significativamente en el bienestar de los turistas cuando realizan su actividad, planteando nuevos desafíos y oportunidades a la actividad turística en estos espacios. Por lo tanto, desde esta investigación se considera que el análisis del potencial climático-turístico futuro es crucial para la planificación de este tipo de turismo, ya que posibilita desarrollar previsiones sobre el grado del impacto del cambio climático sobre la actividad turística futura. El principal reto de trabajar con escenarios climáticos futuros a escala diaria ha sido la complejidad del manejo de grandes paquetes de datos climáticos. Esta complejidad se refiere al proceso de registro, almacenamiento, organización y descifrado de los datos. Este reto se subsana mediante el diseño de un sistema de modelo de datos que facilita el flujo en el proceso.

El objetivo principal de este trabajo ha sido la de proporcionar a todos los actores que intervienen en la actividad turística una herramienta eficaz que facilite la planificación de la actividad turística a corto y medio plazo. El cambio climático introduce la necesidad de realizar una planificación de la actividad turística teniendo en cuenta el equilibrio entre la demanda y las condiciones de confort climático-turístico futuras. Se trata de adaptarse a estos cambios mediante políticas de gestión sostenible en las que se integren herramientas y estrategias que permitan mantener la importancia socioeconómica del turismo en los espacios urbanos y en el turismo de interior en general. El cambio climático conlleva desafíos im-

portantes para la actividad turística, pero también oportunidades. La planificación se debería dirigir hacia la promoción de los nuevos periodos temporales con aptitud climática favorable para el desarrollo de la actividad turística. En el caso de los nuevos periodos desfavorables, especialmente por calor extremo, se deberían buscar alternativas promocionando aquellos lugares donde las condiciones son más favorables e introduciendo nuevas actividades, o incentivando las existentes, que no tengan una relación tan estrecha con el confort climático. Otras estrategias para seguir en la mitigación de los efectos del cambio climático sobre el confort de los turistas en el medio urbano, es introducir modificaciones en la planificación urbana. Se trata de adaptar los espacios interiores y exteriores al aumento del disconfort por calor extremo. El desarrollo de normativas para la obligada instalación de sistemas de acondicionamiento en instalaciones turísticas y el montaje de elementos de protección contra el calor en espacios exteriores —doseses, aumento del arbolado, sitios donde refrescarse...— mitigarían los efectos del aumento de calor.

Por último, y como conclusión y reflexión final, señalar la necesidad de este tipo de estudios para la planificación turística en los destinos de interior. El importante desarrollo que este tipo de turismo ha sostenido en las últimas décadas en España, no ha impulsado el interés de los estudios dedicados a conocer la relación entre este tipo de turismo y el clima. Este interés si se ha producido en otros países europeos y norteamericanos, donde los estudios sobre la relación entre clima y turismo de interior proliferan notablemente y así lo atestiguan las numerosas publicaciones que se producen al respecto. Tras analizar los resultados y comprobar que existe una relación entre flujos turísticos y el modelo de aptitud climático-turística, y conocer la transformación que va a introducir el cambio climático en los modelos, se revela la necesidad del desarrollo de este tipo de estudios para introducir en la planificación turística presente y futura la confortabilidad climática de los turistas.

## Referencias

- Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) (2018a). *Datos climáticos*. AEMET OpenData. Recuperado de [http://www.aemet.es/es/datos\\_abiertos/AEMET\\_OpenData](http://www.aemet.es/es/datos_abiertos/AEMET_OpenData)
- Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) (2018b). *Valores climatológicos normales*. Servicios climáticos. Datos climatológicos. Recuperado de <http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos>
- Endler, C. y Matzarakis, A. (2010). Assessment of climate for tourism purposes in Germany. In A. Matzarakis, H. Mayer and F-M. Chmielewski (Eds.), *Berichte des Meteorologischen Instituts der Albert-Ludwigs, Universität Freiburg*, 20, (pp. 380-385). Recuperado de [http://www.urbanclimate.net/matzarakis/papers/BIOMET7\\_Endler\\_Matzarakis\\_380\\_385.pdf](http://www.urbanclimate.net/matzarakis/papers/BIOMET7_Endler_Matzarakis_380_385.pdf)
- Fernández, F. y Martilli, A. (2012). El clima urbano: aspectos generales y su aplicación en el área de Madrid. *Índice: Revista de Estadística y Sociedad*, (50), 21-24. Recuperado de <http://www.revistaindice.com/numero50/p21.pdf>
- Gómez, M.B. (2017). Retos del turismo español ante el cambio climático. *Investigaciones Geográficas*, (67), 31-47. <http://doi.org/10.14198/INGEO2017.67.02>
- Gómez, M.B., Armesto, X. y Cors, M. (2017). Percepción del cambio climático y respuestas locales de adaptación: el caso del turismo rural. *Cuadernos de Turismo*, 39, 287-310. <http://dx.doi.org/10.6018/turismo.39.290571>
- INFORIEGO (2018). *Datos climáticos recogidos por las estaciones de la red SIAR y por las del ITACyL*. Recuperado de <http://www.inforiego.org/opencms/opencms>
- Instituto Nacional de Estadística (INE) (2018). *Encuesta de ocupación hotelera. Viajeros y pernoctaciones por puntos turísticos*. Recuperado de <http://www.ine.es>
- Lopes, A., Lopes, S., Matzarakis, A. y Alcoforado, M. J. (2010). Summer sea breeze influence on human comfort in Funchal (Madeira Island). Application to urban climate and tourism planning. In A. Matzarakis, H. Mayer and F-M. Chmielewski (Eds.), *Berichte des Meteorologischen Instituts der Albert-Ludwigs, Universität Freiburg*, 20, (pp. 352-357). Recuperado de [http://www.urbanclimate.net/matzarakis/papers/BIOMET7\\_Lopesetal\\_352\\_357.pdf](http://www.urbanclimate.net/matzarakis/papers/BIOMET7_Lopesetal_352_357.pdf)
- Matzarakis, A. & Endler, C. (2010). Adaptation of thermal bioclimate under climate change conditions—the example of physiologically equivalent temperature in Freiburg, Germany. *International Journal of Biometeorology*, (54), 479-483.



- Mieczkowski, Z. (1985). The tourism climatic index: a method of evaluating world climates for tourism. *The Canadian Geographer/Le Géographe canadien*, 29(3), 220-233. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1541-0064.1985.tb00365.x>
- Millán, A (2017). *Climatología del turismo en la Comunidad Autónoma de Madrid* (Tesis Doctoral). Recuperado de <https://repositorio.uam.es/handle/10486/680666>
- Millán, A. y Fernández, F. (2018). Propuesta de un índice climático-turístico adaptado al turismo de interior en la península ibérica: aplicación a la ciudad de Madrid. *Investigaciones Geográficas*, (70), 31-46. <https://doi.org/10.14198/INGEO2018.70.02>
- Moreno, A. (2010). Evaluación de la Vulnerabilidad del Turismo de Interior. Turismo y cambio climático en España. Recuperado de <http://www.magrama.gob.es>
- Nasrollahi, N., Hatami, Z., y Taleghani, M. (2017). Development of outdoor thermal comfort model for tourists in urban historical areas; A case study in Isfahan. *Building and Environment*, 125(15), 356-372. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.09.006>
- Olcina, J. y Miró, J.J. (2017). *Actividad turística y cambio climático en la Comunidad Valenciana*. <http://dx.doi.org/10.14198/2017-Actividad-Turistica-ComValenciana>
- Olcina, J. y Vera-Rebollo, J. F. (2016). Adaptación del sector turístico al cambio climático en España. La importancia de las acciones a escala local y en empresas turísticas. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 36(2), 321-349. <https://doi.org/10.5209/AGUC.53588>
- Proyecto ENSEMBLES (2000). *Informe especial sobre escenarios de emisiones*. Recuperado de <https://archive.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/sres-sp.pdf>
- Red Agroclimática de la Junta de Andalucía (2018). *Información agrometeorológica para el conjunto de los regadíos de Andalucía*. Recuperado de <https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/ria/servlet/FrontController>
- Red de Estaciones de Contaminación del Aire y Red de estaciones del AGMA del Ayuntamiento de Madrid (2018). *Calidad del aire. Estaciones de control*. Recuperado de <https://datos.madrid.es>
- Roshan, G., Roustia, I. y Ramesh, M. (2009). Studying the effects of urban sprawl of metropolis on tourism-climate index oscillation: A case study of Tehran city. *Journal of Geography and Regional Planning*, 2(12), 310-321. <https://doi.org/10.5897/JGRP09.069>
- Salata, F., Golasi, I., Proietti, R., de Lieto, A. (2017). Implications of climate and outdoor thermal comfort on tourism: the case of Italy. *International Journal of Biometeorology*, 61(12), 2229-2244. <https://doi.org/10.1007/s00484-017-1430-1>
- Scott, D. & McBoyle, G. (2001). Using a tourism climate index to examine the implications of climate change for climate as a tourism resource. En A. Matzarakis & C. R. de Freitas (Eds.), *Proceedings of the First International Workshop on Climate, Tourism and Recreation* (pp. 69-88). Recuperado de [http://www.academia.edu/2876399/Using\\_a\\_tourism\\_climate\\_index\\_to\\_examine\\_the\\_implications\\_of\\_climate\\_change](http://www.academia.edu/2876399/Using_a_tourism_climate_index_to_examine_the_implications_of_climate_change)
- Scott, D., Rutt, M., Amelung, B. & Tang, M. (2016). An Inter-Comparison of the Holiday Climate Index (HCI) and the Tourism Climate Index (TCI) in Europe. *Atmosphere*, 7(6), 80. <https://doi.org/10.3390/atmos7060080>
- Tang, M. (2013). *Comparing the Tourism Climate Index and Holiday Climate Index in Major European Urban Destinations* (Tesis Doctoral). Recuperado de <https://uwspace.uwaterloo.ca/handle/10012/7638>