

*Revista Investigaciones Turísticas, nº 26 (2023), pp 274-296.*

ISSN: 2174-5609

DOI. <https://doi.org/10.14198/INTURI.23493>


---


**Cita bibliográfica:** Díaz-Poso, A., Royé, D. y Martínez-Ibarra, E. (2023). Turismo y Cambio Climático: Aplicación del Holiday Climate Index (HCI:Urban) en España en los meses de verano para mediados y finales de siglo. *Investigaciones Turísticas* (26), pp. 274-296. <https://doi.org/10.14198/INTURI.23493>


---

## **Turismo y Cambio Climático: Aplicación del Holiday Climate Index (HCI:Urban) en España en los meses de verano para mediados y finales de siglo**

### **Tourism and Climate Change: Application of the Holiday Climate Index (HCI:Urban) in Spain in the summer months for the mid and late century**

Alejandro Díaz-Poso , Universidad Santiago de Compostela, España.  
a.diaz.poso@usc.es

Dominic Royé , Climate Research Foundation (FIC), España  
dominic.roye@ficlima.org

Emilio Martínez-Ibarra , Universidad de Granada, España  
emibarra@ugr.es

#### **RESUMEN**

En las últimas décadas el turismo ha adquirido una importancia cada vez mayor en la economía española. Con 83,5 millones de turistas en 2019, el 11.7% del PIB nacional proviene del sector turístico. El clima es uno de los principales aspectos a tener en cuenta por las personas para elegir un destino turístico. El índice Holiday Climate Index (HCI) es un indicador bioclimático que tiene en cuenta diferentes variables climáticas (temperatura, precipitación, humedad, viento y nubosidad), con el fin de determinar si las condiciones climáticas son adecuadas para las actividades turísticas de carácter urbano. Utilizando el HCI:Urban, se ha analizado la evolución de los niveles de confortabilidad climática para la Península y Baleares (PB) en verano (junio, julio y agosto) para mediados (2041-2060) y finales de siglo (2081-2100) bajo los escenarios climáticos RCP 4.5 y 8.5. Tomando como referencia el periodo 1986-2005, los resultados indican un aumento considerable del confort climático especialmente a finales de siglo en las comunidades autónomas del norte y noroeste del país, donde los valores, alcanzan la calificación de "excelente" (HCI 80-90). Paralelamente, la progresiva pérdida de confort a consecuencia del cambio climático en comunidades autónomas meridionales como Extremadura, Murcia, Andalucía e Islas Baleares, dará lugar a cambios en la distribución espacio-temporal de los flujos turísticos. Pese a que su formulación es susceptible de mejora, los datos proporcionados por el índice HCI:Urban pueden ser útiles en el desarrollo de instrumentos de planificación urbana, facilitando a las autoridades la toma de decisiones en un nuevo contexto turístico.

**Palabras clave:** HCI (Holiday Climate Index); cambio climático; confort climático; turismo; España.

*Fecha de recepción:* 09/09/2022 *Fecha de aceptación:* 28/03/2023

Este trabajo está sujeto a una licencia de Reconocimiento 4.0 Internacional de Creative Commons (CC BY 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

©2023 Alejandro Díaz- Poso, Dominic Royé y Emilio Martínez-Ibarra

## ABSTRACT

Over the last few decades, tourism has become increasingly important in the Spanish economy. With 83.5 million tourists in 2019, 11.7% of the national GDP comes from the tourism sector. Climate is one of the main aspects taken into consideration by people when choosing a tourist destination. The Holiday Climate Index (HCI) is a bioclimatic indicator that takes into account different climate variables (temperature, precipitation, humidity, wind and cloudiness), in order to determine whether the climatic conditions are suitable for urban tourist activities. Using HCI:Urban, the evolution of climatic comfort levels for the Peninsula and Balearic Islands (PB) in summer (June, July and August) has been analysed for the mid (2041-2060) and end of the century (2081-2100) under the RCP 4.5 and 8.5 climate scenarios. Taking as a reference the period 1986-2005, the results indicate a considerable increase in climatic comfort especially at the end of the century in the northern and north-western regions of the country, where the values reach the "excellent" rating (HCI 80-90). At the same time, the progressive loss of comfort as a result of climate change in southern regions such as Extremadura, Murcia, Andalusia and the Balearic Islands will lead to changes in the spatial-temporal distribution of tourist flows. Although its formulation can be improved, the data provided by the HCI:Urban can be useful in the development of urban planning instruments, facilitating decision-making by authorities within a new tourism context.

**Keywords:** HCI (Holiday Climate Index); Climate change; Climate comfort; tourism; Spain.

## I. INTRODUCCIÓN

El turismo representa el 11,7% del producto interior bruto (PIB) del país, el turismo es uno de los sectores económicos más importantes para España, líder mundial en este sector. En 2019, 83,5 millones de turistas viajaron a España, prácticamente el doble de su población (INE, 2022), lo que supuso unos ingresos de 71.237 millones de euros (Turespaña, 2019). Esta tendencia ha aumentado en los últimos años y se espera que continúe en el futuro próximo. Las condiciones climáticas de una región son, entre otros, uno de los principales recursos naturales a la hora de determinar su potencial turístico (De Freitas, 2003; Matzarakis, 2006), el cual es una combinación de 3 facetas, la térmica, la física y la estética (De Freitas, 2003).

Desde la revolución industrial, el clima global está experimentando un cambio significativo, caracterizado por el calentamiento. Según el IPCC (2018), en las últimas décadas la temperatura media en superficie se ha incrementado a nivel mundial en 0,2°C/década, mientras que en la Península Ibérica dicho aumento ya ha sido de 0,5°C/década en las últimas tres décadas del pasado siglo (Brunet et al., 2007). Las proyecciones climáticas prevén un aumento de la temperatura media global de 1,5°C sobre niveles pre-industriales entre 2030 y 2052 (IPCC, 2018), lo que traerá consigo eventos de calor extremo más largos, intensos y frecuentes en el continente europeo a lo largo del presente siglo, esperándose un impacto mayor en las regiones mediterráneas, y especialmente, en la Península Ibérica (Gasparrini et al., 2017; Vicedo-Cabrera et al., 2018; Oliveira et al., 2022), dónde se espera un aumento medio en la intensidad de las olas de calor del 60% en 2021-2050 (Lorenzo et al., 2021). En los últimos años hemos visto como numerosas olas de calor de carácter extremo se han sucedido

en Europa, afectando a España, ejemplos de ello son los eventos de 2003, 2010, 2015 y 2018 (Kuglitsch et al., 2010; Russo et al., 2015; Molina et al., 2020; Díaz-Poso et al., 2023).

Es importante destacar que existe una relación significativa entre un mayor riesgo de mortalidad y una menor amplitud térmica debido a unas temperaturas mínimas inusualmente altas (Grize et al., 2005; Royé et al., 2021). Cuando dichas temperaturas mínimas alcanzan o superan los 20°C nos encontramos ante una “noche tropical” (WMO 2009, Donat et al., 2013). Estas condiciones favorecen la persistencia del estrés térmico, ya que imposibilitan que el organismo descanse de las altas temperaturas diurnas, produciéndose alteraciones y privación del sueño debido a la disminución de las fases SWS (Slow-wave Sleep) y REM (Rapid Eye Movement) (Haskell et al., 1981; Okamoto y Mizuno, 2012). Tanto las alteraciones del sueño, como el riesgo de mortalidad tienen una mayor incidencia en personas de avanzada edad (Buguet, 2007). En las ciudades, el impacto negativo del calor sobre el estrés térmico y la salud es aún mayor debido al fenómeno “isla de calor” (Moreno, 1999; López et al., 1993). Además de la temperatura, factores como humedad, viento, o la precipitación, influyen en el estrés térmico y, por ende, en la confortabilidad climática y en el desarrollo de las actividades de ocio, motivo por el cual es útil examinar las condiciones bioclimáticas, y aplicar una clasificación y evaluación (Matzarakis, 2006; 2010).

Paralelamente, el clima es, en la región mediterránea, uno de los factores primordiales a la hora de atraer a los turistas (Moreno, 2010; Millán, 2023). Su relación con la elección del destino turístico ha sido estudiada en profundidad en los últimos años (Lohmann y Kaim, 1999; Gössling et al., 2016). En este contexto, el cambio climático no sólo afectará a la salud humana, a la agricultura o a los transportes, sino que también afectará al turismo (UNWTO, 2007; Scott, 2011). El impacto del cambio climático en el sector turístico en Europa y especialmente en España será significativo y también diferencial (IPCC, 2018), generando una redistribución importante de los recursos climáticos, modificando la distribución temporal y espacial de los flujos turísticos, y convirtiendo a unas regiones más atractivas como destino turístico, frente a otras (Perry, 2001; Scott et al., 2016). La investigación sobre el confort climático y sus variaciones puede proporcionar una base científica a las autoridades para la toma de decisiones en materia de turismo, especialmente en lo relativo a planificación y desarrollo urbanístico (Miró Pérez y Olcina Cantos, 2020).

Desde una perspectiva termofisiológica, en las últimas décadas se han desarrollado varios índices para evaluar el confort térmico. El Mediterranean Outdoor Comfort Index (MOCI) (Salata et al., 2016; 2017), es un índice empírico de percepción térmica exterior por parte de la población, basado en la escala ASHARE. En la misma línea, el Universal Thermal Climate Index (UTCI, 2009) también evalúa el confort térmico en exteriores (Zeng et al., 2020). Debido a la popularidad adquirida en las últimas décadas, desde una perspectiva biometeorológica, y por tanto, orientado hacia la relación entre ambiente atmosférico y salud, cabe destacar el EHF Index (Nairn y Fawcett; 2015; Royé et al., 2020, Oliveira et al., 2022) Este índice biometeorológico cuantifica la intensidad de las condiciones de ola de calor, teniendo en cuenta la aclimatación del cuerpo humano, esto es, los 30 días previos.

Otros índices fisiológicamente relevantes y altamente utilizados con fines turísticos, como el Physiologically Equivalent Temperature (PET) (Mayer y Höpfe, 1987; Höpfe, 1999; Matzarakis et al., 1999), presentan un cálculo mucho más complejo, ya que, los flujos de

radiación de onda corta(solar) y onda larga (terrestre), han de simularse mediante el modelo RayMan (Matzarakis et al., 2007). La aplicación de dicho modelo también es requerida en el uso de índices térmicos semejantes como el Predicted mean vote (PMV) (Fanger, 1972), y el Standard effective temperature (SET) (Gagge et al., 1986), pues necesitan como input la temperatura radiante media (Tmrt), el parámetro biometeorológico más importante para obtener el balance energético humano en condiciones de verano (Clark y Edholm, 1985; Matzarakis et al., 2007).

Pese a ello, índices biometeorológicos que sólo calculan las condiciones térmicas como el PET o el PMV, no pueden aplicarse como elemento de evaluación de calidad del clima para el turismo, ya que no tienen en cuenta aspectos físicos y estéticos del mismo, y tampoco han sido probados de manera empírica para cuantificar la satisfacción del turista (De Freitas et al., 2008). En resumen, la mayoría de los índices de confort térmico suelen consistir en combinaciones de la temperatura del aire y algunas variables como humedad, nubosidad, velocidad del viento, flujos de radiación, presión atmosférica, así como parámetros de carácter termofisiológico: el metabolismo humano, la producción de calor corporal o la resistencia térmica de la ropa (Höppe, 1999; Matzarakis et al., 2007; Zeng, et al., 2020). Pero tampoco existe ningún índice de confort térmico orientado al turismo aceptado como estándar universal. Dado que, la percepción térmica es subjetiva, y que, por tanto, la definición de confort térmico siempre variará en mayor o en menor medida de una persona a otra, es interesante que se incluyan otras variables además del clima como el entorno cultural, el coste de los servicios y de los desplazamientos, las instalaciones disponibles, la existencia de lugares históricos o los valores paisajísticos (Crouch, 1995).

Actualmente, el Holiday Climate Index (HCI) tiene una gran aplicación y validación a nivel mundial. Desarrollado por Tang (2013), es un indicador bioclimático que considera diferentes variables climáticas como temperatura, humedad, nubosidad, precipitación o viento, considerando las preferencias de los turistas, con la finalidad de determinar qué condiciones son adecuadas para las actividades turísticas, considerando todas ellas (y no sólo el turismo de playa), ya que los distintos destinos turísticos tienen diferentes requerimientos climáticos (Scott et al., 2016). Por tanto, HCI fue diseñado para poder ser orientado específicamente en función del tipo de destino: para el turismo urbano (HCI:Urban), tal y como fue formulado originalmente por Tang (2013), o para el turismo de playa (HCI:Beach). Esta última especificación ha sido adaptada por Ruddy et al., (2020) y utilizada ampliamente en los últimos años (Demiroglu et al., 2020; Yu et al., 2021).

Uno de los principales avances de HCI es que, tanto las escalas de valoración de sus variables como la manera en la que se ponderan los componentes se basan en la literatura científica que ha abordado las preferencias climáticas de los turistas (Scott, et al., 2016). Es decir, tienen en cuenta un factor ignorado en gran medida por la literatura (Hein et al., 2009). Además, para obtener las calificaciones del índice, utiliza datos diarios.

El índice HCI fue creado para superar las limitaciones del TCI (Mieczkowski, 1985), el cual ignoraba la termofisiología de los turistas, obviando así un factor clave del confort climático, el cual permite cuantificar la calidad del destino vacacional (Matzarakis, 2006). Asimismo, a diferencia de HCI, no considera la posibilidad de una influencia preponderante de

los parámetros climáticos físicos (como el viento o la lluvia) (Scott et al., 2016). Pese a haber sido el enfoque más utilizado para cuantificar la futura idoneidad climática de los destinos turísticos a nivel mundial, TCI no incorpora gran parte de los conocimientos adquiridos en los últimos años en este ámbito, por lo que ha sido objeto de importantes críticas (Moreno, 2010) demostrándose de manera empírica que habría que dejar de utilizarlo (Scott et al., 2016).

La utilización de HCI en la Península y Baleares (PB) ha sido mayoritariamente con su especificación para el turismo de playa (HCI: Beach), y, por lo tanto, enfocada hacia regiones costeras como la mediterránea (Demiroglu et al., 2020), o las Islas Canarias (Carrillo et al., 2022). También se ha aplicado en múltiples regiones fuera del continente europeo, como el Caribe (Rutty et al., 2020), China (Yu et al., 2021) u Oriente Próximo (Hejazizadeh et al., 2019).

El objetivo de este estudio es realizar un análisis, mediante la aplicación del índice HCI:Urban, de cómo el cambio climático afectará a la confortabilidad climática para la práctica del turismo urbano en el conjunto de la PB a mediados (2061-2080) y a finales (2081-2100) de siglo bajo los escenarios RCP 4.5 y 8.5. Para cuantificar la magnitud de los resultados proporcionados por HCI, se compararán con el periodo de referencia (1986-2005). Los resultados de su aplicación mostrarán cuantitativa y espacialmente el grado de confort para la práctica de actividades turísticas urbanas en la PB.

Las secciones restantes se clasifican de la siguiente manera: sección 2, área de estudio, sección 3, metodología, sección 4, resultados, y sección 5, discusión. Por último, en la sección 6 se presentan las conclusiones.

## II. ÁREA DE ESTUDIO

La PB se encuentra en el suroeste de Europa, entre los 36º y 44º de latitud y los -10º y 5º de longitud, con una superficie de aproximadamente 622.920km<sup>2</sup> (Figura 1). Las costas noroccidental, occidental y suroccidental limitan con el Océano Atlántico, la costa norte con el Mar Cantábrico y las costas oriental y suroriental limitan con el Mar Mediterráneo. Los Pirineos, situados en el borde nororiental de la península, la conectan con el resto de Europa. La influencia de la orografía en el tiempo y en el clima de la PB no sólo se debe al mero efecto de la altitud, lo cual hace aún más complicada su comprensión (Barry, 2008).

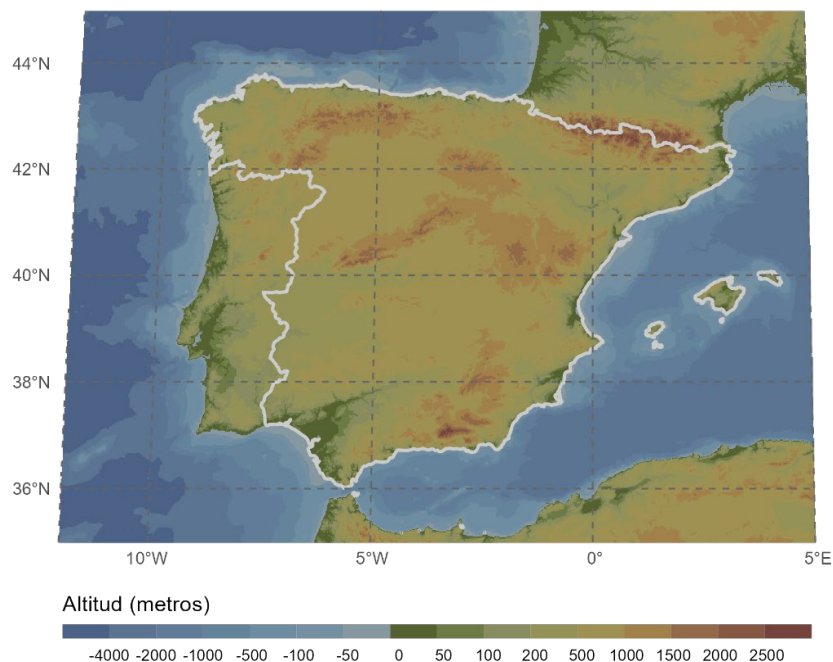
La intrincada disposición de las unidades de relieve y la orientación de los principales sistemas montañosos dan lugar a importantes cambios en el movimiento y las características de las masas de aire. En conjunto, el predominio de las orientaciones oeste-este explica que los flujos aéreos de trayectoria meridiana choquen frontalmente en su recorrido sobre la PB, dando lugar a importantes contrastes en las condiciones atmosféricas, especialmente en variables como temperatura, precipitación y nubosidad (Royé et al., 2019). Pese a estar casi completamente rodeada por el mar, la PB tiene un marcado carácter continental, puesto que, la influencia marítima se ve reducida por importantes sistemas montañosos cercanos a la costa y la gran distancia del centro de la península al mar. Sólo en la fachada atlántica portuguesa y en la cuenca del Guadalquivir, al oeste y al suroeste respectivamente, la influencia marítima penetra con facilidad hacia el interior.

El principal centro de acción de la PB, es anticiclón de las Azores, el cual con su desplazamiento interanual condiciona la circulación atmosférica de la PB, impidiendo las



precipitaciones estivales y permitiendo la invasión de la PB por masas de aire tropical procedentes del continente africano, lo cual es causa de la inmensa mayoría de episodios de ola de calor en la PB. Por lo tanto, la accidentada geografía en combinación con el Mar Mediterráneo al este y el Océano Atlántico al oeste, confieren a la PB una considerablemente diversidad climática, desde el clima oceánico y mediterráneo hasta el continental.

Figura 1. Área de estudio y elevación del terreno



Elaboración propia

### III. METODOLOGÍA

#### 3. 1. Datos

La rejilla con los datos de HCI:Urban en formato netCDF-4 está disponible públicamente en <https://cds.climate.copernicus.eu> (Copernicus Climate Change Service, 2019), y se proporciona con los datos ya calculados. La resolución es de 0. 11º (unos 10 kilómetros) para toda la superficie europea (27ºN – 72º N, 22ºO 45ºE). El dataset cuenta con datos de 6 modelos de circulación global (GCMs): CNRM-CM5, EC-EARTH, IPSL-CM5A-MR, HadGEM2, MPI-ESM-LR y NorESM1-M. En el presente estudio se ha optado por la media multi-modelo para los escenarios RCP 4.5 y 8.5. La cobertura temporal del dataset abarca el periodo desde el 01-01-1970 hasta el 31-12-2010, con una resolución temporal diaria, mensual, estacional y decadal. En el presente estudio se utilizan los periodos 2041-2060 y 2081-2100, con 1986-2005 como referencia. El valor climatológico estacional utilizado se corresponde al verano (junio, julio y agosto), temporada turística más importante actualmente en España.

### 3.2. Holiday Climate Index (HCI:Urban)

El Holiday Climate Index (HCI) (Tang, 2013; Scott et al., 2016) es un indicador bioclimático creado para determinar la idoneidad climática de un destino turístico. A diferencia del Tourism Climate Index (TCI) (Mieczkowski, 1985), su diseño no es subjetivo e incluye los nuevos conocimientos obtenidos en el estudio de la confortabilidad turística en los últimos años, además de las preferencias de los turistas. De esta manera se superan las carencias de TCI a la hora de evaluar la idoneidad climática de los destinos turísticos.

HCI:Urban Incorpora las tres facetas del clima que determinan el turismo potencial (De Freitas, 2003): el confort térmico (CT), la cual es el resultado de la combinación de la temperatura máxima para el propio día ( $^{\circ}$  C) y la humedad relativa media (%). Es preciso destacar que, para el confort térmico, el índice también puede tomar otras medidas como el Universal Thermal Climate Index (UTCI) o el Humidex. La faceta estética (E) corresponde a la cobertura nubosa (%), y la física (F) es el resultado de la combinación de la precipitación (mm) y de la velocidad del viento (km/h). El índice HCI:Urban se calcula de la siguiente forma:

$$\text{HCI: Urban} = 4(\text{CT}) + 2(\text{E}) + (3(\text{precipitación}) + \text{viento})$$

Cada una de las variables climáticas se califica de 0 a 10. La puntuación global de HCI oscilará entre 0 (potencialmente peligroso para los turistas) y 100 (condiciones perfectas para el turismo), correspondiéndose con 8 categorías descriptivas (Hejazizadeh et al., (2019) (Tabla 1).

Tabla 1. Sistema de clasificación de HCI:Urban

HCI: Urban	
Valor	Niveles de confortabilidad climática
90 - 100	Ideal
80 - 89	Excelente
70 - 79	Muy bueno
60 - 69	Bueno
50 - 59	Aceptable
40 - 49	Marginal
10 - 39	Desfavorable
0 - 9	Peligroso

Si las tres facetas se encuentran dentro del rango de condiciones de mayor preferencia para la mayoría de los turistas, la puntuación de HCI sería “ideal” ( $\geq 90$ ). Las categorías “excelente” (80-89) y “muy buena” (70-79), pueden incluir alguna faceta dentro del rango de condiciones más altas por la mayoría de los turistas (Scott et al., 2016). Un HCI  $\leq 40$  implica unas condiciones inaceptables para la mayoría de los turistas.

La faceta física (F), compuesta por las precipitaciones y el viento, tiene un peso del 40%, al igual que el confort térmico (CT) (Tabla 2). De tal manera, se garantizará que el valor de HCI nunca pueda ser alto cuando la faceta física tenga un valor bajo, ya que las condiciones

climáticas de lluvia (30%) y viento (10%) anularán las condiciones térmicas y estéticas agradables (Ibarra, 2011).

Dicha ponderación también reduce la importancia del confort térmico, el cual pierde peso cuando son las variables físicas (lluvia y viento) las que dominan (Tablas 3 y 4). Las valoraciones relativas al CT califican las condiciones como suspensas a partir de los 35°C para el calor y los 7º C para el frío, lo que recoge la mayor tolerancia térmica declarada por los turistas de ocio (Scott et al., 2016).

Tabla 2. Sistema de clasificación del confort térmico (CT) para HCI:Urban

HCI: Urban	
Temperatura (°C)	Valor
≥ 39	0
37 - 39	2
35 - 36	4
33 - 34	5
31 - 32	6
29 - 30	7
27 - 28	8
26	9
23 - 25	10
20 - 22	9
18 - 19	7
15 - 17	6
11 - 14	5
7 - 10	4
0 - 6	3
-1 - -5	2
≤ -6	1



Tablas 3-4. Sistema de clasificación de las variables físicas (F): lluvia y viento, para HCI:Urban

HCI: Urban		HCI: Urban	
Precipitación (mm)	Valor	Velocidad del viento (Km/h)	Valor
0.00	10	1 - 9	10
<3.00	9	10 - 19	9
3.00 - 5.99	8	0	8
6.00 - 8.99	5	20 - 29	8
9.00 - 12.00	2	30 - 39	6
>12.00	0	40 - 49	3
>25.00	-1	50 - 70	0
		> 70	-10

El 20% restante, correspondiente con la componente estética, otorga la mayor puntuación, al cielo ligeramente nublado (11-20%) el cual contribuye una mejor experiencia estética para el turismo urbano, que un cielo completamente despejado (Scott, et al., 2016) (Tabla 5).

Tabla 5. Sistema de clasificación de la variable estética (E) para HCI:Urban

HCI: Urban	
Nubosidad (%)	Valor
11 - 20	10
1 - 10	9
21 - 30	9
0	9
31 - 40	8
41 - 50	7
51 - 60	6
61 - 70	5
71 - 80	4
81 - 90	3
90 - 99	2
100	1

Lo sencillo de su formulación permite su fácil aplicación para comparar destinos o realizar análisis de los impactos del calentamiento global en la distribución de los recursos climáticos. Los valores resultantes, en unidades de 0 a 100, a los que se les asignan clasificaciones cualitativas, hacen que los resultados sean altamente comprensibles para los planificadores urbanos y regionales, los sistemas de salud, así como para los usuarios del sector turístico en general.

Los resultados obtenidos en la aplicación del HCI pueden representarse gráficamente de manera sencilla, y permiten mostrar la confortabilidad climática espacialmente, así como su comportamiento. Scott et al., (2016) proporcionan todos los detalles sobre aspectos conceptuales y metodológicos del HCI:Urban.

### 3.3. Análisis de datos

A fin de realizar un análisis que considere las diferencias espaciales existentes, además de los valores medios de HCI a nivel de comunidad autónoma ( $HCI_{med}$ ), se consideran los máximos ( $HCI_{max}$ ) y mínimos ( $HCI_{min}$ ). Con el fin de obtener información de cómo se agrupan los valores en torno a la media y por ende, la variabilidad de condiciones de confort climático para el turismo urbano en cada comunidad autónoma, se ha utilizado la desviación estándar ( $\sigma$ ) como medida de dispersión ( $HCI_{ds}$ ). Asimismo, para cuantificar la evolución de los valores de  $HCI_{med}$  respecto al periodo histórico, se ha calculado la variación porcentual:

$$\text{Variación porcentual} = \left( \frac{V2 - V1}{V1} \right) * 100$$

Dónde V1 es el valor de referencia (1986-2005) y V2 los sucesivos valores futuros proyectados. Finalmente, la cartografía de los resultados ha sido creada con ArcGis versión (10.8).

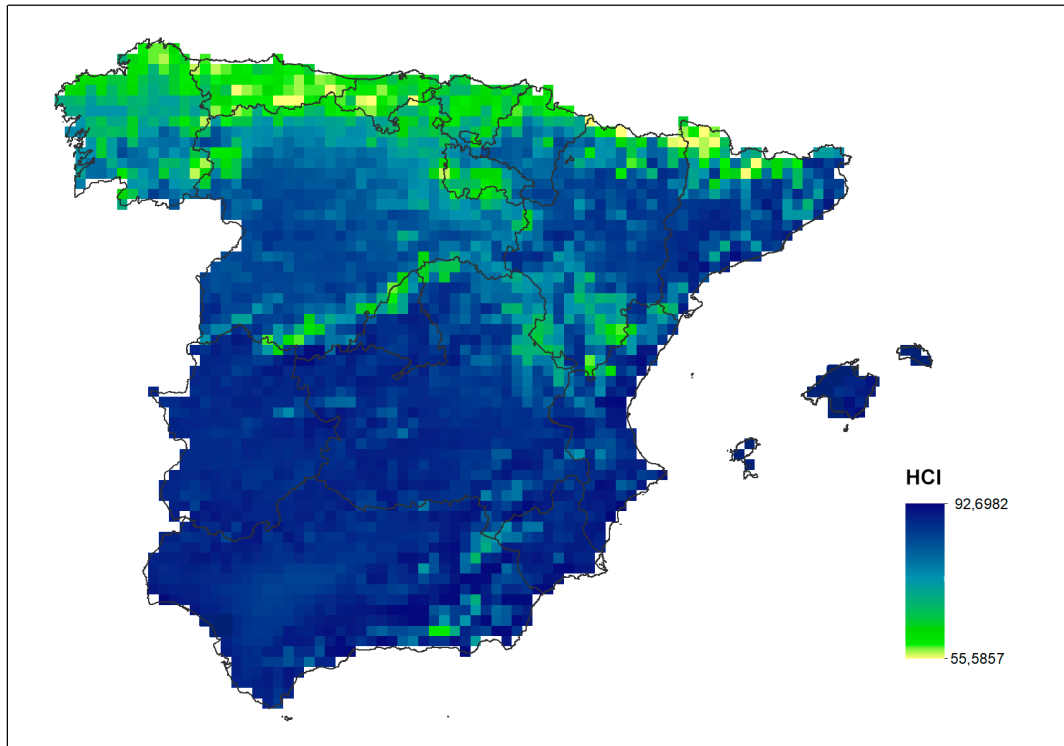
## IV. RESULTADOS

Los valores del Holiday Climate Index (HCI:Urban) se calcularon para cada día durante el verano (junio, julio y agosto), para el periodo de referencia (1986-2005) así como para los escenarios RCP 4.5 y 8.5 a mediados (2041-2060) y finales (2081-2100) de siglo. En la Figura 2 se encuentran representados espacialmente los valores de HCI obtenidos para la PB en el periodo de referencia (1986-2005). Los valores de confortabilidad climática para la práctica de actividades de ocio-especialmente-en entornos urbanos, son “excelentes” (80-89), en la mayoría del país, siendo más elevados en la España meridional.

Las Islas Baleares, el destino turístico español por excelencia, destaca como la única comunidad autónoma con un valor de  $HCI_{med}$  “ideal” ( $\geq 90$ ) (Ver Suplemento, Tabla S1), alcanzándose también dichas condiciones en la mayor parte de la Costa Atlántica Andaluza y de la Costa Mediterránea, así como en zonas, mucho más puntuales, de la meseta Sur, valles del Tajo y del Guadiana. Las principales zonas montañosas del país como Pirineos, Picos de Europa, Sistema Central, Sierra Nevada, Montes de León o el Sistema Ibérico albergan los valores más bajos de HCI. Asimismo, la Costa Cantábrica, especialmente en su mitad oeste, cuenta con unos valores considerablemente inferiores, pese a ello, oscilan entre “buenos” (60-69), y a medida que nos desplazamos hacia el este, “muy buenos” (70-79).

Comunidades autónomas con mayor presencia de las variables físicas incluidas en el índice (viento y lluvia) como son Asturias, Cantabria y País Vasco cuentan con condiciones “muy buenas” (70-79), al igual que la Rioja, comunidad autónoma en la que las variables física y estética se ven condicionadas negativamente por la influencia de las condiciones climáticas de su mitad sur y especialmente suroeste (Sierra de la Demanda, Picos de Urbión y Sierra Cebollera). Cataluña, Navarra, Madrid y Aragón cuentan con los valores de  $HCI_{ds}$  más elevados (Ver suplemento, Tabla S7), mostrando como las comunidades autónomas que cuentan con grandes contrastes topográficos dentro de sus límites administrativos presentan un gran rango de condiciones de confortabilidad climática.

Figura 2. Valores de HCI en la PB para el periodo de referencia (1986-2005)



Elaboración propia

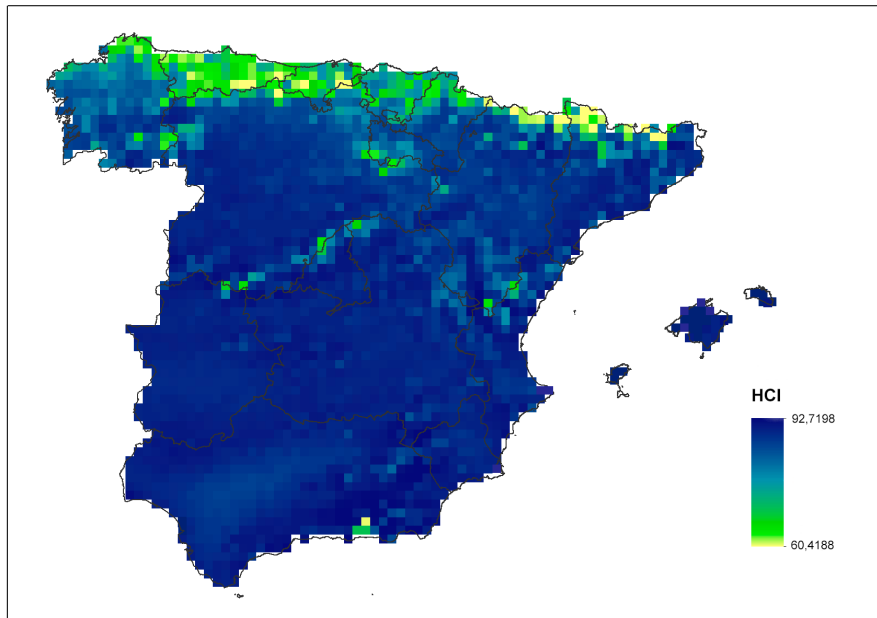
Las figuras 3 y 4 muestran cómo, para mediados de siglo (2041-2060) los valores de  $HCI_{med}$  experimentan, a nivel nacional, un aumento similar para ambos escenarios (0.9 %) (Ver Suplemento, Tabla S2). Asimismo, se produce un ligero descenso en los valores de HCI en determinadas zonas de la península, que da lugar a un empeoramiento de las condiciones de confortabilidad turística en varias comunidades autónomas.

Bajo el escenario RCP 4.5 (Figura 3), los valores de HCI descienden moderadamente en el valle del Guadalquivir, interior de Murcia, Extremadura e Islas Baleares, dando lugar a un descenso de los valores de  $HCI_{med}$  (Ver Suplemento, Tablas S1-S2). Por el contrario, tanto en la Galicia meridional, regiones cantábricas, como en general en la submeseta norte, la tendencia es diferente, y los valores ascienden, en líneas generales, moderadamente. Destaca el aumento de más del 6% del valor de  $HCI_{med}$  en la Rioja, comunidad donde bajo este escenario se alcanzan las condiciones “excelentes” (84,62) (Ver Suplemento, Tablas S1-S2).

Todas las zonas montañosas y áreas circundantes mejoran ligeramente sus valores. Para el escenario RCP 8.5 (Fig.4) el patrón espacial observado es muy similar, pero el aumento de los valores de  $HCI_{med}$  en comunidades autónomas del norte y noreste peninsular como Asturias, Cantabria, y Cataluña, se acentúa más respecto a RCP 4.5. Las condiciones de confortabilidad también mejoran consistentemente en La Rioja, Galicia y País Vasco. Islas Baleares, Murcia, Comunidad Valenciana y Andalucía continúan siendo, por este orden, las comunidades autónomas con mejores condiciones de confortabilidad climática para el turismo urbano.

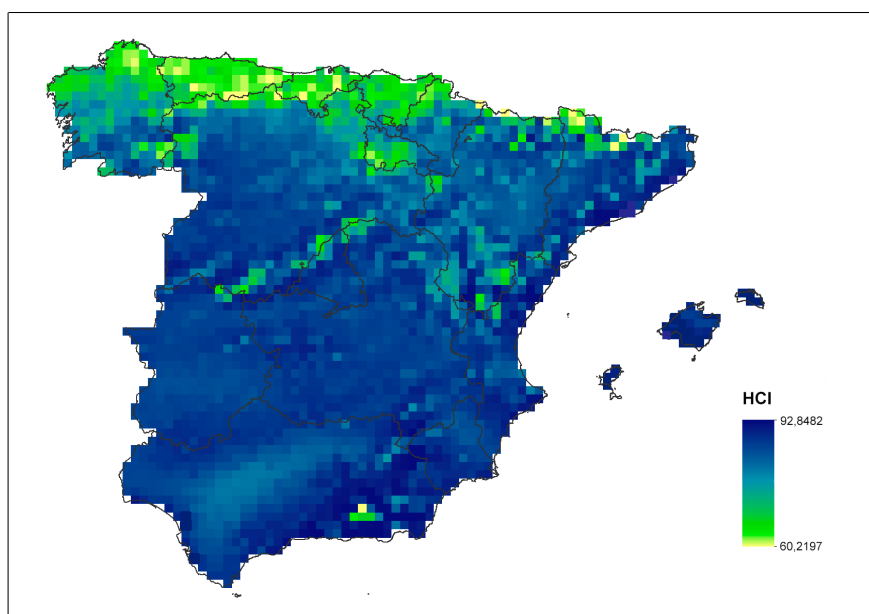
Pese a ello, todas ellas, salvo Murcia, experimentan un ligero descenso en sus valores. Sólo Extremadura registra una disminución mayor del 1%. Pese a ello, como se ha mencionado anteriormente, las condiciones de confortabilidad climática aumentan a nivel nacional prácticamente en un 1% (Ver Suplemento, Tabla S2). En líneas generales, también se observan unas condiciones de confortabilidad climática cada vez más homogéneas (Ver Suplemento, Tablas S7-S8).

Figura 3. Valores de HCI en la PB para el periodo (2041-2060) bajo el escenario RCP 4.5



Elaboración propia

Figura 4. Valores de HCI en la PB para el periodo (2041-2060) bajo el escenario RCP 8.5



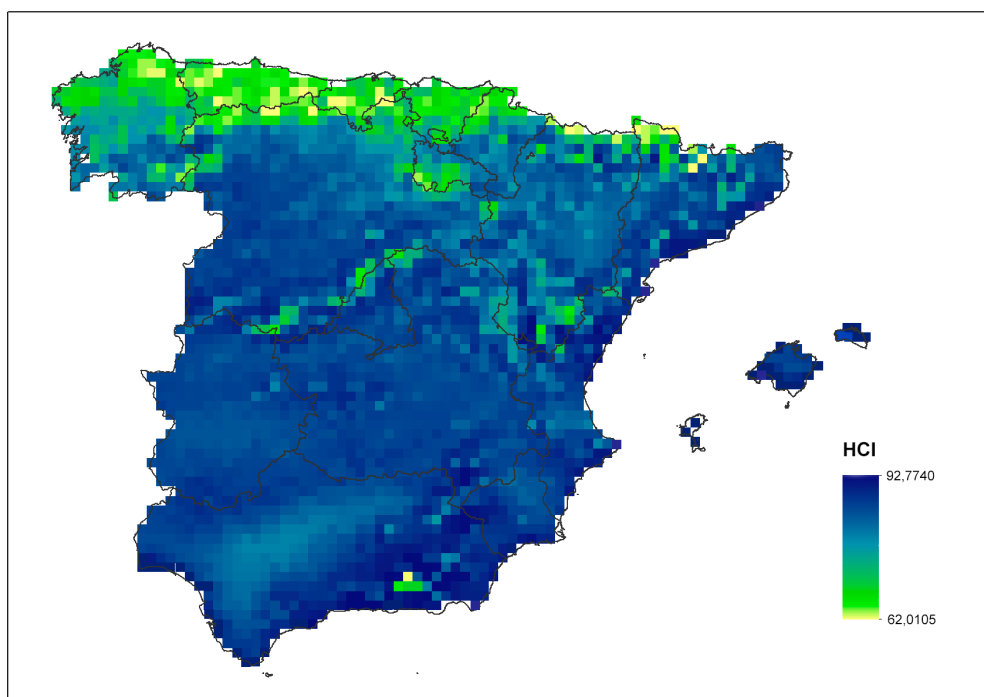
Elaboración propia

Las figuras 5 y 6 muestran los resultados de HCI para 2081-2100. En el escenario RCP 4.5 (Figura 5) los valores de HCI son muy similares a lo observado a mediados de siglo para el escenario RCP 8.5 (Figura 4). Las comunidades autónomas que mostraban una ligera disminución en la calidad de las condiciones climáticas (Andalucía, Extremadura, Islas Baleares y Murcia), muestran ahora una disminución en los valores de HCI<sub>med</sub> ligeramente mayor. Castilla-La Mancha presenta en este escenario una variación porcentual negativa en el valor de HCI<sub>med</sub>.

Los mayores aumentos en los valores de HCI<sub>med</sub> tienen lugar en Asturias, La Rioja y Cantabria. En general, la zona más septentrional del país mejora considerablemente. Destacan también Cataluña y Madrid con aumentos cercanos al 2% (Ver Suplemento, Tabla S2). Como señal de su aumento en las condiciones de confortabilidad turística, y a diferencia de otras comunidades autónomas, Aragón, Asturias, Cantabria, Galicia, La Rioja y País Vasco, aumentan en este escenario RCP 4.5 2081-2100 sus valores de HCI<sub>max</sub> (Ver Suplemento, Tabla S3).

Asimismo, los valores de HCI para cada comunidad autónoma se encuentran mucho más próximos a su de HCI<sub>med</sub> correspondiente, con una desviación estándar que se reduce en casi un 30% a nivel nacional, y más del 50% en algunos casos como Extremadura, Madrid y Comunidad Valenciana (Ver Suplemento, Tabla S8).

Figura 5. Valores de HCI en la PB para el periodo (2081-2100) bajo el escenario RCP 4.5



Elaboración propia

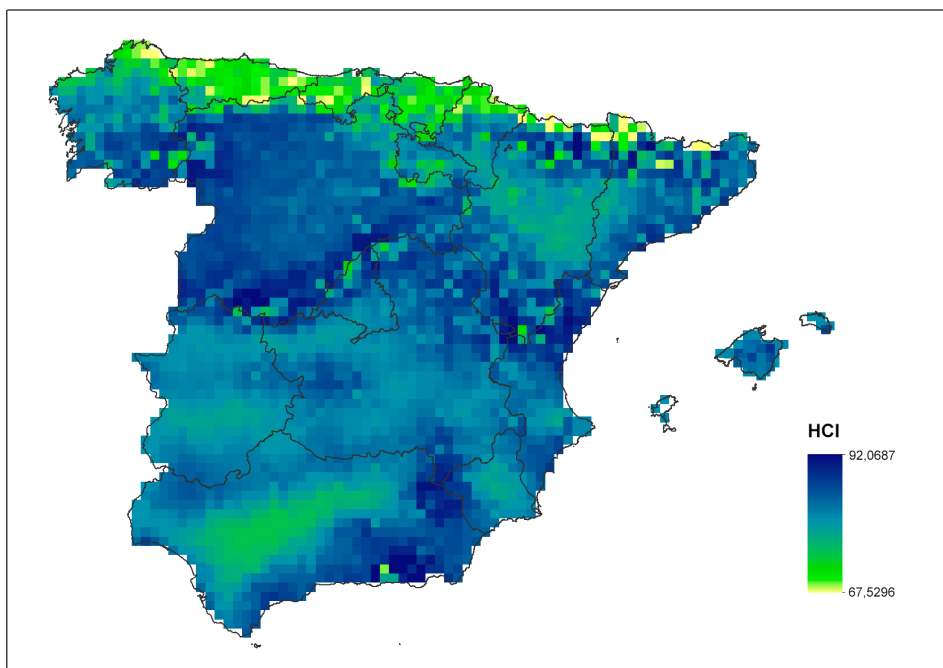
El aumento de la temperatura en superficie que se espera en la PB será mucho más intenso a finales de siglo bajo el escenario RCP 8.5, lo que influirá notablemente la faceta térmica del índice y por ende en la disminución de los valores de HCI, como muestra la Figura 6. Se observa un mayor descenso de los valores de HCI en el valle del Guadalquivir (Andalucía), y los valles del Tajo y Guadiana (Extremadura), así como en la depresión prelitoral de Murcia.

En consecuencia, estas 3 comunidades autónomas empeoran sus condiciones de confortabilidad climática con un descenso superior al 3% en sus valores de  $HCI_{med}$  respecto a 1986-2005 (Ver Suplemento, Tabla S2).

También se producen importantes descensos en las Islas Baleares (2,90%), así como en la meseta sur y zonas prelitorales de Alicante y Valencia (Comunidad Valenciana). Tanto en el interior de Cataluña y Aragón, como en el sur de Navarra, se observa una disminución en los valores de HCI considerable, pese a ello, la mejora en los valores de HCI en sus áreas más septentrionales (en torno a los Pirineos) conlleva a que estas comunidades autónomas mejoren su valor de  $HCI_{med}$ , y, por lo tanto, sus condiciones de confortabilidad turística. Castilla – La Mancha y Comunidad Valenciana también empeoran sus valores de  $HCI_{med}$ .

En el lado opuesto se encuentran Asturias, Cantabria, La Rioja, Galicia y País Vasco, con aumentos respecto a 1986-2005 del 11, 27%, 9,67%, 8,27%, 7,13% y 5,86% respectivamente. Este aumento da lugar a que, en términos porcentuales,  $HCI_{med}$  aumente a nivel nacional para RCP 8.5 2081-2100 (0,35%) (Ver Suplemento, Tabla S2).

Fig. 6 Valores de HCI en la PB para el periodo (2081-2100) bajo el escenario RCP 8.5



Elaboración propia

Pese a experimentar una considerable disminución en los valores de  $HCI_{med}$ , las Islas Baleares continúan siendo la comunidad autónoma con mejor calificación (Ver Suplemento, Tabla S1). Mientras que el resto de las comunidades autónomas que habían registrado, tanto en el periodo de referencia, como en RCP 8.5 2041-2060, las mejores condiciones de confortabilidad climática (Extremadura, Murcia y Andalucía), ya no se encuentran para RCP 8.5 2081-2100 entre las 5 comunidades autónomas con un mayor  $HCI_{med}$ .



Los valores de  $HCI_{max}$  descienden en 10 de las 16 comunidades autónomas presentes en el estudio y también a nivel nacional (-0,68%) (Ver Suplemento, Tablas S3-S4), mientras que, en las comunidades autónomas cantábricas, Aragón y La Rioja, los valores de  $HCI_{max}$  aumentan considerablemente, especialmente en Asturias (85,92), comunidad que en el período de referencia contaba con el  $HCI_{max}$  más bajo (79,45) (Ver Suplemento, Tabla S1). Por el contrario, los valores de  $HCI_{min}$  aumentan más que ningún otro indicador, en un total de 14 comunidades autónomas y con un aumento a nivel nacional del 21,48% (Ver Suplemento, Tablas S5-S6).

Finalmente, se observa como los valores de HCI de las comunidades autónomas se aproximan mucho más a  $HCI_{med}$ , como muestran los datos relativos a la variación porcentual de  $HCI_{ds}$ , destacando Madrid (-68,23%), La Rioja (-63,77%) y Comunidad Valenciana (-63,12%). A nivel nacional,  $HCI_{ds}$  se reduce en más de la mitad (-53,46%). (Ver Suplemento, Tabla S8). Las comunidades autónomas con una menor variabilidad en sus valores de HCI son Extremadura ( $\sigma = 0,77$ ) e Islas Baleares ( $\sigma = 0,94$ ) (Ver Suplemento, Tabla S9).

## V. DISCUSIÓN

El presente estudio aplica por primera vez el índice HCI:Urban a la PB en su conjunto, analizando los cambios en la distribución espacial de las condiciones de confort térmico para el turismo urbano a mediados (2041-2060) y a finales de siglo (2081-2100). Tras analizar los resultados, sorprende que para el escenario RCP 8.5 2081-2100 no exista un cambio de mayor entidad en el que las condiciones medias de confortabilidad climática ( $HCI_{med}$ ) disminuyan a valores “buenos” (60-69), “aceptables” (50-59) o incluso “marginales” (40-49), en la línea con lo mostrado anteriormente con el TCI por otros autores (Amelung y Viner, 2006; Amelung y Moreno, 2009; Hein et al, 2009). Por el contrario, pese a la pérdida de confortabilidad climática registrada, se mantienen las condiciones “excelentes” (80-90) para la práctica del turismo urbano en todas las comunidades autónomas, descendiendo de categoría sólo las Islas Baleares, que contaban con la máxima categoría de HCI (“ideal”,  $> 90$ ).

Esto es debido a diversos parámetros del índice: En primer término, la excesiva valoración de las temperaturas cuando estas son considerablemente altas (ver Tabla 2), siendo en este punto notablemente más benévolo que, el actualmente menos utilizado, -TCI (Mieczkowski; 1985; Scott et al., 2016). Asimismo, el alto peso otorgado a la variable física (F) implica que, bajo situaciones de ligero viento y ausencia de lluvia, acompañadas de escasa nubosidad (variable estética, E), los valores de HCI serán altos, aunque las temperaturas máximas sean muy altas y la variable CT tenga calificación de “suspensa”. Sirva como ejemplo que, bajo las condiciones anteriormente expuestas, con una temperatura máxima de 34,9°C nos encontraríamos con unas condiciones “excelentes”, con 36,9°C “muy buenas” y con  $\geq 39$ °C “buenas”, según HCI.

Este parece ser un enfoque demasiado optimista en el que las calificaciones son demasiado altas, tal y como han mostrado Hejazizadeh et al., (2019), obteniendo valores estivales de HCI más altos en los desiertos iraníes de Kavir y Lut que en las costas de Makran (SE de Irán). Además, la temperatura máxima en la variable CT es un umbral fijo, por lo tanto, no se tiene en cuenta que la tolerancia de los turistas a la misma será diferencial en función de múltiples factores, como su lugar de procedencia, salud y estado físico (Broisy et al., 2014).

Asimismo, el turismo de carácter urbano no sólo implica entornos con aire acondicionado como museos o centros de interpretación, si no que muchas de las actividades como festivales, conciertos, desfiles, exposiciones, turismo de escenarios históricos, turismo deportivo, tours guiados por la ciudad o visitas a monumentos, transcurren principalmente al aire libre. Por otra parte, uno de los argumentos de la no inclusión de las temperaturas mínimas en la formulación de HCI es que no son algo relevante, pues los alojamientos actualmente cuentan con aire acondicionado (Scott et al., 2016). En este sentido, en España una parte considerable de los alojamientos turísticos no cuentan con aire acondicionado, además, cada vez son más habituales las actividades turísticas de carácter nocturno, como las visitas nocturnas. En esta línea, estudios recientes han señalado la importancia de las temperaturas mínimas en la mortalidad (Royé et al., 2021), mientras que HCI, a diferencia de otros índices como EHF (Nairn y Fawcett, 2015) o PET (Matzarakis, 2006), no las incluye en su formulación.

Pese a estas consideraciones, este trabajo no tiene por objetivo ser una mera propuesta de mejora o de identificación de las carencias de HCI, sino su aplicación, así como el análisis de sus resultados. En esta línea, dos de las comunidades autónomas que reciben la mayor cantidad de turistas, como Islas Baleares y Andalucía, son, junto a Extremadura y Murcia, las comunidades autónomas que experimentan una mayor disminución (2,91%, 3,33%, 3,75% y 3,34% respectivamente) en el valor de  $HCI_{med}$  a finales de siglo (RCP 8.5) y, por ende, un mayor deterioro de las condiciones de confortabilidad climática. Por el contrario, en la zona cantábrica la situación es la opuesta, Asturias, Cantabria, La Rioja, Galicia y País Vasco, mejoran considerablemente sus valores de  $HCI_{med}$  con aumentos respecto a 1986-2005 del 11, 27%, 9,67%, 8,27%, 7,13% y 5,86% respectivamente. Estos aumentos darán lugar a que los flujos turísticos en la PB experimenten cambios, aumentando significativamente hacia el norte y noroeste peninsular, debido a su notable mejora en las condiciones de confortabilidad climática en temporada estival, lo que se encuentra en acuerdo con las investigaciones previas de Amelung y Viner (2006), y de Hein et al., (2009).

Asimismo, los resultados muestran como los valores de  $HCI_{max}$ , disminuyen con más intensidad en aquellas comunidades autónomas en las que eran más altos, y por ende la confortabilidad climática de las mejores zonas para el turismo tiende a ser cada vez más baja en época estival. El aumento de  $HCI_{min}$  se entiende en este contexto y en la península como una de las consecuencias del cambio climático en el escenario RCP 8.5 2081-2100, ya que las temperaturas serán mayores, pero también aumentarán las condiciones de ausencia de lluvias y viento (F), así como de nubosidad (E). Por lo tanto, la variabilidad del confort climático será cada vez menor, fruto de un clima más cálido, con menos precipitaciones y cada vez más homogéneo, tal y como muestran los valores de  $HCI_{ds}$  de Extremadura (0,77) e Islas Baleares (0,94), las dos comunidades autónomas con menor variabilidad del confort climático (RCP 8.5 2081-2100).

En conjunto, los resultados ratifican el progresivo deterioro de las condiciones climáticas en la región mediterránea (Amelung, et al., 2007; UNWTO, 2007; Nicholls y Amelung, 2008; Perch-Nilsen et al., 2010) y concretamente en España, donde se espera que, en la segunda mitad de siglo, el número de turistas internacionales disminuya considerablemente en época

estival (Amelung y Viner, 2006; Hein et al., 2009). Esta dinámica no sólo implicará un desplazamiento de turistas hacia zonas septentrionales de Europa cada vez más favorables climáticamente y con una menor estacionalidad, sino también un importante aumento de la presión turística en la zona norte y noroeste de España. En este punto se antoja más que necesaria la implicación y colaboración de las instituciones y sector turístico a fin de planificar y actuar sobre la demanda de actividades, servicios e instalaciones turísticas asociada a los nuevos flujos turísticos que se van a generar, con el fin de minimizar impactos sociales y ambientales.

## VI. CONCLUSIONES

En resumen, en este trabajo hemos realizado un análisis de la confortabilidad climática para la práctica del turismo urbano en la PB para 2041-2060 y 2081-2100, utilizando el índice HCI:Urban. Se han obtenido las siguientes conclusiones:

- Las proyecciones de HCI:Urban para mitad de siglo (2041-2060) indican, para ambos escenarios, que las comunidades autónomas con unas mejores condiciones de confortabilidad para la práctica del turismo urbano seguirán siendo Islas Baleares, Murcia, Comunidad Valenciana y Andalucía. Su disminución en términos de confortabilidad es residual, pero más acentuada bajo el escenario RCP 8.5.
- A finales de siglo (2081-2100), los valores de HCI<sub>med</sub> en el escenario RCP 8.5 muestran un claro deterioro de las condiciones de confortabilidad climática en las zonas más meridionales del interior del país, centro-oeste peninsular y Archipiélago balear, con variaciones porcentuales que superan (rondan) el 3% en Extremadura, Murcia y Andalucía (Islas Baleares). En esta línea, ya no existen condiciones “ideales” para la práctica del turismo urbano en ninguna comunidad autónoma.
- Paralelamente, regiones como Asturias, Cantabria, La Rioja, Galicia o País Vasco se postulan con firmeza en el escenario RCP 8.5 2081-2100 como polos de atracción de la actividad turística en el país, al mejorar significativamente sus valores de confortabilidad turística respecto a 1986-2005, con aumentos de 11,26%, 9,68%, 8,27%, 7,13% y 5,86% respectivamente, alcanzando las condiciones “excelentes”.
- Se espera por lo tanto que el cambio climático de lugar, a finales de siglo, a una redistribución de los flujos turísticos en temporada estival hacia las regiones más septentrionales del país, especialmente el noroeste y norte peninsular, en detrimento del sur del país y del centro-oeste peninsular, las cuales se espera que desplacen progresivamente parte de su temporada alta a otoño.
- Tras su utilización es preciso destacar que HCI muestra algunas inconsistencias considerables. Una revisión de los valores asociados a las temperaturas máximas cuando estas son elevadas, así como una diferente ponderación de las variables físicas (lluvia y viento), y de confort térmico (temperatura máxima y humedad), serían necesarias para convertirlo en una herramienta ciertamente efectiva para analizar la confortabilidad climática del turismo urbano futuro, y que su información pueda ser de mayor utilidad para turistas y agencias de viajes, así como en la elaboración de

instrumentos de planificación urbana y regional, concretamente en la gestión de los nuevos flujos turísticos y en sus posibles impactos ambientales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amelung, B., y Viner, D. (2006). Mediterranean tourism: Exploring the future with the tourism climate index. *J Sustain Tour*, 14, 349–366 <https://doi.org/10.2167/jost549.0>
- Amelung, B., Nicholls, S., y Viner, D. (2007). Implications of global climate change for tourism flows and seasonality. *J. Travel Res*, 45, 285–296. <https://doi.org/10.1177/0047287506295937>
- Amelung, B., y Moreno, A. (2009). Impacts of climate change in tourism in Europe. PESETA-Tourism study. Joint Research Centre/ Institute for Prospective Technological studies (European Commission).
- Barry, R. G. (2008). *Mountain Weather and Climate* (3rd ed). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511754753>
- Brosy, C., Zaninovic, K., y Matzarakis, A. (2014). Quantification of climate tourism potential of Croatia based on measured data and regional modeling. *Int J Biometeorol*, 58, 1369–1381. <https://doi.org/10.1007/s00484-013-0738-8>
- Brunet, M., Jones, P.D., Sigró, J., Saladié, O., Aguilar, E., Moberg, A., Della-Marta, P.M., Lister, D., Walther, A., y López, D., (2007). Temporal and spatial temperature variability and change over Spain during 1850-2005. *J Geophys Res Atmos*, 112, D12117. <https://doi.org/10.1029/2006JD008249>
- Buguet, A. (2007). Sleep under extreme environments: Effects of heat and cold exposure, altitude, hyperbaric pressure and microgravity in space», *J Neurol Sci*, 262, 145-152 <https://doi.org/10.1016/j.jns.2007.06.040>
- Carrillo, J., González, A., Pérez, J.C., Expósito, F.J., y Díaz, J.P. (2022). Projected impacts of climate change on tourism in the Canary Islands. *Reg Environ Change*, 22, 61. <https://doi.org/10.1007/s10113-022-01880-9>
- Clark, R.P., y Edholm, O.G. (1985) *Man and his thermal environment*. E. Arnold, London
- Copernicus Climate Change Service. (2019). <https://doi.org/10.24381/cds.126d9ce7>
- Crouch, G.I. (1995). A meta-analysis of tourism demand. *Ann Tour Res*, 22, 103-118. [https://doi.org/10.1016/0160-7383\(94\)00054-V](https://doi.org/10.1016/0160-7383(94)00054-V)
- De Freitas, C.R. (2003) Tourism climatology: evaluating environmental information for decision making and business planning in the recreation and tourism sector. *Int J Biometeorol*, 48, 45–54. <https://doi.org/10.1007/s00484-003-0177-z>
- De Freitas, C.R., Scott, D., y McBoyle G. (2008). A second generation climate index for tourism (CIT): specification and verification. *Int J Biometeorol*, 52(5),399-407. <https://doi.org/10.1007/s00484-007-0134-3>

- Demiroglu, O., Saygili-Araci, F., Pacal, A., Hall, C., y Kurnaz, M. (2020). Future Holiday Climate Index (HCI) Performance of Urban and Beach Destinations in the Mediterranean. *Atmosphere*, 11, 911 <https://doi.org/10.3390/atmos11090911>
- Díaz-Poso, A.; Lorenzo, N.; Royé, D. (2023). Spatio-temporal evolution of heat waves severity and expansion across the Iberian Peninsula and Balearic Islands. *Environ. Res.* 217, 114864. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114864>
- Donat, M.G., Alexander, L.V., Yang, H., Durre, I., Vose, R., Dunn, R.J.H., Willet, K.M., Aguilar, E., Brunet, M., Caesar, J., Hewiston, B., Jack, C., Klein Tank, A.M.G., Kruger, A.C., Marengo, J., Peterson, T.C., Renom, M., Oria Rojas, C., Rusticucci, M., Salinger, J., Elrayah, A.S., Sekele, S.S., Srivastava, A.K., Trewin, B., Villaroel, C., Vincent, L.A., Zhai, P., Zhang, X., y Kitching, S. (2013): Updated analyses of temperature and precipitation extreme indices since the beginin of the twentieth century. *J Geophys Res Atmos*, 118, 2098-2118. <https://doi.org/10.1002/jgrd.50150>
- Fanger, P.O. (1972) Thermal comfort. McGraw-Hill, New York
- Gagge, A.P., Fobelets, A.P., y Berglund, L.G. (1986) A standard predictive index of human response to the thermal environment. *ASHRAE Trans*, 92, 709–731
- Gasparrini, A., Guo, Y., Sera, F., Vicedo-Cabrera, A.M., Huber, V., Tong, S., y Armstrong, B., (2017). Projections of temperature-related excess mortality under climate change scenarios. *Lancet Planet. Health*, 1, e360–e367. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(17\)30156-0](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(17)30156-0)
- Gössling, S., Bruno, A., y Steiger, R. (2016). “It Was Raining All the Time!”: Ex Post Tourist Weather Perceptions. *Atmosphere*, 7(1), 1-12. <https://doi.org/10.3390/atmos7010010>
- Grize, L., Huss, A., Thommen, O., Schindler, C., y Braun-Fahrländer C. (2005). Heat wave 2003 and mortality in Switzerland. *Swiss Med Wkly*, 135, 200-205.
- Haskell, E.H., Palcaa, J.W., Walkera, J.M., Bergera, R.J. y Hellera, H.C. (1981). The effects of high and low ambient temperatures on human sleep stages. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 51, 494-501 [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(81\)90226-1](https://doi.org/10.1016/0013-4694(81)90226-1)
- Hein, L., Metzger, M.J., y Moreno, A. (2009). Potential impacts of climate change on tourism: A case study for Spain. *Curr Opin Environ Sustain*, 1, 170–178. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2009.10.011>
- Hejazizadeh, Z., Karbalaee, A., Hosseini, S.A., Tabatabaei, S.A. (2019). Comparison of the holiday climate index (HCI) and the tourism climate index (TCI) in desert regions and Makran coasts of Iran. *Arab J Geosci*, 12, 803. <https://doi.org/10.1007/s12517-019-4997-5>
- Höppe, P. (1999). The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *Int J Biometeorol*, 43, 71–75. <https://doi.org/10.1007/s004840050118>
- Ibarra, E.M. (2011). The use of webcam images to determine tourist–climate aptitude: favourable weather types for sun and beach tourism on the Alicante coast (Spain). *Int J Biometeorol*, 55, 373–385 <https://doi.org/10.1007/s00484-010-0347-8>

- Instituto Nacional de Estadística (INE). (2022). Movimientos Turísticos en Fronteras, <https://www.ine.es/jaxiT3/Tabla.htm?t=23981&L=0> , (acceso 25 de mayo de 2022).
- IPCC, (2018). Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 32 pp.
- Kuglitsch, F.G., Toreti, A., Xoplaki, E., Della-Marta, P.M., Zerefos, C.S., Türkeş, M., y Luterbacher, J., (2010). Heat wave changes in the eastern Mediterranean since 1960. *Geophys Res Lett*, 37(4), L04802. <https://doi.org/10.1029/2009GL041841>
- Lohmann, M. y Kaim, E. (1999). Weather and holiday destination preferences image, attitude and experience. *Tour Rev*, 54, 54-64. <https://doi.org/10.1108/eb058303>
- López, A., Fernández, F., Arroy, F., Martín-Vide, J. y Cuadrat, J.M. (1993). *El clima de las ciudades españolas*. Cátedra. Madrid, 268 pp
- Lorenzo, N., Díaz-Poso, A., Royé, D., (2021). Heatwave intensity of the Iberian Peninsula: Future climate projections. *Atmos Res*, 258, 105655. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2021.105655>
- Matzarakis, A., Mayer, H. y Iziomon, M. (1999). Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. *Int J Biometeorol*, 43, 76–84. <https://doi.org/10.1007/s004840050119>
- Matzarakis, A. (2006). Weather- and climate-related information for tourism. *Tour Hosp Plan Dev*, 3(2), 99–115. <https://doi.org/10.1080/14790530600938279>
- Matzarakis, A., Rutz, F., y Mayer, H. (2007). Modeling radiation fluxes in simple and complex environments—application of the RayMan model. *Int J Biometeorol*, 51(4), 323–334. <https://doi.org/10.1007/s00484-006-0061-8>
- Matzarakis, A. (2010). Climate change and temporal at regional and local scale. In: Schott, C. (Ed.) *Tourism and the implications of climate change: issues and actions* (pp. 237–259). *Bridg Tour Theory Pract*, 3. Emerald Group Publishing Limited, Bingley. [https://doi.org/10.1108/S2042-1443\(2010\)0000003017](https://doi.org/10.1108/S2042-1443(2010)0000003017)
- Mayer, H., y Höpfe, P. (1987). Thermal comfort of man in different urban environments. *Theor Appl Climatol*, 38, 43–49. <https://doi.org/10.1007/BF00866252>
- Mieczkowski, Z. (1985). The Tourism Climate Index: a method of evaluating world climates for tourism. *Can Geogr / Geogr Can*, 29(3), 220-233 <https://doi.org/10.1111/j.1541-0064.1985.tb00365.x>



- Millán López, A. (2023). Climatología del Turismo Aplicada ante la dinámica de complementariedad litoral-interior: la provincia de Granada como base de estudio. *Cuadernos Geográficos*, 62(1), 150-170. <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v62i1.24076>
- Miró Pérez, J. J. y Olcina Cantos, J. (2020). Cambio climático y confort térmico. Efectos en el turismo de la Comunidad Valenciana. *Investigaciones Turísticas* (20), pp. 1-30. <https://doi.org/10.14198/INTURI2020.20.01>
- Molina, M.O., Sánchez, E., y Gutiérrez, C., (2020). Future heat waves over the Mediterranean from an Euro-CORDEX regional climate model ensemble. *Sci Rep*, 10, 8801. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65663-0>
- Moreno García, M.C. (1999). Climatología urbana. Edicions Universitat de Barcelona. 71 pp.
- Moreno, A. (2010). Mediterranean Tourism and Climate (Change): A Survey-Based Study. *Tour Hosp Plan Dev*, 7, 253–265. <https://doi.org/10.1080/1479053X.2010.502384>
- Nairn, J., y Fawcett, R., (2015). The excess heat factor: A metric for heatwave intensity and its use in classifying heatwave severity. *Int J Environ Res Public Health*, 12, 227-253. <https://doi.org/10.3390/ijerph120100227>
- Nicholls, S., y Amelung, B. (2008). Climate Change and Tourism in Northwestern Europe: Impacts and Adaptation. *Tour Anal*, 13, 21–31. <https://doi.org/10.3727/108354208784548724>
- Okamoto-Mizuno, K. y Mizuno, K. (2012): Effects of thermal environment on sleep and circadian rhythm. *J Physiol Anthropol*, 31, 1-14. <https://doi.org/10.1186/1880-6805-31-14>
- Oliveira, A., Lopes, A., y Soares, A., (2022). Excess Heat Factor climatology, trends and exposure across European Functional Urban Areas. *Weather Clim Extremes*, 36 100455. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2022.100455>
- Perch-Nielsen, S.L., Amelung, B., y Knutti, R. (2010). Future climate resources for tourism in Europe based on the daily Tourism Climatic Index. *Clim Change*, 103, 363–381. <https://doi.org/10.1007/s10584-009-9772-2>
- Perry, A.H. (2001). More heat and drought—can Mediterranean tourism survive and prosper? In: Matzarakis, A., & De Freitas, C.R. (Eds.) *Proceedings of the first international workshop on climate, tourism and recreation*. (pp. 35–40)
- Royé, D., Lorenzo, N., Rasilla, D., y Martí, A., (2019). Spatio-temporal variations of cloud fraction based on circulation types in the Iberian Peninsula. *Int J Climatol*, 39(3), 1716-1732. <https://doi.org/10.1002/joc.5914>
- Royé, D., Codesido, R., Tobías, A., y Taracido, M. (2020). Heat wave intensity and daily mortality in four of the largest cities of Spain. *Environ Res*, 182, 109027. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.109027>

- Royé, D., Sera, F., Tobías, A., Lowe, R., Gasparrini, A., Pascal, M., De'donato, F., Nunes, B., y Teixeira, J.P. (2021). Effects of Hot Nights on Mortality in Southern Europe. *Epidemiology*, 32(4), 487-498. <https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000001359>
- Russo, S., Sillmann J., y Fischer, E.M., (2015). Top ten European heatwaves since 1950 and their occurrence in the coming decades. *Environ Res Lett*, 10(12), 124003. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/12/124003>
- Rutty, M., Scott, D., Matthews, L., Burrowes, R., Trotman, A., Mahon, R., y Charles, A. (2020). An Inter-Comparison of the Holiday Climate Index (HCI:Beach) and the Tourism Climate Index (TCI) to Explain Canadian Tourism Arrivals to the Caribbean. *Atmosphere*, 11, 412. <https://doi.org/10.3390/atmos11040412>
- Salata, F., Golasi, I., de Lieto Vollaro, R., y De Lieto Vollaro, A. (2016). Outdoor thermal comfort in the Mediterranean area. A transversal study in Rome, Italy. *Build Environ*, 96, 46–61. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.11.023>
- Salata, F., Golasi, I., Proietti, R., y De Lieto Vollaro, A. (2017). Implications of climate and outdoor thermal comfort on tourism: the case of Italy. *Int J Biometeorol*, 61, 2229–2244. <https://doi.org/10.1007/s00484-017-1430-1>
- Scott, D. (2011) Why sustainable tourism must address climate change. *J Sustain Tour* 19, 17–34. <https://doi.org/10.1080/09669582.2010.539694>
- Scott, D., Rutty, M., Amelung, B., y Mantao, T. (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. Master's thesis, University of Waterloo. <https://core.ac.uk/download/pdf/144146611.pdf> , (acceso 2 de junio de 2022).
- United Nations World Tourism Organization (UNWTO) (2007) Climate change and tourism—responding to global challenges. Summary. Joint UNWTO, UNEP, WMO.
- Universal Thermal Climate Index (UTCI) (2009). Universal thermal climate index. <http://www.utci.org/index.php> , (acceso 11 de junio de 2022).
- Vicedo-Cabrera, A.M., Guo, Y., Sera, F., et al., (2018). Temperature-related mortality impacts under and beyond Paris Agreement climate change scenarios. *Clim Change*, 150, 391-402. <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2274-3>
- Turespaña. (2019). Memoria 2019. <https://www.tourspain.es/es-es/Conozcanos/MemoriasAnuales/Memoria%20TURESPA%C3%91A%202019.pdf> , (acceso 5 de mayo de 2022).
- World Meteorological Organization (WMO) (2009). Analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation. World Meteorological Organization. Geneva. WCDMP-No.72

Yu, D.D., Ruttly, M., Scott, D, y Li, S. (2021). A comparison of the holiday climate index:beach and the tourism climate index across coastal destinations in China. *Int J Biometeorol*, 65, 741–748. <https://doi.org/10.1007/s00484-020-01979-w>

Zeng, D., Jinkui, W., Yaqiong, M., Mingshan, D., Yanqiang, W., y Weibing, S. (2020). Spatial-Temporal Pattern Changes of UTCI in the China-Pakistan Economic Corridor in Recent 40 Years. *Atmosphere*, 11, (8), 858. <https://doi.org/10.3390/atmos11080858>

### **CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES**

Autor 1: Análisis, adquisición e interpretación de los datos. Redacción. Aprobación final de la versión a publicar.

Autor 2: Concepción original del trabajo.

Autor 3: Revisión crítica del contenido.

### **AGRADECIMIENTOS**

Alejandro Díaz Poso agradece el apoyo del programa FPU del Ministerio de Universidades [número de contrato FPU20-04454].

## ANEXOS

Tabla S1. Valores de HCl<sub>med</sub>

Comunidad autónoma	Referencia 1986-2005	2041-2060 RCP 4.5	2041-2060 RCP 8.5	2081-2100 RCP 4.5	2081-2100 RCP 8.5
Andalucía	89,72	89,18	89,01	88,92	86,74
Aragón	85,28	86,52	86,51	86,76	86,28
Asturias	72,54	75,67	75,96	77,14	80,71
Cantabria	74,35	76,74	77,19	77,76	81,54
Castilla-La Mancha	88,77	89,02	88,87	88,71	87,23
Castilla y León	85,26	86,98	86,58	86,85	87,80
Cataluña	85,34	85,51	87,03	87,03	86,29
Extremadura	89,92	89,24	88,96	88,83	86,55
Galicia	80,19	83,23	82,93	82,93	85,91
Islas Baleares	90,87	90,15	90,18	89,80	88,23
La Rioja	79,38	84,62	83,72	83,76	85,94
Madrid	86,96	88,70	87,89	88,66	87,07
Murcia	89,76	89,37	89,48	89,48	86,76
Navarra	83,27	82,88	83,78	84,83	84,66
País Vasco	77,79	80,17	79,06	79,80	82,35
C. Valenciana	88,35	88,60	89,22	89,12	87,90
<b>España</b>	<b>86,37</b>	<b>87,14</b>	<b>87,14</b>	<b>87,15</b>	<b>86,67</b>

Tabla S2. Variación porcentual de los valores de HCl<sub>med</sub> (en %)

Comunidad autónoma	2041-2060 RCP 4.5	2041-2060 RCP 8.5	2081-2100 RCP 4.5	2081-2100 RCP 8.5
Andalucía	-0,61	-0,80	-0,90	-3,33
Aragón	1,44	1,44	1,73	1,17
Asturias	4,31	4,71	6,35	11,27
Cantabria	3,22	3,83	4,59	9,68
Castilla-La Mancha	0,28	0,11	-0,07	-1,73
Castilla y León	2,01	1,54	1,86	2,98
Cataluña	0,21	1,98	1,99	1,11
Extremadura	-0,75	-1,06	-1,21	-3,75
Galicia	3,79	3,42	3,42	7,13
Islas Baleares	-0,79	-0,75	-1,18	-2,90
La Rioja	6,61	5,47	5,52	8,27
Madrid	1,99	1,07	1,95	0,13
Murcia	-0,43	-0,31	-0,32	-3,34
Navarra	-0,47	0,62	1,87	1,67
País Vasco	3,06	1,63	2,59	5,86
C. Valenciana	0,29	0,99	0,88	-0,51
<b>España</b>	<b>0,89</b>	<b>0,90</b>	<b>0,90</b>	<b>0,35</b>

Tabla S3. Valores de HCl<sub>max</sub>

Comunidad autónoma	Referencia 1986-2005	2041-2060 RCP 4.5	2041-2060 RCP 8.5	2081-2100 RCP 4.5	2081-2100 RCP 8.5
Andalucía	92,70	92,72	92,85	92,77	92,07
Aragón	90,47	91,67	91,66	91,56	91,24
Asturias	79,45	82,34	82,67	82,82	85,92
Cantabria	81,93	85,13	83,16	84,99	86,12
Castilla-La Mancha	92,49	91,21	91,89	91,72	90,64
Castilla y León	91,84	91,29	91,45	90,95	91,80
Cataluña	91,80	91,13	91,75	91,37	90,86
Extremadura	91,53	91,12	90,83	90,57	89,38
Galicia	88,87	90,17	90,30	89,69	90,14
Islas Baleares	91,89	91,31	91,32	91,03	89,91
La Rioja	86,96	87,91	88,47	88,61	88,86
Madrid	91,11	90,97	90,52	90,61	90,31
Murcia	92,01	91,90	91,67	91,54	89,22
Navarra	88,88	88,04	88,56	88,82	88,25
País Vasco	85,01	86,66	84,25	86,37	87,86
C. Valenciana	92,06	91,62	91,78	91,60	90,70
<b>España</b>	<b>92,70</b>	<b>92,72</b>	<b>92,85</b>	<b>92,77</b>	<b>92,07</b>

Tabla S4. Variación porcentual de los valores de HCl<sub>max</sub> (en %)

Comunidad autónoma	2041-2060 RCP 4.5	2041-2060 RCP 8.5	2081-2100 RCP 4.5	2081-2100 RCP 8.5
Andalucía	0,02	0,16	0,08	-0,68
Aragón	1,32	1,32	1,20	0,86
Asturias	3,63	4,05	4,24	8,15
Cantabria	3,90	1,51	3,74	5,11
Castilla-La Mancha	-1,39	-0,65	-0,83	-2,00
Castilla y León	-0,60	-0,42	-0,96	-0,05
Cataluña	-0,73	-0,05	-0,47	-1,02
Extremadura	-0,45	-0,77	-1,06	-2,35
Galicia	1,46	1,61	0,91	1,43
Islas Baleares	-0,63	-0,62	-0,93	-2,15
La Rioja	1,09	1,74	1,90	2,19
Madrid	-0,15	-0,65	-0,54	-0,88
Murcia	-0,12	-0,37	-0,50	-3,03
Navarra	-0,95	-0,35	-0,07	-0,71
País Vasco	1,93	-0,90	1,60	3,35
C. Valenciana	-0,48	-0,31	-0,51	-1,48
<b>España</b>	<b>0,02</b>	<b>0,16</b>	<b>0,08</b>	<b>-0,68</b>

Tabla S5. Valores de HCl<sub>min</sub>

Comunidad autónoma	Referencia 1986-2005	2041-2060 RCP 4.5	2041-2060 RCP 8.5	2081-2100 RCP 4.5	2081-2100 RCP 8.5
Andalucía	73,18	70,05	71,44	72,43	78,77
Aragón	61,20	64,53	60,22	67,97	67,53
Asturias	72,54	61,68	61,45	62,26	68,64
Cantabria	63,74	67,25	67,66	68,24	73,95
Castilla-La Mancha	76,80	77,38	77,32	78,10	82,63
Castilla y León	69,03	67,25	61,45	67,11	73,56
Cataluña	55,59	60,42	61,17	62,01	67,91
Extremadura	76,25	77,01	81,87	86,16	85,08
Galicia	68,42	72,02	71,98	72,77	76,66
Islas Baleares	89,57	89,22	88,99	88,64	86,79
La Rioja	68,49	79,07	73,65	74,39	81,81
Madrid	70,85	81,35	76,52	82,07	81,91
Murcia	83,62	86,78	86,95	87,29	84,82
Navarra	64,27	74,20	73,97	75,68	77,62
País Vasco	72,48	76,41	73,97	74,46	77,62
C. Valenciana	71,32	78,91	80,72	82,00	84,38
<b>España</b>	<b>55,59</b>	<b>60,42</b>	<b>60,22</b>	<b>62,01</b>	<b>67,53</b>

Tabla S6. Variación porcentual de los valores de HCl<sub>min</sub> (en %)

Comunidad autónoma	2041-2060 RCP 4.5	2041-2060 RCP 8.5	2081-2100 RCP 4.5	2081-2100 RCP 8.5
Andalucía	-4,27	-2,37	-1,02	7,63
Aragón	5,44	-1,61	11,06	10,34
Asturias	-14,97	-15,28	-14,17	-5,37
Cantabria	5,51	6,16	7,06	16,02
Castilla-La Mancha	0,76	0,68	1,69	7,60
Castilla y León	-2,58	-10,97	-2,78	6,57
Cataluña	8,69	10,05	11,56	22,17
Extremadura	1,00	7,37	12,99	11,58
Galicia	5,26	5,20	6,35	12,03
Islas Baleares	-0,39	-0,64	-1,03	-3,11
La Rioja	15,45	7,55	8,62	19,46
Madrid	14,82	8,00	15,84	15,62
Murcia	3,77	3,97	4,38	1,43
Navarra	15,45	15,09	17,75	20,77
País Vasco	5,42	2,06	2,73	7,10
C. Valenciana	10,64	13,19	14,98	18,32
<b>España</b>	<b>8,69</b>	<b>8,34</b>	<b>11,56</b>	<b>21,49</b>



Tabla S7. Desviación estándar de los valores de HCI

Comunidad autónoma	Referencia 1986-2005	2041-2060 RCP 4.5	2041-2060 RCP 8.5	2081-2100 RCP 4.5	2081-2100 RCP 8.5
Andalucía	2,02	1,81	1,85	1,90	1,92
Aragón	4,95	3,80	4,00	3,01	2,80
Asturias	4,22	3,62	3,68	3,26	2,97
Cantabria	4,38	4,73	3,63	4,30	2,96
Castilla-La Mancha	2,49	1,54	1,44	1,30	1,03
Castilla y León	3,89	3,58	3,98	3,62	1,95
Cataluña	6,59	6,22	4,83	4,53	3,64
Extremadura	1,29	1,43	0,82	0,61	0,78
Galicia	4,48	3,82	3,95	3,80	2,67
Islas Baleares	0,68	0,70	0,67	0,71	0,94
La Rioja	4,66	2,61	4,06	3,79	1,69
Madrid	5,15	2,44	3,23	1,75	1,64
Murcia	1,87	1,00	1,04	1,09	1,16
Navarra	5,27	4,26	4,20	3,38	2,73
País Vasco	3,16	2,73	2,38	2,77	2,22
C. Valenciana	3,78	2,43	1,65	1,50	1,39
<b>España</b>	<b>5,31</b>	<b>4,23</b>	<b>4,03</b>	<b>3,77</b>	<b>2,47</b>

Tabla S8. Variación porcentual de la desviación estándar de los valores de HCI (en %)

Comunidad autónoma	2041-2060 RCP 4.5	2041-2060 RCP 8.5	2081-2100 RCP 4.5	2081-2100 RCP 8.5
Andalucía	-10,31	-8,08	-5,60	-4,66
Aragón	-23,19	-19,11	-39,20	-43,43
Asturias	-14,27	-12,70	-22,83	-29,63
Cantabria	8,02	-17,06	-1,69	-32,41
Castilla-La Mancha	-38,24	-42,05	-47,67	-58,83
Castilla y León	-8,09	2,16	-6,91	-49,79
Cataluña	-5,64	-26,72	-31,20	-44,81
Extremadura	10,59	-36,55	-52,55	-40,03
Galicia	-14,79	-11,84	-15,14	-40,29
Islas Baleares	1,76	-2,34	3,81	38,21
La Rioja	-43,97	-12,83	-18,71	-63,78
Madrid	-52,54	-37,38	-66,12	-68,23
Murcia	-46,42	-44,66	-41,72	-37,87
Navarra	-19,26	-20,38	-35,94	-48,16
País Vasco	-13,50	-24,60	-12,36	-29,73
C. Valenciana	-35,71	-56,32	-60,32	-63,12
<b>España</b>	<b>-20,35</b>	<b>-24,12</b>	<b>-29,03</b>	<b>-53,46</b>