

# Evolución del confort climático en la costa sureste de la Península Ibérica y su relación con el cambio climático

Evolution of climate comfort on the southeast coast of the Iberian Peninsula and its relationship with climate change

**David Espín Sánchez** 

[david.espin1@um.es](mailto:david.espin1@um.es)

*Departamento de Geografía  
Universidad de Murcia (España)*

**Jorge Olcina** 

[jorge.olcina@ua.es](mailto:jorge.olcina@ua.es)

*Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física  
Universidad de Alicante (España)*

## Resumen

En el actual contexto de cambio climático se producen cambios espacio-temporales en los indicadores bioclimáticos asociados al confort climático. Las variaciones son especialmente relevantes en aquellas regiones con un claro enfoque del turismo masivo y estacional de sol y playa, con un gran número de turistas bajo la influencia de sensaciones de disconfort en ambientes estivales cálidos y húmedos del litoral mediterráneo de la Península Ibérica. La presente investigación analiza la evolución temporal (1967-2022) para la costa de las provincias de Alicante y Murcia (España) a través de dos índices: índice del confort climático (CI), y el índice modificado climático-turístico de Mięczkowski (TCI). Los resultados ponen de manifiesto una pérdida de confort

Recepción: 14.07.2023

Aceptación: 28.03.2025

Publicación: 07.05.2025

climático durante la época estival, así como una expansión del periodo cálido hacia junio y principios de septiembre. Por su parte, se produce un aumento del confort térmico en época invernal, especialmente durante el mes de diciembre en los últimos años (2000-2022).

**Palabras clave:** bioclimático; índices; sensación térmica; litoral; mediterráneo.

## **Abstract**

In the current context of climate change, spatio-temporal changes occur in the bioclimatic indicators associated with climate comfort. The variations are especially relevant in those regions with a clear focus on mass and seasonal sun and beach tourism, with a large number of tourists under the influence of discomfort feelings in hot and humid summer environments of the Mediterranean coast of the Iberian Peninsula. This research analyzes the temporal evolution (1967-2022) for the coasts of the provinces of Alicante and Murcia (Spain) through two indices: climate comfort index (CI), and the modified Tourism Climate Index de Mieczkowski (TCI). The results reveal a loss of climatic comfort during the summer season, as well as an expansion of the warm period towards June and early September. For its part, there is an increase in thermal comfort in winter, especially during the month of December in recent years (2000-2022).

**Key words:** bioclimatic; index; wind chill; coastline; Mediterranean.

## **1 Introducción**

La Bioclimatología ha sido ampliamente desarrollada durante los últimos años por las estrechas relaciones entre el clima, la salud y algunas actividades económicas relacionadas con el disfrute al aire libre del ser humano como el turismo. En esta última se han desarrollado numerosas investigaciones para analizar el desarrollo del confort bioclimático y su relación con la aptitud turística. Se trata de un concepto que, a pesar de su utilidad en el contexto actual de cambio climático, no ha sido lo suficientemente manejado en la planificación urbana; especialmente, con la intensificación reciente que se registra en grandes núcleos urbanos de las islas de calor, y del impacto de eventos extremos relacionados con las altas temperaturas en la ciudad.

Por el contrario, sí que se han realizado investigaciones con aplicación de índices de confort en la actividad turística, debido a su alto grado de exposición a las condiciones climáticas y al alto impacto en el producto interior bruto de regiones y destinos de esta actividad económica. De ahí que preocupe el efecto que el proceso actual de cambio climático pueda tener sobre la evolución futura de la actividad turística, especialmente en la modalidad de sol y playa. Así, en los últimos

años se han analizado las condiciones de confort en diferentes sectores del planeta con una clara vocación turística o de notable potencial, a fin de ser provechosa en la planificación y toma de decisiones a diferentes escalas. A partir de los años sesenta del pasado siglo, coincidiendo con un momento de crecimiento económico acelerado en muchas economías occidentales y con el desarrollo de la primera oleada turística tras la Segunda Guerra Mundial, se desarrolla la línea de trabajo de la Climatología del Turismo, el cual ha evolucionado desde su incipiente desarrollo con el abordaje del binomio clima-turismo en la década de los 90, hasta el análisis de factores limitantes para la práctica del turismo en la actualidad (Besancenot, 1991; Millán López, 2016; de Freitas, 2017; Tanana et al., 2021). El estudio de confort térmico ha merecido múltiples trabajos en los últimos años, en el contexto de calentamiento térmico planetario (Vardoulakis et al., 2013; Royé & Martí, 2015). En este sentido, diversos estudios han confirmado la pérdida de confort térmico registrada por el incremento notable de “noches tropicales” en las últimas décadas en diversas regiones del mundo, con especial incidencia en las áreas costeras de la cuenca del Mediterráneo, en relación con el propio calentamiento de las aguas del mar (Olcina et al., 2019).

Para evaluar el impacto de las variables climáticas en el organismo humano surge el concepto de confort térmico, definido por las condiciones ambientales (humedad del aire, velocidad del viento, radiación y temperatura) que mantienen las pérdidas y ganancias del organismo humano en un mínimo equilibrio termorregulador, sin estrés por frío o calor (Fernández García, 1994; Matzarakis, 2007; de Freitas, 2008). En la década de los 70 surgen algunos índices fríos (Oliver, 1973). Posteriormente, aparecen los llamados “índices de confort”, clasificados en cuantitativos, cualitativos e híbridos (Fernández García, 2003). En un primer momento, los índices cuantitativos se basaban en modelos teóricos para calcular el balance térmico de una persona, surgiendo, entre otros, el índice de comodidad (Houghton, 1985)

En la actualidad, la sensación térmica de bienestar está recogida desde el punto de vista internacional a través de la ISO 2005 o la ANSI/ASHRAE (ASHRAE,1992), la cual establece, además de los factores físicos o fisiológicos, a los factores psicológicos o anímicos en la sensación de frío o calor, es decir, una percepción subjetiva que forma parte de un proceso cognitivo. Esta idea ha llevado a múltiples debates en la comunidad científica por lograr un consenso en la definición del confort térmico humano, aunque en la actualidad los esfuerzos son complejos debido a la componente de percepción humana (Shashua-Bar et al., 2011).

Durante los últimos años se han consolidado varios índices bioclimáticos y climático-turísticos para cuantificar las sensaciones térmicas y definir los umbrales de confort, siendo en la actualidad muy

utilizados y que han servido de base para índices de confort más recientes. Entre ellos destaca la Temperatura Aparente (Steadman, 1984), el de Temperatura Equivalente (Quayle & Steadman, 1999), el Índice Climático Térmico Universal (UTCI) (Bröde et al., 2011), o el índice de confort (IC) de González (1998). Además, estudios recientes han mostrado discrepancias entre las predicciones de los índices y la sensación térmica prevista y la real (Monteiro & Alucci, 2006; Blazejczyk et al., 2012; Lai et al., 2014). Hoy en día las investigaciones prefieren estimar la sensación térmica a través de índices termofisiológicos como la Temperatura Equivalente Fisiológica (PET) y el UTCI.

El contexto actual de cambio y calentamiento global proyecta una mayor frecuencia de días cálidos a lo largo del año, dando lugar a veranos cada vez más severos en países tropicales y subtropicales, lo que augura una pérdida de comodidad térmica en los visitantes (de Freitas 2003). Este aspecto podría ser especialmente relevante en el clima de las ciudades, donde el urbanismo bioclimático intenta adecuarse a las nuevas realidades.

Los estudios más recientes se han llevado a cabo en diferentes ciudades a nivel planetario, centrándose principalmente en la percepción térmica de los residentes locales y visitantes extranjeros, donde la aclimatación conduce a diferencias en la percepción térmica en varias zonas climáticas (Ochoa de la Torre et al., 2009; Oliveira et al., 2011; Andrade et al., 2011; Solórzano Dávila, 2015). Lin (2009) realizó un análisis en la ciudad de Taichung (Taiwán), donde demuestra que el rango térmico aceptable es mayor que en las ciudades europeas. Por tanto, los visitantes extranjeros experimentan diferentes percepciones climáticas a los residentes, aspecto fundamental en la planificación climática del turismo (de Freitas, 2003).

El control percibido definido por Nikolopoulou y Lykoudis (2006), concluye, que, a mayor libertad de movimiento de la persona bajo condiciones calurosas, supone una mayor satisfacción térmica que las personas con horarios más rígidos y baja autonomía (Lin et al., 2013). Thorsson et al. (2007) exponen que, con un mayor confort térmico, los turistas permanecen más tiempo al aire libre. Análisis que han sido llevados a cabo en varios estudios térmicos para varias ciudades, en su mayoría europeas (Bacci et al., 2003; Zoulia et al., 2009), y que han determinado conclusiones interesantes. En Sydney (Australia), no encontraron diferencia de género en la percepción del calor (Spagnolo & de Dear, 2003). Kenawy y Elkadi (2013) afirmaron que los habitantes de América, el noroeste de Europa y Australia tenían una sensación térmica media más elevada que los asiáticos en verano, lo que implica que este último grupo soportaba peor el calor.

Pantavou et al. (2014) evaluaron el desempeño de un gran número de índices térmicos al cuantificar la sensación térmica en el área de Atenas (Grecia). El índice ASV, el índice subjetivo de temperatura (STI) y el índice climático térmico universal (UTCI), basados en escalas calibradas, mostraron la mejor previsibilidad de sensación térmica en comparación con el resto de los índices estudiados.

Picone y Campo (2016), analizaron las condiciones regionales en Tandil (Argentina) utilizando tres índices de verano y uno de invierno, al considerar que las ciudades con clima templado generan menos confort en verano que en invierno. Un año después, Liang y Bi (2017) analizan las características estacionales del flujo turístico a través del Thermal-Humidity Index (THI) analizados con los datos de la web de estaciones meteorológicas de aficionados de Weather Underground.

En España, destacan los trabajos dedicados al análisis de la evolución térmica en Barcelona, debido a la importancia del tamaño de las ciudades en las modificaciones locales de las temperaturas (Martín Vide et al., 2015; Moreno & Serra, 2016; Royé, 2017; Salvati et al., 2017; Barros Pozo & Martín Vide, 2018). Se trata de estudios que recuperan las aportaciones clásicas sobre “isla de calor” desarrolladas en este ámbito (Carreras et al., 1990; Moreno, 1993).

Para el estudio del confort térmico existen diferentes índices —índice de temperatura efectiva, índice de Hill, diagramas bioclimáticos de Olgay y de Givoni, índices PMV y PPD— adaptados para diferentes objetivos de investigación: confort humano, diseño urbano y de edificios (Fernández García, 1994; Blasco et al., 2007). En este trabajo se ha manejado, por la disponibilidad de datos climáticos de base en alta resolución espacial, el índice de confort climático de Mieczkowski para valorar la situación actual y hacer proyección hacia final de siglo. El empleo de este índice ha sido testado en trabajos anteriores, con resultados adecuados (Miró Pérez et al., 2016) y se muestra idóneo para las aproximaciones sobre aptitud turística de un territorio (Millán & Fernández, 2018).

En los últimos años se ha aplicado el índice climático-turístico (ICTI) de Mieczkowski (1985) para el interior de la Península Ibérica (Madrid) y en la provincia de Alicante, con el objetivo de comprobar las posibilidades y limitaciones para la evaluación del clima y su influencia en este tipo de turismo, así como la aptitud climático-turística para las próximas décadas (Millán López, 2016; Miró Pérez et al., 2016). En el ámbito del impacto del cambio climático en destinos turísticos (Comunidad Valenciana) se ha modelizado el índice de Mieczkowski para analizar las modificaciones previstas hacia finales del presente siglo, con vistas al desarrollo de medidas para la adaptación de la actividad turística (Olcina & Miro, 2017; Miro & Olcina, 2020). Por su parte,

en el marco de las indicaciones de las normativas (estatal y autonómicas) de cambio climático, se han elaborado planes de adaptación al cambio climático en destinos turísticos que incluyen el análisis del confort térmico y la proyección futura de índices de confort (Ayuntamiento de Benidorm, 2022).

Los análisis más recientes sobre el confort climático se desarrollan en Andalucía, al aplicar el índice de disconfort de Thom (1959) y los tipos de tiempo asociados en las ocho capitales (Martínez González, 2018). Así mismo, Colón Lasierra (2019) analiza el confort climático en la España peninsular y sus variaciones costa-interior también con el índice de disconfort de Thom. Elaboran calendarios diarios y de probabilidad de superar determinados umbrales de disconfort en los distintos observatorios.

El objetivo de la presente investigación es analizar el confort climático en el territorio del sureste de la península Ibérica. Para ello se han analizado trabajos previos sobre la cuestión elaborados para el ámbito de estudio escogido y, a partir del conocimiento de las evidencias de cambio climático que ya se están registrando en la región mediterránea española, se han establecido los siguientes objetivos:

- Análisis comparativo de diferentes índices de confort climático, para valorar resultados e idoneidad de aplicación al ámbito de estudio
- Estudio de la evolución reciente de los indicadores de confort climático, en el contexto de calentamiento climático, destacando la pérdida de confort ocurrida en las últimas décadas.
- Valoración del desplazamiento temporal del confort climático en las localidades analizadas a lo largo del año, con vistas al establecimiento futuro de temporadas turísticas más favorables.
- Identificar las diferencias entre los índices climáticos analizados, con utilización de diferentes elementos climáticos (temperatura, humedad relativa, viento, radiación solar y precipitación).
- Utilización de dos periodos temporales diferentes. Uno de ellos a más largo plazo (1967-2023) con el objetivo de identificar los cambios efectuados en las últimas décadas, y uno más reciente (2000-2022) para analizar los cambios más recientes con una mayor densidad de estaciones meteorológicas utilizadas.
- Verificación de los datos utilizados mediante control de calidad, especialmente en aquellos elementos climáticos menos utilizados (velocidad del viento, humedad relativa y radiación solar).

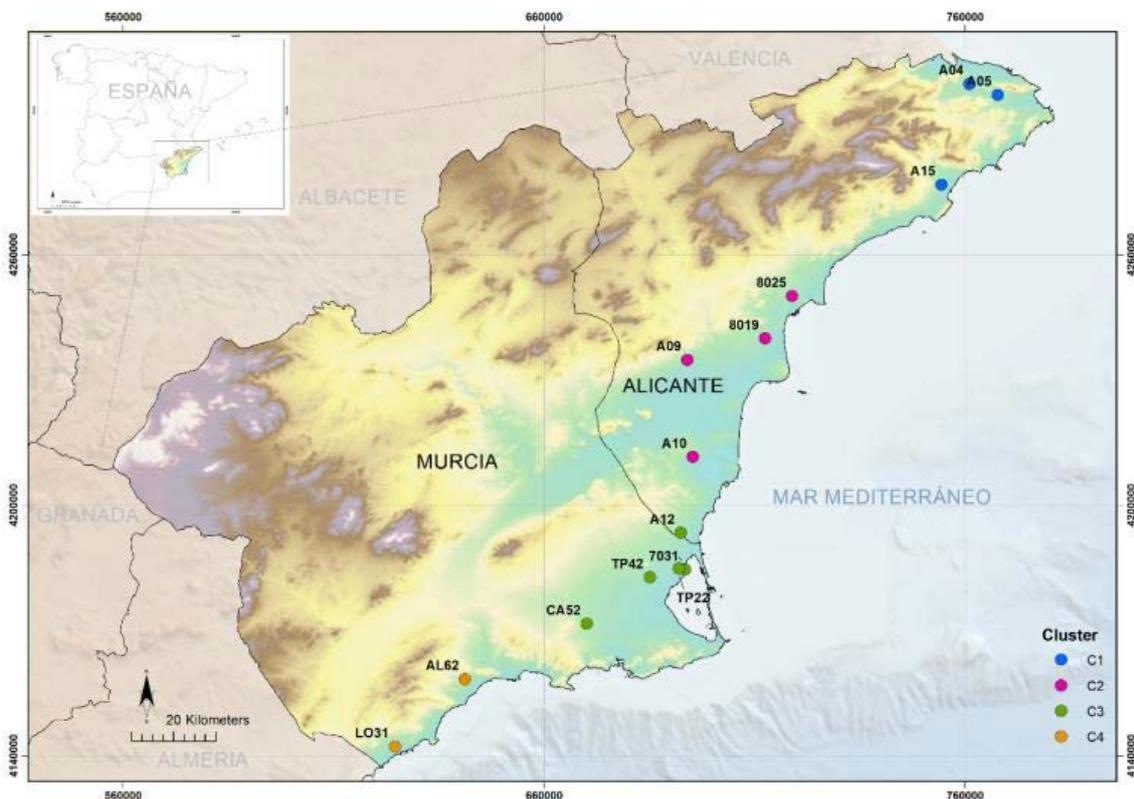
## 2 Datos y métodos

El análisis de los índices de confort climático utilizados, así como sus variables meteorológicas asociadas, han sido obtenidas de 14 observatorios meteorológicos ubicados en ámbitos litorales y prelitorales de las provincias de Alicante y Murcia (Figura 1). Se han utilizado tres observatorios de la red principal de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) con un periodo de datos diarios entre 1967-2022, así como 11 observatorios meteorológicos pertenecientes al Sistema de Información Agroclimática para el Regadío (SIAR) pertenecientes al Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación del Gobierno de España (2000-2022) (Tabla 1).

Se han utilizado variables meteorológicas de escala diaria de temperatura (T), humedad relativa (HR), velocidad del viento (V), precipitación (P), y radiación solar (R). La caracterización estadística ha permitido calcular diferentes índices de confort climático que son desarrollados más adelante, (Tabla 2), y en los que se ha analizado la tendencia temporal mensual y anual en dos intervalos, uno más amplio (1967-2022), y otro más reciente (2000-2022).

Figura 1. Localización de los observatorios meteorológicos agrupados en clúster.

La ID de los observatorios aparece descrito en la Tabla 1, mientras que la descripción de los clúster en la Tabla 2



Fuente: elaboración propia

Las variables meteorológicas analizadas de los 14 observatorios meteorológicos han sido sometidas a un control de calidad a través del paquete estadístico de Climatol. Para la homogeneización y posterior reconstrucción de las series meteorológicas utilizadas se utiliza un segundo procedimiento a través del paquete de R Studio de Climatol 3.1.1 (Guijarro, 2011) (<https://CRAN.R-project.org/package=climatol>). Contiene funciones para el control de calidad, homogeneización y relleno de los datos faltantes en un conjunto de series de cualquier variable climática. La función del proceso de homogeneización incluye el relleno de datos faltantes, la detección y corrección de valores atípicos, y cambios en la media de la serie. Con la función “homogen” del paquete Climatol se genera una gran cantidad de información, relativa a un primer examen exploratorio, y posteriormente, en el proceso de homogeneización (Eq. 1):

$$\text{homogen} ('Ttest', \text{año inicio}, \text{año final}, dz.max, snht1, snht2) \quad (\text{Eq. 1})$$

donde Ttest es el fichero de datos diarios, dz.max es el umbral de desviaciones estándar en el análisis de outliers o datos anómalos, snht1 es el umbral de rechazo del test de homogeneidad cuando se aplica a todo el periodo, y el snht2 aplicado a ventanas temporales. El proceso de homogeneización genera diferentes parámetros que reflejan la calidad del proceso, así como de las nuevas series meteorológicas generadas:

El análisis de tendencia temporal ha sido calculado mediante el Test de Mann Kendall (M-K) (Kendall, 1975):

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k)$$

donde S es el número de diferencias positivas menos el número de diferencias negativas. Si S es un número positivo, las observaciones obtenidas posteriormente en el tiempo tienden a ser mayor que las observaciones anteriores. Si por el contrario es negativo, las observaciones realizadas posteriormente en el tiempo tienden a ser más pequeñas que las observaciones anteriores.

El presente estudio analiza el confort climático a través de la utilización de dos índices empíricos: el índice del confort climático (CI) y el índice de confort turístico planteado por Mieczkowski (TCI). Los índices, expuestos a continuación, han sido sometidos a un análisis de tendencia temporal para cada uno de los 14 observatorios meteorológicos divididos en cuatro regiones diferentes mediante procesos de clusterización (Tabla 2).

Tabla 1. Características de los observatorios meteorológicos utilizados

| ID   | ESTACIÓN                | MUNICIPIO         | PROVINCIA | ALTITUD (M) | RED   |
|------|-------------------------|-------------------|-----------|-------------|-------|
| 8025 | Alicante                | Alicante          | Alicante  | 81          | AEMET |
| 8019 | Alicante (Aeropuerto)   | Alicante          | Alicante  | 43          | AEMET |
| 7031 | San Javier (Aeropuerto) | San Javier        | Murcia    | 2           | AEMET |
| AL62 | Cañada Gallego          | Mazarrón          | Murcia    | 94          | SIAR  |
| TP22 | Santiago de la Ribera   | San Javier        | Murcia    | 7           | SIAR  |
| CA52 | La Aljorra              | Cartagena         | Murcia    | 84          | SIAR  |
| LO31 | La Pilica               | Águilas           | Murcia    | 31          | SIAR  |
| TP42 | TorreBlanca             | Torre Pacheco     | Murcia    | 31          | SIAR  |
| A04  | Ondara                  | Ondara            | Alicante  | 38          | SIAR  |
| A15  | Altea                   | Altea             | Alicante  | 75          | SIAR  |
| A05  | Gata de Gorgós          | Denia             | Alicante  | 86          | SIAR  |
| A12  | Pilar de la Horadada    | P. de la Horadada | Alicante  | 54          | SIAR  |
| A09  | Crevillente             | Crevillente       | Alicante  | 73          | SIAR  |
| A10  | Almoradí                | Almoradí          | Alicante  | 58          | SIAR  |

Fuente: elaboración propia

Tabla 2. Clústeres establecidos (1967-2022) para la caracterización climática y el análisis de tendencias temporales

| CÓDIGO | DESCRIPCIÓN                     |
|--------|---------------------------------|
| C1     | Marina Alta de Alicante         |
| C2     | Vega Baja del Segura – Alicante |
| C3     | Campo de Cartagena              |
| C4     | Litoral sur Región de Murcia    |

Fuente: elaboración propia

## 2.1 Índice del confort climático (CI)

El CI es una función de la temperatura del aire, la humedad relativa y la velocidad del viento medida a 10 m. En este caso las coordenadas geográficas de cada estación meteorológica influyen en los resultados (González, 1998) (Tabla 3).

Midiendo a alturas inferiores a 1000 m:

$$CI=(36.5-TM) (0.05+0.04\sqrt{WS10m+HR250})$$

TM= Temperatura media diaria: °C

WS10m= Velocidad media del viento diaria: m/s

HR= Humedad relativa media diaria: (%)

Tabla 3. Clasificación del confort térmico según índice del confort climático (CI)

| CLASIFICACIÓN<br>SENSACIÓN TÉRMICA | RANGOS IC |
|------------------------------------|-----------|
| Calor excesivo                     | 0-3       |
| Calor                              | 3-5       |
| Cálido                             | 5-7       |
| Confort / agradable                | 7-11      |
| Frescor                            | 11-13     |
| Frío                               | 13-15     |
| Frío excesivo                      | >15       |

Fuente: elaboración propia

## 2.2 Índice climático-turístico de Mieczkowski (TCI)

El TCI es un índice climático-turístico cuyo objetivo es determinar la aptitud climática mensual de un destino para el turismo (Mieczkowski, 1985). Se basa en cinco sub-índices que se calculan por separado a partir de una escala de valoración que varía entre 0 y 5 puntos, donde 5 es el valor óptimo. Tiene como variables la temperatura, precipitación, humedad y número de horas de sol y viento.

Dado que se trata de un índice ponderado, los autores proponen una modificación del índice con el fin de adaptarlo al área de estudio a través del cálculo de percentiles estadísticos y de hacerlo

más completo. Se recoge a continuación la ponderación de los valores de los diferentes subíndices utilizados para el cálculo del índice de confort turístico modificado (MTCI).

En primer lugar, la modificación más importante es la sustitución de la effective temperature (ET) por el índice de Thom calculado anteriormente, donde se combina la temperatura media y la humedad relativa media diaria. También se sustituye el número de horas de sol por la radiación solar media diaria ( $W/m^2$ ), donde además de poder estimar los días nublados o amplia cobertura nubosa, también es posible cuantificar la intensidad de la radiación a lo largo del año. Finalmente, el cálculo del índice cambia la escala temporal, pasando de un cálculo mensual a diario. La justificación se basa en la caracterización diaria dentro del conjunto anual.

La fórmula calculada en la investigación es la siguiente:

$$MCTI = 4TMAX + 1THOM + 2P + 2R + 1W$$

TMAX = temperatura máxima absoluta diaria ( $^{\circ}C$ )

THOM = Índice de confort de Thom diario ( $^{\circ}C$ )

P= precipitación total diaria (mm)

R= radiación solar media diaria ( $W/m^2$ )

W= velocidad media del viento (km/h)

Se recoge a continuación la ponderación de los valores de los diferentes subíndices utilizados:

En el índice las variables climáticas que lo componen —temperatura máxima y mínima, humedad relativa máxima y mínima, velocidad del viento, insolación, nubosidad y radiación— se transforman en subíndices: térmico, precipitación, viento e insolación, con valores que van desde 5 para los más favorables, hasta valores negativos para los más desfavorables (-3 para precipitación, -2 para el viento, y -1 para temperatura máxima diaria, índice de THOM y radiación solar) (Tabla 4).

Ello supone, al aplicar la fórmula anterior, que el valor máximo posible para el TCI es 100 (valor idealmente óptimo para el turismo) y el mínimo de -30 (valor imposible para el turismo) (Tabla 5).

Tabla 4. Ponderación de los subíndices diarios de temperatura máxima absoluta (TMAX), índice de THOM, precipitación total (P), radiación solar media (R), y velocidad del viento media (V)

|    | TMAX (°C)   | THOM        | P (MM)      | R (W/M <sup>2</sup> ) | W (KM/H)    |
|----|-------------|-------------|-------------|-----------------------|-------------|
| -3 |             |             | >30,0       |                       | -3          |
| -2 |             |             | 20,0 / 30,0 |                       | -2          |
| -1 | <14,5       | < 10,4      | 15,0 / 19,9 | >64,6                 | -1          |
| 0  | 14,5 / 15,7 | 10,4 / 11,4 | 10,0 / 14,9 | 64,6 / 91,6           | 0           |
| 1  | 15,8 / 17,1 | 11,5 / 12,6 | 5,0 / 9,9   | 91,7 / 118,0          | 1           |
| 2  | 17,2 / 18,5 | 12,7 / 13,6 | 2,0 / 4,9   | 118,1 / 132,6         | 2           |
| 3  | 18,6 / 19,9 | 13,7 / 14,7 | 1,0 / 1,9   | 132,7 / 153,6         | 3           |
| 4  | 20,0 / 21,4 | 14,8 / 15,8 | 0,1 / 0,9   | 153,7 / 179,3         | 4           |
| 5  | 21,5 / 22,9 | 15,9 / 17,1 | 0,0         | 179,4 / 208,9         | <3,5        |
| 4  | 23,0 / 24,5 | 17,2 / 18,6 |             | 209,0 / 237,5         | 3,5 / 5,6   |
| 3  | 24,6 / 26,1 | 18,7 / 20,1 |             | 237,6 / 263,9         | 5,7 / 7,7   |
| 2  | 26,2 / 27,6 | 20,2 / 21,5 |             | 264,0 / 286,3         | 7,8 / 9,2   |
| 1  | 27,7 / 29,1 | 21,6 / 22,8 |             | 286,4 / 305,0         | 9,3 / 11,5  |
| 0  | 29,2 / 30,4 | 22,9 / 24,0 |             | 305,1 / 320,2         | 11,6 / 15,7 |
| -1 | > 31,5      | < 10,4      |             | >331,9                | 15,8 / 23,6 |
| -2 |             |             |             |                       | >23,6       |

Fuente: elaboración propia

Tabla 5. Clasificación del confort térmico según el *tourism climate index* de Mieczkowski (TCI)

| CLASIFICACIÓN SENSACIÓN TÉRMICA | RANGOS TCI                  |
|---------------------------------|-----------------------------|
| 90 / 100                        | Ideal                       |
| 80 / 89,9                       | Excelente                   |
| 70 / 79,9                       | Muy bueno                   |
| 60 / 69,9                       | Bueno                       |
| 50 / 59,9                       | Aceptable                   |
| 40 / 49,9                       | Marginal                    |
| 30 / 39,9                       | Desfavorable                |
| 20 / 29,9                       | Muy desfavorable            |
| 10 / 19,9                       | Extremadamente desfavorable |

Fuente: elaboración propia

### 3 Resultados

#### 3.1 Caracterización y tendencia temporal de los índices de confort (1967-2022)

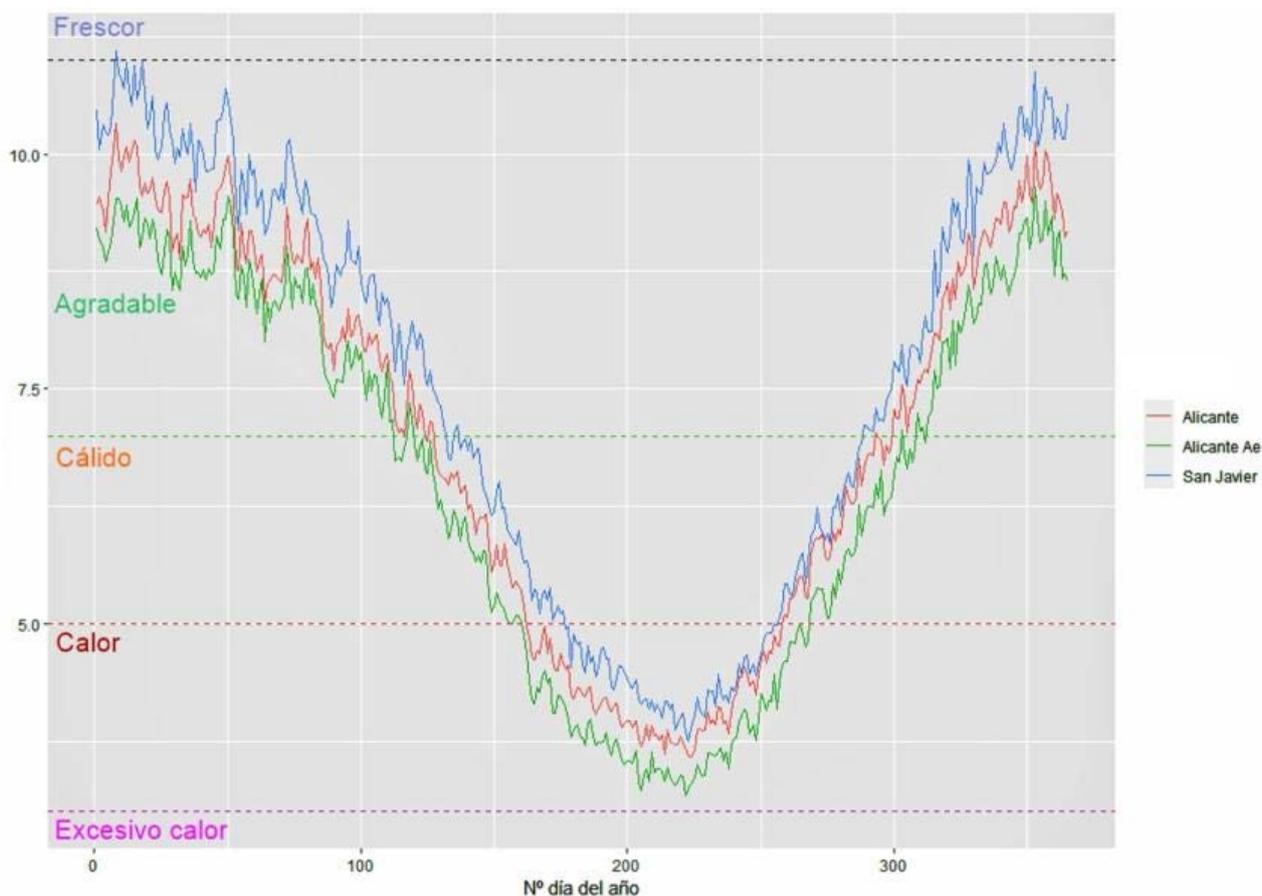
##### a) Índice del confort climático (CI)

Los valores más bajos del CI reflejan las condiciones de mayor desconfort climático en época estival. El observatorio que presenta los valores mínimos es el aeropuerto de Alicante, debido principalmente a la menor humedad relativa media y a una velocidad del viento, en general, débil durante el periodo estival. Por su parte, el observatorio del aeródromo de San Javier presenta los índices más elevados, debido a una humedad relativa media superior en casi 10 puntos, y una velocidad del viento media muy superior durante los meses veraniegos. Solo el observatorio del aeropuerto de Alicante se aproxima durante los meses de verano al umbral de excesivo calor (>3,0), aunque el resto de observatorios registran un amplio periodo de calor (5,0 – 3,0) durante gran parte de los meses centrales del año (Figura 2).

El cambio experimentado por el índice CI entre los dos periodos temporales analizados (1967-1994 y 1995-2022), pone de manifiesto que los mayores descensos (más desconfort climático) se producen en la primera quincena de marzo, entre la tercera semana de abril y la primera de julio,

y finalmente entre la última semana de octubre y la segunda de noviembre, y la última semana de diciembre. Por su parte, el mes de enero, la segunda quincena de marzo y la primera de abril, y la segunda quincena de noviembre y la primera de diciembre, obtienen resultados con pocos cambios significativos, incluso con ligeros ascensos puntuales.

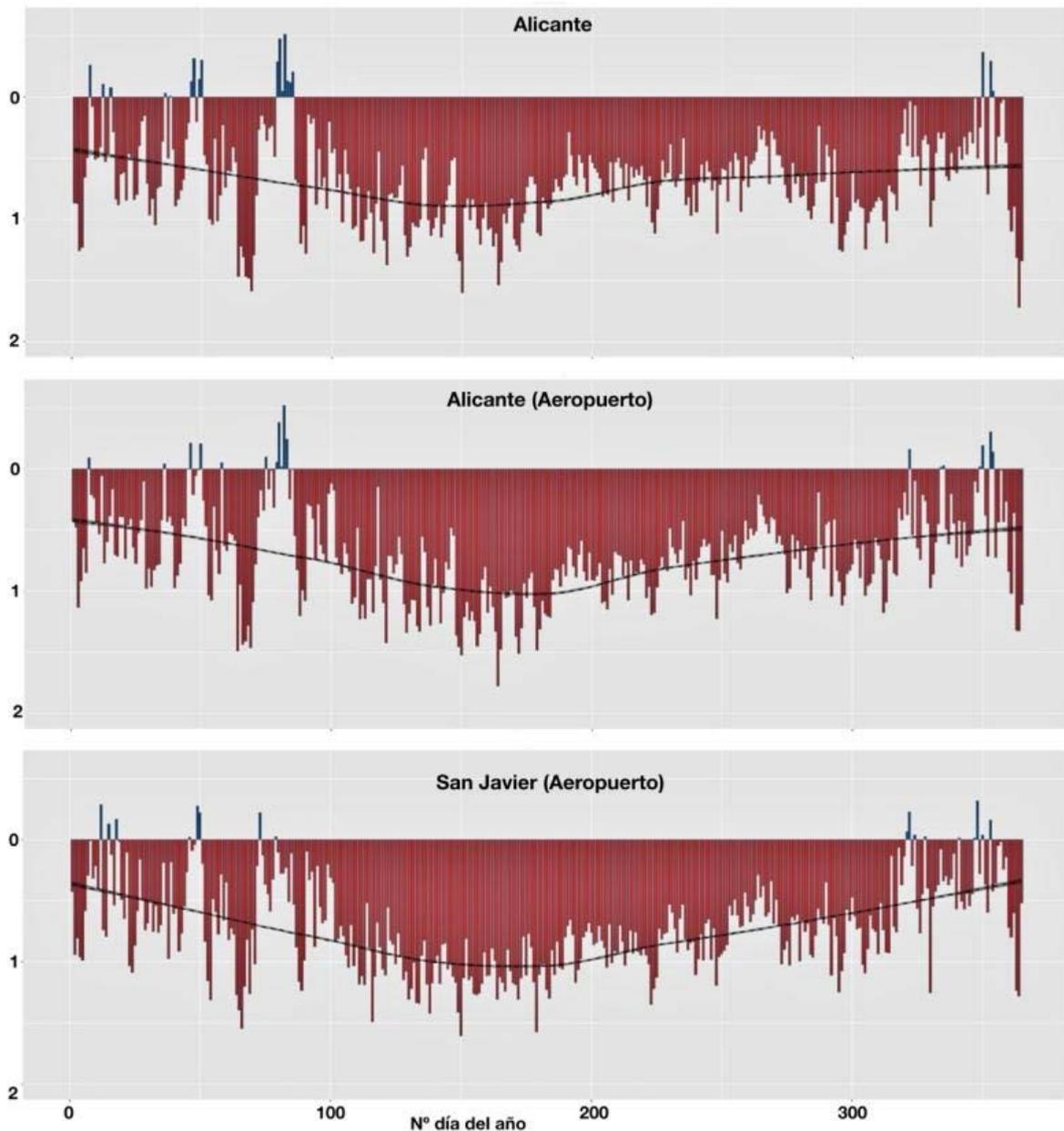
Figura 2. Evolución promedio del índice de confort climático (CI) a lo largo del año en los observatorios de Alicante, Alicante (aeropuerto) y San Javier (Aeropuerto)



Fuente: elaboración propia

La Tabla 8 recoge los cambios efectuados por los diferentes umbrales a lo largo del año en ventanas temporales de 30 años. El periodo de umbral "cálido" aumenta en 36 días en Alicante, 32 en el aeropuerto de Alicante, y 31 en San Javier. Se producen, además cambios en la distribución anual, con un adelanto del periodo del 15 de mayo al 23 de abril en Alicante, del 23 al 8 de mayo en el aeropuerto de Alicante, y del 7 de junio al 13 de mayo. Por su parte, el periodo cálido también se retrasa, con un cambio del 20 de octubre al 3 de noviembre en Alicante, del 8 al 25 de octubre en el aeropuerto de Alicante, y del 8 al 14 de octubre en San Javier.

Figura 3. Cambio en el índice de confort climático (CI) entre los periodos temporales 1967-1994 y 1995-2022 en los observatorios meteorológicos con disponibilidad de serie larga (1967-2022)



Fuente: elaboración propia

Por su parte, el periodo del umbral de "calor" (el de mayor sensación térmica del año), también se expande notablemente. Se incrementa en 28 días en Alicante, 42 en el aeropuerto de Alicante, y 46 en San Javier. Se trata de ascensos considerables, debido al cambio en el inicio del periodo, adelantándose del 26 al 10 de junio en Alicante, del 6 de julio al 11 de junio en el aeropuerto de Alicante, y del 24 de julio al 26 de junio en San Javier. Finalmente, es relevante el cambio en el fin del periodo, con un retraso del 13 al 25 de septiembre en Alicante, del 29 de agosto al 15 de

septiembre en el aeropuerto de Alicante, y del 26 de agosto al 13 de septiembre en San Javier (Tabla 6).

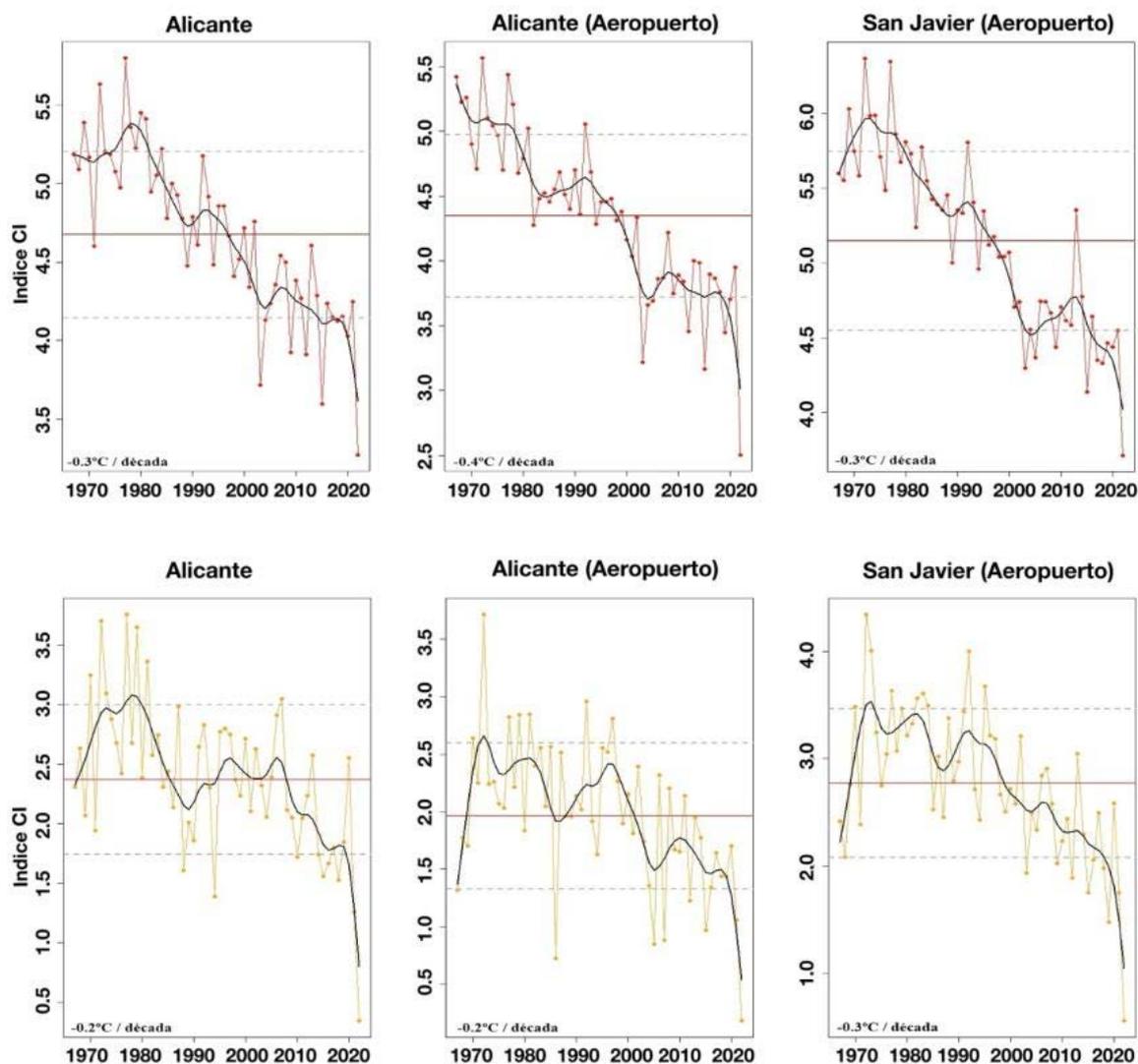
Tabla 6. Cambios en los periodos anuales de diferentes umbrales de confort del índice de confort climático (CI). Periodos temporales en ventanas de 30 años solapadas cada cinco años

| OBSERVATORIO   | DESCRIPCIÓN | 67-97           | 72-02      | 77-07      | 82-12      | 87-17      | 92-22      |
|----------------|-------------|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Alicante       | Cálido      | 15 may.         | 13 may.    | 28 abr.    | 23 abr..   | 23 abr.    | 23 abr.    |
|                |             | 20 oct.         | 25 oct.    | 29 oct.    | 29 oct.    | 3 nov.     | 3 nov.     |
|                | Nº días     | <b>159</b>      | <b>166</b> | <b>185</b> | <b>190</b> | <b>195</b> | <b>195</b> |
|                | Calor       | 26 jun.         | 16 jun.    | 14 jun.    | 12 jun.    | 11 jun.    | 10 jun.    |
|                |             | 13 sept. o set. | 16 sept.   | 17 sept.   | 25 sept.   | 25 sept.   | 25 sept.   |
|                | Nº días     | <b>80</b>       | <b>93</b>  | <b>96</b>  | <b>106</b> | <b>107</b> | <b>108</b> |
| Alicante (Ae.) | Cálido      | 23 may.         | 20 may.    | 15 may.    | 15 may.    | 9 may.     | 8 may.     |
|                |             | 8 oct.          | 13 oct.    | 13 oct.    | 17 oct.    | 25 oct.    | 25 oct.    |
|                | Nº días     | <b>139</b>      | <b>147</b> | <b>152</b> | <b>156</b> | <b>170</b> | <b>171</b> |
|                | Calor       | 6 jul.          | 1 jul.     | 25 jun.    | 19 jun.    | 14 jun.    | 11 jun.    |
|                |             | 29 ago.         | 3 sept.    | 8 sept.    | 13 sept.   | 14 sept.   | 15 sept.   |
|                | Nº días     | <b>55</b>       | <b>65</b>  | <b>76</b>  | <b>87</b>  | <b>93</b>  | <b>97</b>  |
| San Javier     | Cálido      | 7 jun.          | 2 jun.     | 28 may.    | 24 may.    | 24 may.    | 13 may.    |
|                |             | 8 oct.          | 11 oct.    | 13 oct.    | 13 oct.    | 13 oct.    | 14 oct.    |
|                | Nº días     | <b>124</b>      | <b>132</b> | <b>139</b> | <b>143</b> | <b>143</b> | <b>155</b> |
|                | Calor       | 24 jul.         | 19 jul.    | 18 jul.    | 2 jul.     | 26 jun.    | 26 jun.    |
|                |             | 26 ag. o agto.  | 26 ag.     | 29 ag.     | 6 sept.    | 6 sept.    | 13 sept.   |
|                | Nº días     | <b>34</b>       | <b>39</b>  | <b>43</b>  | <b>67</b>  | <b>73</b>  | <b>80</b>  |

Fuente: elaboración propia

Se produce un importante incremento de la temperatura media mensual en los observatorios analizados, especialmente durante los meses de junio ( $0,6^{\circ}\text{C}$  / década) y julio-agosto ( $0,5$  a  $0,6^{\circ}\text{C}$  / década) (Tabla 11). También un descenso de la humedad relativa media en época estival (descensos entre  $-2,1$  a  $-0,6\%$  / década entre junio y agosto). En esta ocasión es preciso añadir que la velocidad media del viento disminuye en el periodo de análisis (1967-2022), especialmente en los meses de octubre, noviembre y diciembre ( $-0,8$  a  $-0,5$  km/h / década), pero también en época estival ( $-0,1$  a  $-0,9$  km/h / década), especialmente en el aeropuerto de Alicante. Esto explica unas condiciones que cada vez son de mayor sensación térmica de calor durante los meses de verano.

Figura 4. Evolución temporal del índice CI (1967-2022) en los observatorios de análisis. Figuras superiores muestran el promedio estival (JJJ) y las inferiores, el índice máximo absoluto anual



Fuente: elaboración propia

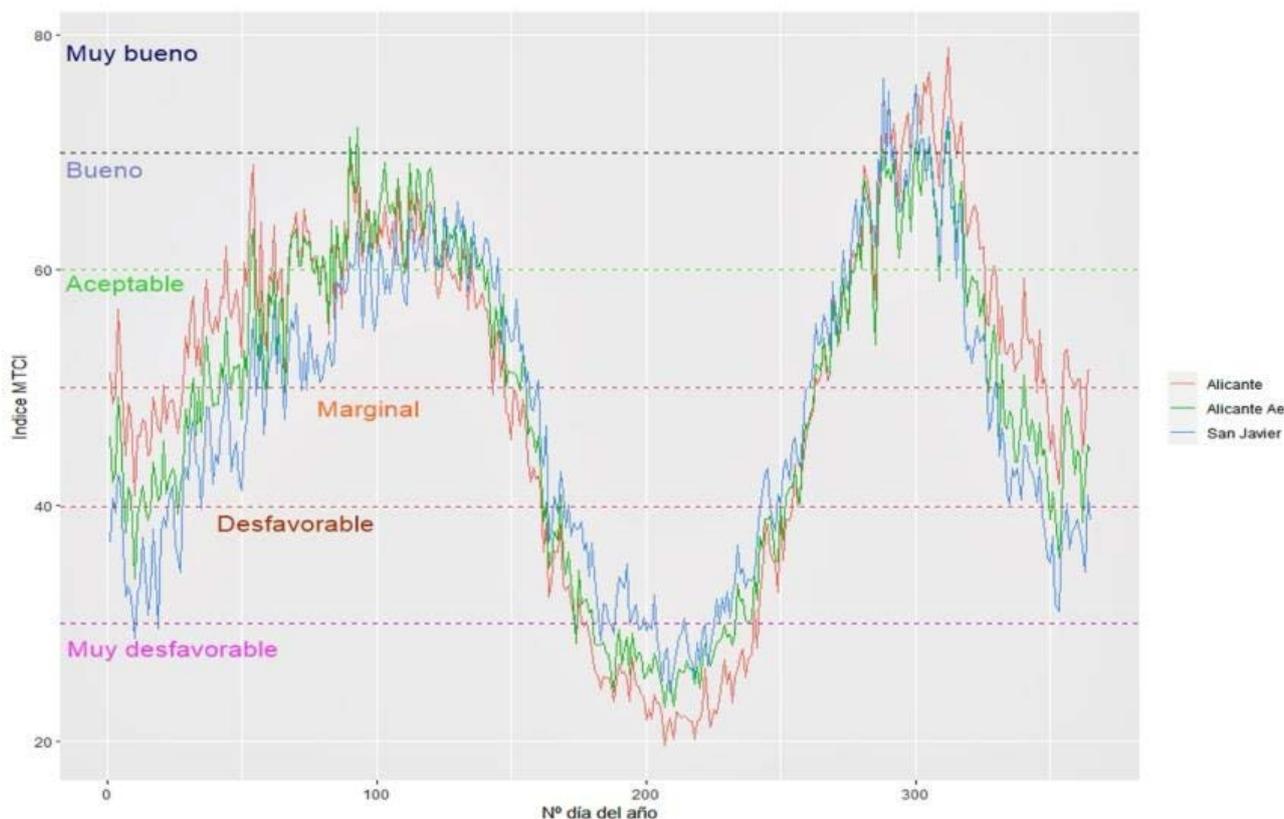
La Figura 4 muestra la evolución temporal del promedio estival del índice CI durante el periodo de análisis (1967-2022). Se produce un notable ascenso en las últimas décadas. En la parte superior de la figura aparece la tendencia del promedio del trimestre de verano, situándose entre  $-0,3$  y  $-0,4^{\circ}\text{C}$  / década. Se pone de relieve que los veranos, cada vez, presentan un mayor disconfort climático en los observatorios analizados, y que, además, la sensación térmica más elevada durante cada verano cada vez es más elevada en las últimas décadas, especialmente en los últimos años.

#### *b) Índice climático-turístico modificado de Mięczkowski (MTCI)*

Los índices más bajos del MTCI corresponden con condiciones desfavorables para la práctica del turismo, bien sea hay que diferenciar la época invernal caracterizada por días lluviosos, ventosos o frescos; y la época estival, donde los mayores niveles de disconfort vienen marcados por una elevada temperatura máxima, un índice Thom importante, o niveles significativos de radiación solar media. El observatorio que presenta los valores mínimos durante el verano es la ciudad de Alicante, debido principalmente a la menor velocidad del viento y a la mayor radiación solar media ( $>310 \text{ W/m}^2$ ). Por su parte, el observatorio del aeródromo de San Javier presenta los índices más elevados, ya que registra una radiación solar inferior a  $300 \text{ W/m}^2$  y una mayor velocidad media del viento. En época invernal, al contrario, la ciudad de Alicante y el aeropuerto de Alicante registran los índices más elevados (umbrales “bueno” y “muy bueno” en la aptitud turística), mientras, que, San Javier presenta valores más bajos durante el invierno y la primavera, debido especialmente a una mayor velocidad del viento, menor radiación solar media, y una mayor humedad relativa media (Figura 5).

La Figura 6 muestra la evolución y cambio experimentado por el índice MTCI entre los dos periodos temporales analizados (1967-1994 y 1995-2022), observándose los mayores descensos del índice (hacia un mayor disconfort climático) principalmente entre la tercera semana de mayo y la primera de julio, y entre la tercera semana de julio y la segunda de septiembre. Se aprecia un máximo secundario en la tercera semana de marzo. Por su parte, durante los meses de enero, febrero, y primera quincena de marzo, y desde la última semana de noviembre y el mes de diciembre, se produce un ascenso del índice (hacia un mayor confort climático) en los observatorios analizados. Es especialmente relevante durante el mes de diciembre, con una tendencia estadística de  $2,2$  a  $3,3$  / década, la más elevada del conjunto de meses del año (Tabla 8). Los inviernos, por tanto, presentan cada vez un mayor confort térmico.

Figura 5. Evolución promedio del índice climático-turístico modificado de Mieczkowski (MTCI) a lo largo del año en los observatorios de Alicante, Alicante (aeropuerto) y aeródromo de San Javier



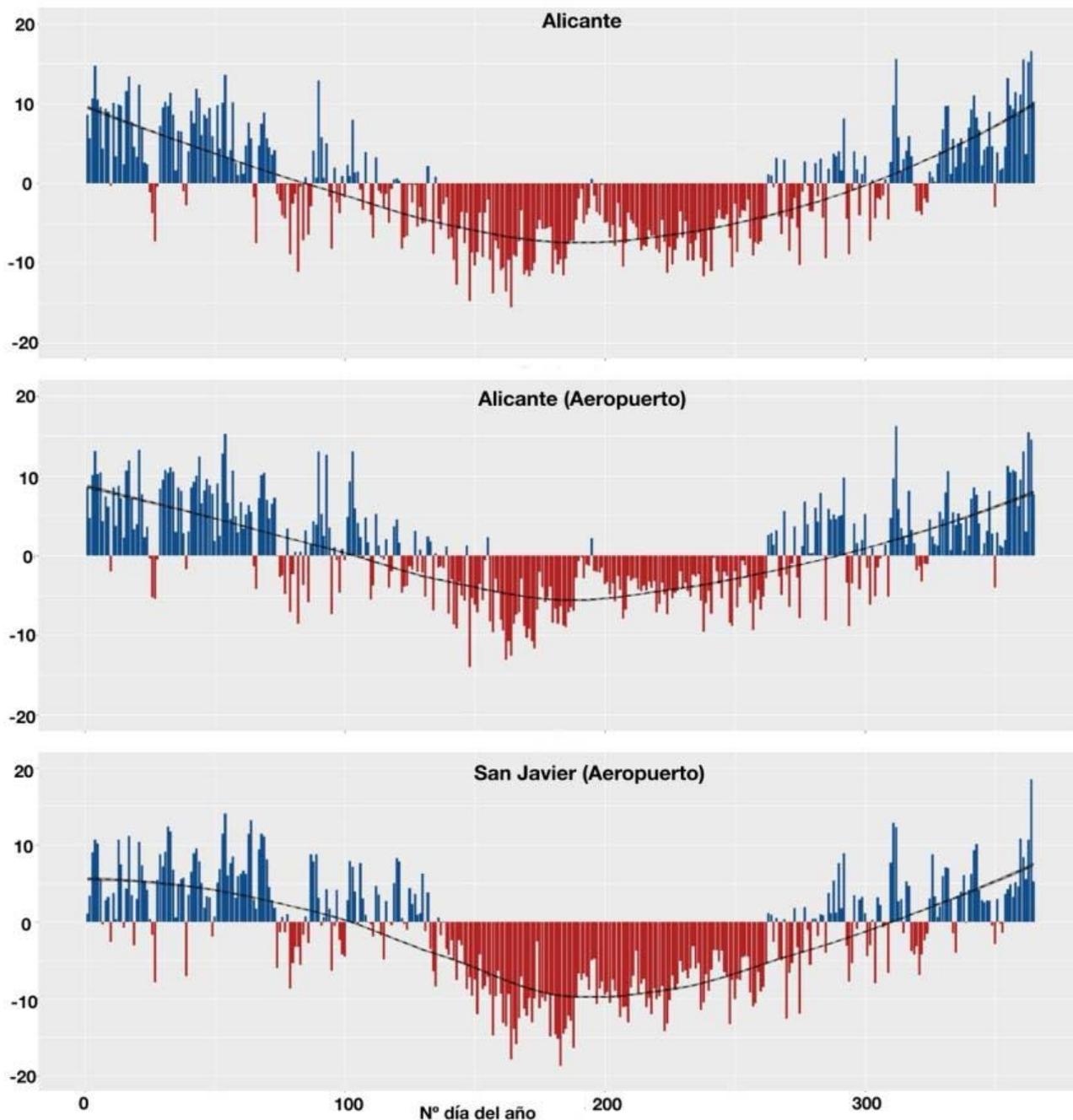
Fuente: elaboración propia

La Tabla 7 muestra la variación a lo largo del año a través de ventanas temporales de 30 años. El periodo temporal con umbral “desfavorable” aumenta en 21 días en Alicante, 20 en el Aeropuerto de Alicante, y 31 en San Javier. Se producen, además cambios en la distribución anual, con un adelanto del periodo del 22 al 11 de junio en Alicante, del 23 al 11 de junio en el Aeropuerto de Alicante, y del 11 de julio al 19 de junio. Por su parte, el periodo cálido también se retrasa, con un cambio del 31 de agosto al 10 de septiembre en Alicante, del 31 de agosto al 8 de septiembre en el Aeropuerto de Alicante, y del 27 de agosto al 5 de septiembre en San Javier.

Por su parte, el periodo de mayor sensación de calor, el umbral “muy desfavorable”, también se expande notablemente. Incrementa en 27 días en Alicante, 24 en el Aeropuerto de Alicante, y 23 en San Javier. Se trata de ascensos importantes, especialmente por los cambios en el inicio y final del periodo. El inicio pasa del 8 de julio al 23 de junio en Alicante, del 10 de julio al 30 de junio en el Aeropuerto de Alicante, y del 29 al 21 de julio en San Javier. Finalmente, también es relevante

el cambio en el fin del periodo, con un cambio del 17 al 29 de agosto en Alicante, del 7 al 21 de agosto en el aeropuerto de Alicante, y del 29 de julio al 12 de agosto en San Javier (Tabla 7).

Figura 6. Cambio en el índice climático-turístico modificado de Mieczkowski (MTCI) entre los periodos temporales 1967-1994 y 1995-2022 en los observatorios meteorológicos con disponibilidad de serie larga (1967-2022)



Fuente: elaboración propia

Tabla 7. Cambios en la longitud de diferentes umbrales del índice climático-turístico modificado de Mieczkowski (MTCI). Periodos temporales en ventanas de 30 años solapadas cada cinco años

| OBSERVATORIO   | DESCRIPCIÓN                             | 67-97     | 72-02     | 77-07     | 82-12     | 87-17     | 92-22     |
|----------------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Alicante       | Desfavorable                            | 22 jun.   | 22 jun.   | 14 jun.   | 13 jun.   | 11 jun.   | 11 jun.   |
|                |   | 31 ag.    | 31 ag.    | 31 ag.    | 8 sept.   | 9 sept.   | 10 sept.  |
|                | Nº días                                 | <b>71</b> | <b>71</b> | <b>79</b> | <b>88</b> | <b>91</b> | <b>92</b> |
|                | Muy desfav.                             | 8 jul.    | 10 jul.   | 30 jun.   | 30 jun.   | 23 jun.   | 23 jun.   |
|                |   | 17 ag.    | 19 ag.    | 21 ag.    | 25 ag.    | 29 ag.    | 29 ag.    |
|                | Nº días                                 | <b>41</b> | <b>41</b> | <b>53</b> | <b>57</b> | <b>68</b> | <b>68</b> |
| Alicante (Ae.) | Desfavorable                            | 23 jun    | 23 jun    | 19 jun    | 14 jun    | 14 jun    | 11 jun    |
|                |   | 31 ag.    | 31 ag.    | 6 sept.   | 8 sept.   | 8 sept.   | 8 sept.   |
|                | Nº días                                 | <b>70</b> | <b>70</b> | <b>80</b> | <b>87</b> | <b>87</b> | <b>90</b> |
|                | Muy desfav.                             | 10 jul.   | 10 jul.   | 7 jul.    | 6 jul.    | 30 jun.   | 30 jun.   |
|                |   | 7 ag.     | 7 ag.     | 11 ag.    | 18 ag.    | 18 ag.    | 21 ag.    |
|                | Nº días                                 | <b>29</b> | <b>29</b> | <b>36</b> | <b>44</b> | <b>50</b> | <b>53</b> |
| San Javier     | Desfavorable                            | 11 jul.   | 5 jul.    | 2 jul.    | 1 jul.    | 23 jun.   | 19 jun.   |
|                |   | 27 ag.    | 27 ag.    | 28 ag.    | 29 ag.    | 4 sept.   | 5 sept.   |
|                | Nº días                                 | <b>48</b> | <b>54</b> | <b>58</b> | <b>60</b> | <b>74</b> | <b>79</b> |
|                | Muy desfav.<br>No poner<br>abreviaturas | *         | *         | 29 jul.   | 25 jul.   | 25 jul.   | 21 jul.   |
|                |   | *         | *         | 29 jul.   | 5 ag.     | 12 ag.    | 12 ag.    |
|                | Nº días                                 | <b>*</b>  | <b>*</b>  | <b>1</b>  | <b>12</b> | <b>19</b> | <b>23</b> |

Fuente: elaboración propia

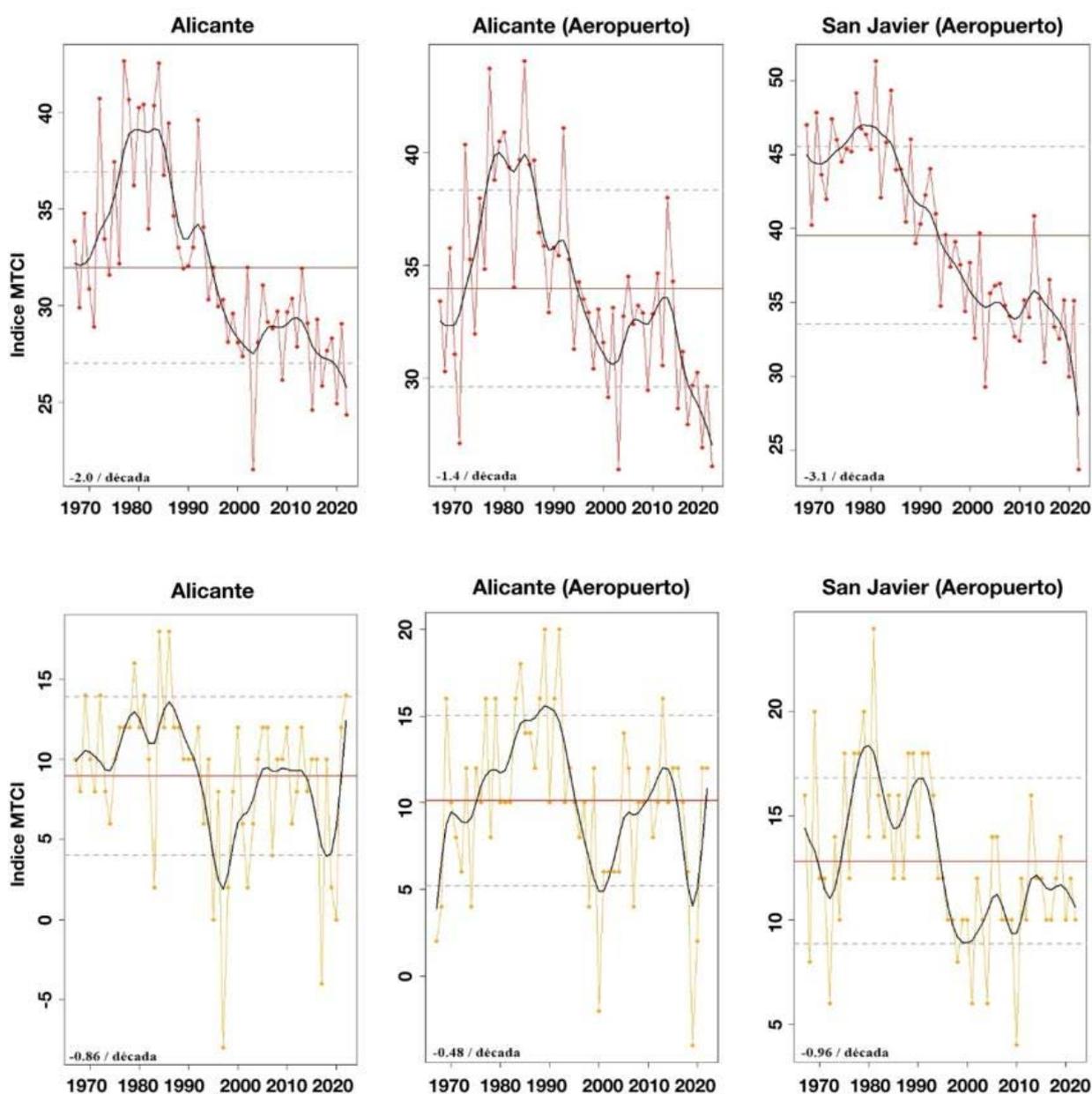
Tal y como ocurría con los índices anteriores, se producen cambios de los umbrales de mayor discomfort a lo largo del año, especialmente durante los meses de verano. Todo ello determina que el índice MTCI disminuya hacia el discomfort térmico especialmente entre los meses de mayo a septiembre (-0,6 a -3,5 / década) (Tabla 10).

La Figura 7 muestra la evolución del promedio estival del índice MTCI durante el periodo de análisis (1967-2022), donde se observa el notable descenso especialmente a partir de la década

de los 80, pasando de valores medios cercanos a 40, a registrar en la actualidad valores inferiores a 30. Se produce, por tanto, una importante pérdida de confort térmico en época estival, especialmente en el observatorio de San Javier (-3,1 / década). Por su parte, aunque los valores mínimos absolutos del periodo estival descienden en los observatorios analizados (-0,5 a -1,0 / década), éstos no son tan marcados como los valores medios. El descenso es más nítido en el observatorio de San Javier, especialmente a partir de la década de los 90.

Figura 7. Evolución del índice MTCI (1967-2022) en los observatorios analizados.

Figuras superiores muestran el promedio estival (JJJ),  
y las inferiores, el índice mínimo absoluto (JJJ)



Fuente: elaboración propia

Tabla 8. Resumen de las tendencias temporales (1967-2022) de los diferentes índices de confort analizados. En negrita, estadísticamente significativo con un nivel de confianza del 97.5%

|     | INDICE CI |       |       | INDICE MTCI |       |       |
|-----|-----------|-------|-------|-------------|-------|-------|
|     | 8052      | 8019  | 7031  | 8025        | 8019  | 7031  |
| E   | -0,16     | -0,16 | -0,14 | 1,82        | 1,59  | 0,86  |
| F   | -0,16     | -0,15 | -0,18 | 2,01        | 2,20  | 1,75  |
| M   | -0,17     | -0,16 | -0,21 | 0,22        | 0,58  | 0,80  |
| A   | -0,23     | -0,22 | -0,23 | 0,09        | 0,74  | 0,87  |
| M   | -0,30     | -0,32 | -0,33 | -1,46       | -0,83 | -0,62 |
| J   | -0,33     | -0,39 | -0,35 | -2,50       | -2,12 | -3,50 |
| Jl  | -0,24     | -0,32 | -0,31 | -1,43       | -1,03 | -3,06 |
| A   | -0,25     | -0,30 | -0,31 | -2,03       | -0,99 | -2,74 |
| S   | -0,21     | -0,23 | -0,25 | -1,38       | -1,06 | -2,40 |
| O   | -0,26     | -0,26 | -0,25 | -0,29       | 0,12  | -0,50 |
| N   | -0,21     | -0,20 | -0,19 | 0,91        | 1,08  | 0,91  |
| D   | -0,21     | -0,21 | -0,18 | 3,26        | 2,84  | 2,23  |
| Año | -0,23     | -0,24 | -0,24 | -0,07       | 0,25  | -0,46 |

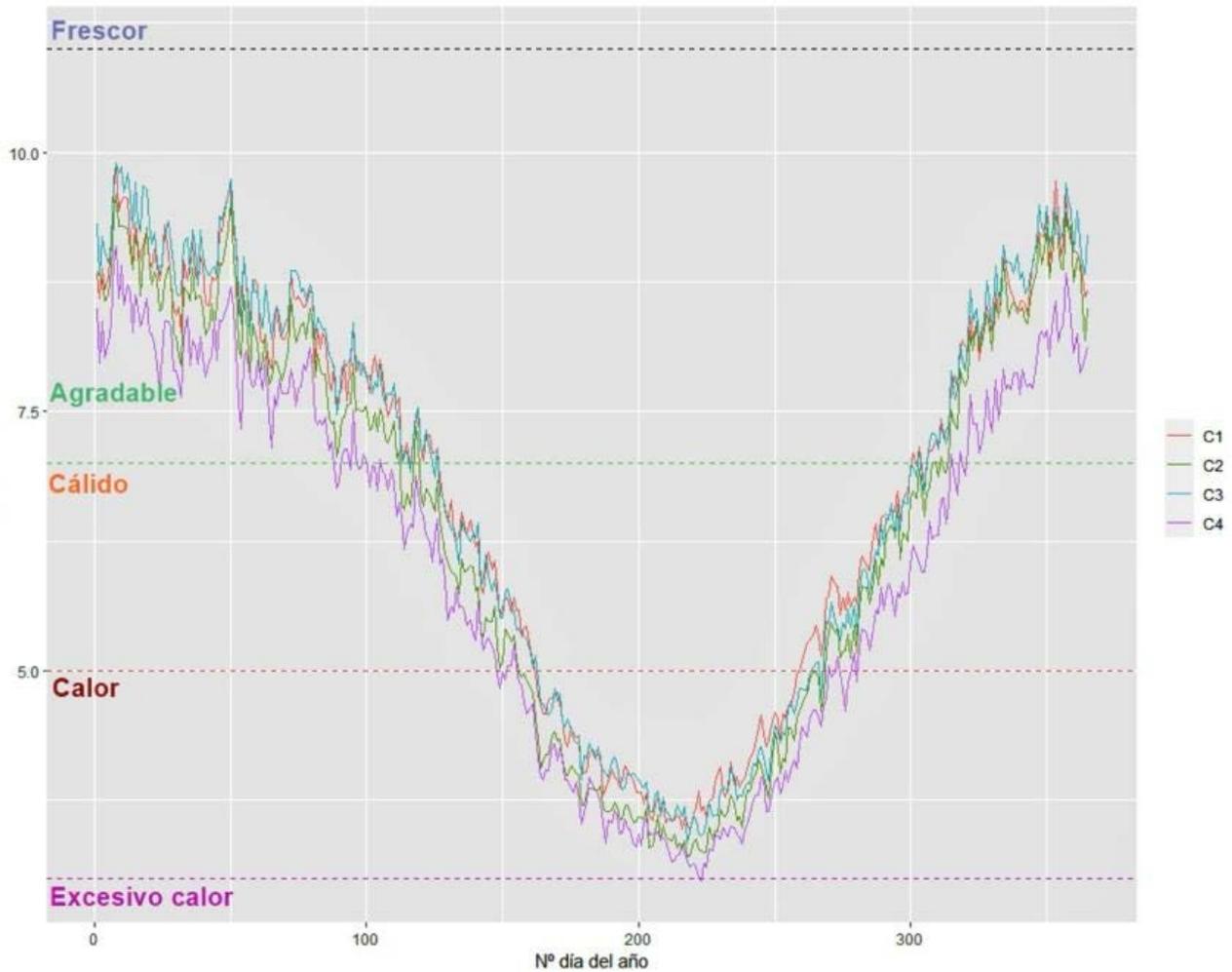
Fuente: elaboración propia

### 3.2 Caracterización y tendencia temporal de los índices de confort (2000-2022)

#### a) Índice del confort climático (CI)

El índice del confort climático (CI) indica para el periodo de análisis 2000-2022 las sensaciones térmicas de calor más importantes en la región C4 (litoral sur de la Región de Murcia), con los únicos valores medios en época estival que llegan a alcanzar el umbral 3 (excesivo calor) (Figura 8). El resto de regiones se sitúan con valores dentro del umbral de "calor" (entre 5 y 3). Los espacios litorales y prelitorales analizados obtienen registros que se sitúan entre los umbrales agradable y cálido durante gran parte del año. Concretamente las condiciones son agradables desde finales de octubre hasta los primeros días de mayo.

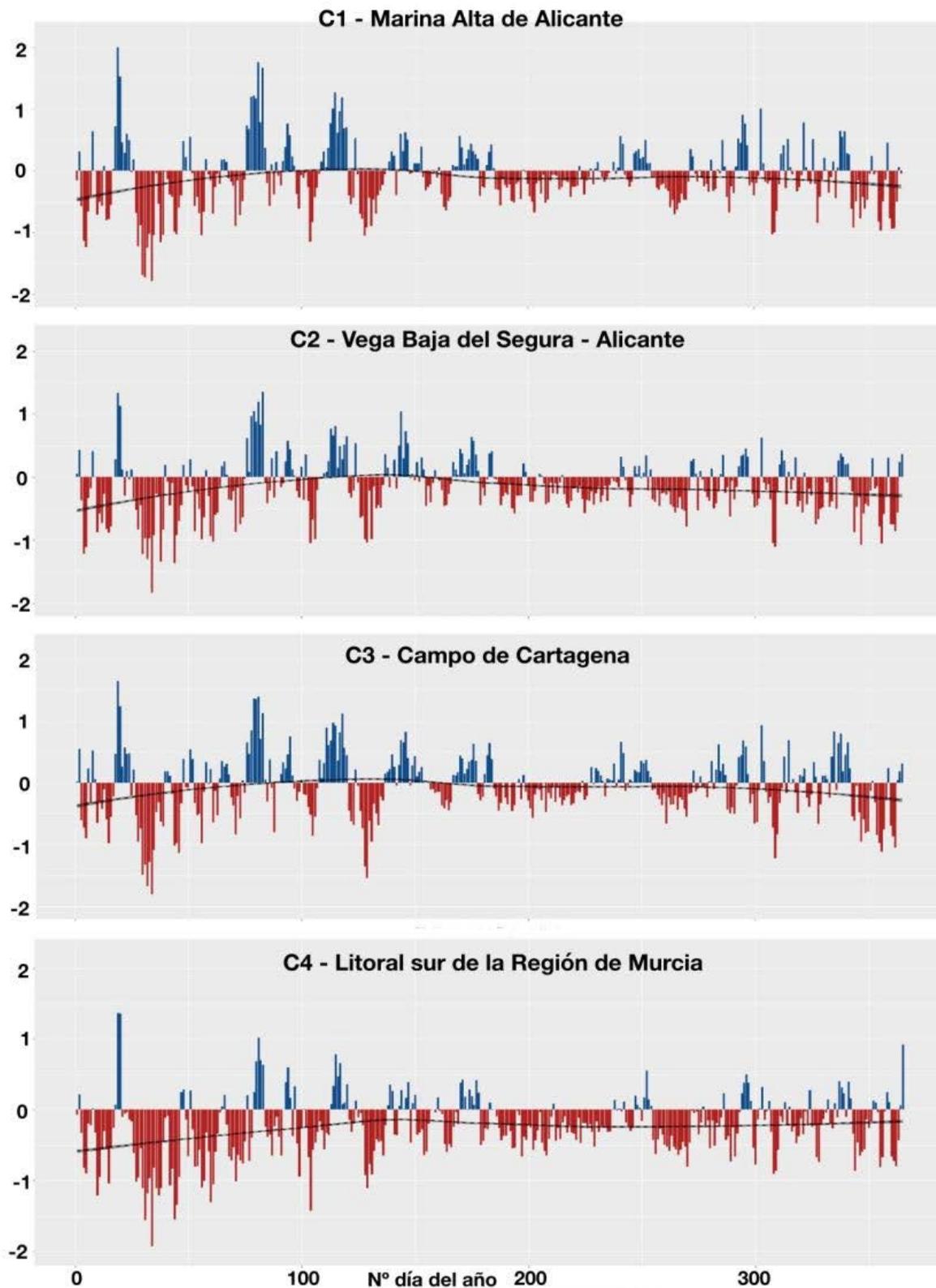
Figura 8. Evolución promedio del índice del confort climático (CI) a lo largo del año en los diferentes clústeres de análisis)



Fuente: elaboración propia

La Figura 9 refleja los cambios experimentados por el índice CI en el periodo de los últimos 22 años (2000-2022). Los mayores descensos (hacia un mayor confort) se dan durante los meses de enero, febrero y primera quincena de marzo, primera quincena de mayo, y especialmente primera semana de noviembre y mes de diciembre. Las tendencias temporales reflejan los mayores ascensos durante los meses de marzo y abril (0,2 a 0,4 / década) en su conjunto, siendo también relevantes en junio y octubre (Tabla 11). Por su parte, los mayores descensos a lo largo del año (más disconfort), tienen lugar durante los meses estivales (especialmente entre la segunda semana de julio y la segunda de agosto) y diciembre (-0,1 a -0,2 / década).

Figura 9. Cambio en el índice del confort climático (CI) entre los periodos temporales 2001-2011 y 2012-2022 en los observatorios meteorológicos con disponibilidad de serie corta (2000-2022)



Fuente: elaboración propia

La Tabla 9 muestra la variación de los periodos temporales de los umbrales “cálido” y de “calor” en los intervalos (2001-2011 y 2012-2022). El periodo temporal con umbral “cálido” se acorta en un total de 3 días en C1, en 4 días en C2, aumenta en 3 días en C3, y finalmente aumenta en 13 días en C4. En general, el periodo se atrasa del 23 de abril al 1 de mayo en C1 y C2, y se adelanta del 4 al 5 de mayo en C3, y del mismo modo del 18 al 6 de abril en C4. La parte final del periodo se alarga del 1 al 6 de noviembre en C1, del 12 al 16 de noviembre en C2, del 1 al 5 de noviembre en C3, y del 16 al 17 de noviembre en C4.

**Tabla 9. Cambios en los periodos anuales de diferentes umbrales de confort térmico del índice del confort climático (CI). Periodos temporales en ventanas de 30 años solapadas cada cinco años**

| Cluster                               | Descripción | 2001-2011         | 2012-2022        |
|---------------------------------------|-------------|-------------------|------------------|
| C1<br>Marina alta de Alicante         | Cálido      | 23 abr.           | 1 mayo           |
|                                       |             | 1 nov.            | 6 nov.           |
|                                       | Nº días     | 193               | 190              |
|                                       | Calor       | 12 jun.           | 10 jun.          |
|                                       | Nº días     | 14 sept.<br>95    | 18 sept.<br>101  |
| C2<br>Vega baja del Segura - Alicante | Cálido      | 23 abr.           | 1 mayo           |
|                                       |             | 12 nov.           | 16 nov.          |
|                                       | Nº días     | 204               | 200              |
|                                       | Calor       | 8 jun.            | 10 jun.          |
|                                       | Nº días     | 25 sept.<br>110   | 5 oct.<br>118    |
| C3<br>Campo de Cartagena              | Cálido      | 4 mayo            | 5 mayo           |
|                                       |             | 1 nov.            | 5 nov.           |
|                                       | Nº días     | 182               | 185              |
|                                       | Calor       | 13 jun.           | 10 jun.          |
|                                       | Nº días     | 19 sept.<br>99    | 25 sept.<br>108  |
|                                       | Cálido      | 18 abr.           | 6 abr.           |
|                                       |             | 16 nov.           | 17 nov.          |
|                                       | Nº días     | 213               | 226              |
|                                       | Calor       | 5 jun.            | 28 mayo          |
|                                       | Nº días     | 23 abr.<br>1 nov. | 1 mayo<br>6 nov. |

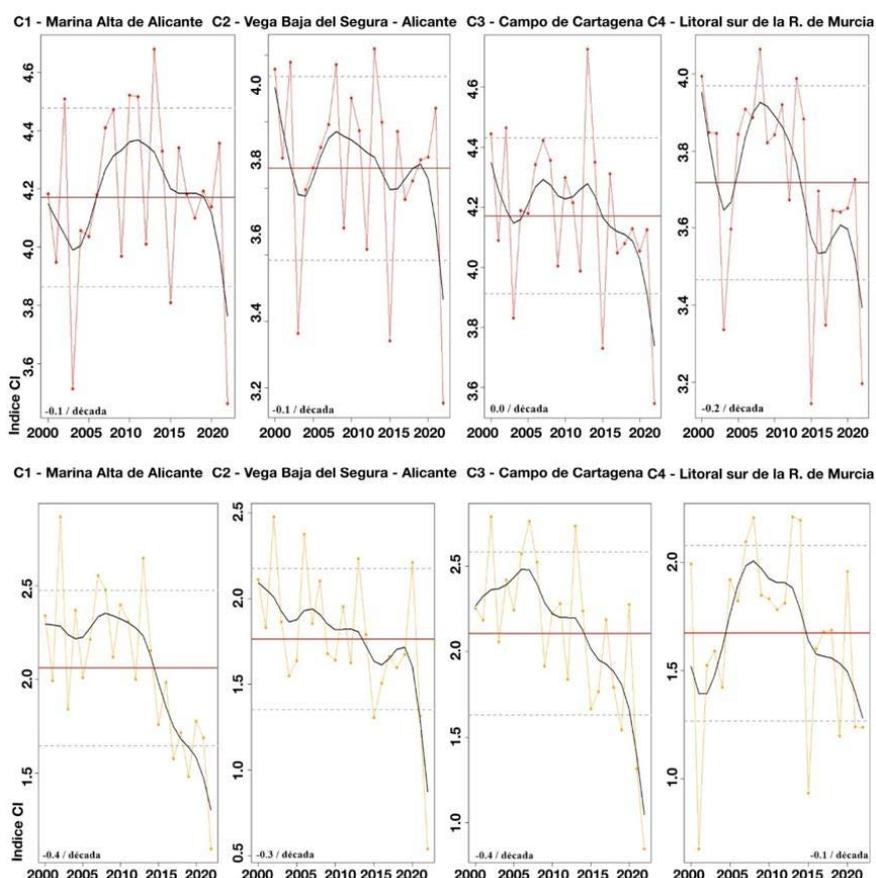
Fuente: elaboración propia

Las jornadas de mayor disconfort térmico en el periodo 2012-2022, aquellas que figuran dentro del umbral de “calor”, también experimentan un importante ascenso. Se registran aumentos de 6 días en C1, 8 días en C2, 9 días en C3, y finalmente en 11 días en C4. El inicio del periodo se adelanta del 12 al 10 de junio en C1, del 8 al 10 de junio en C2, del 13 al 10 de junio en C3, y finalmente del 5 de junio al 28 de mayo en C4. Por su parte, el final del periodo se retrasa del

14 al 18 de septiembre en C1, del 25 de septiembre al 5 de octubre en C2, del 19 al 25 de septiembre en C3, y del 4 al 7 de octubre en C4.

La Figura 10 muestra los cambios producidos en el índice CI durante el periodo 2000-2022 en la época estival. Se advierten descensos ligeros en los cuatro cluster analizados, destacando especialmente el litoral sur de la región de Murcia (C3) con un descenso estadísticamente significativo de  $-0,2 / \text{década}$ . Lo que más llama la atención es el acusado descenso de los años más recientes, y especialmente en el verano de 2022 con promedios inferior a 3,5. Por su parte, en las jornadas de mayor discomfort a lo largo del año, se anotan descensos más relevantes de  $-0,1$  a  $-0,4 / \text{década}$ . En los últimos veranos se muestra un descenso muy notable de las jornadas de mayor sensación térmica de calor, registrándose en la mayoría de las regiones valores inferior a 1.0 durante el verano de 2022. Se trata de valores próximos al umbral de  $0^\circ\text{C}$ , que constituye sensaciones térmicas de calor extremo.

Figura 10. Cambio en el índice del confort climático (CI) entre los periodos temporales 2001-2011 y 2012-2022 en los observatorios meteorológicos con disponibilidad de serie corta (2000-2022)



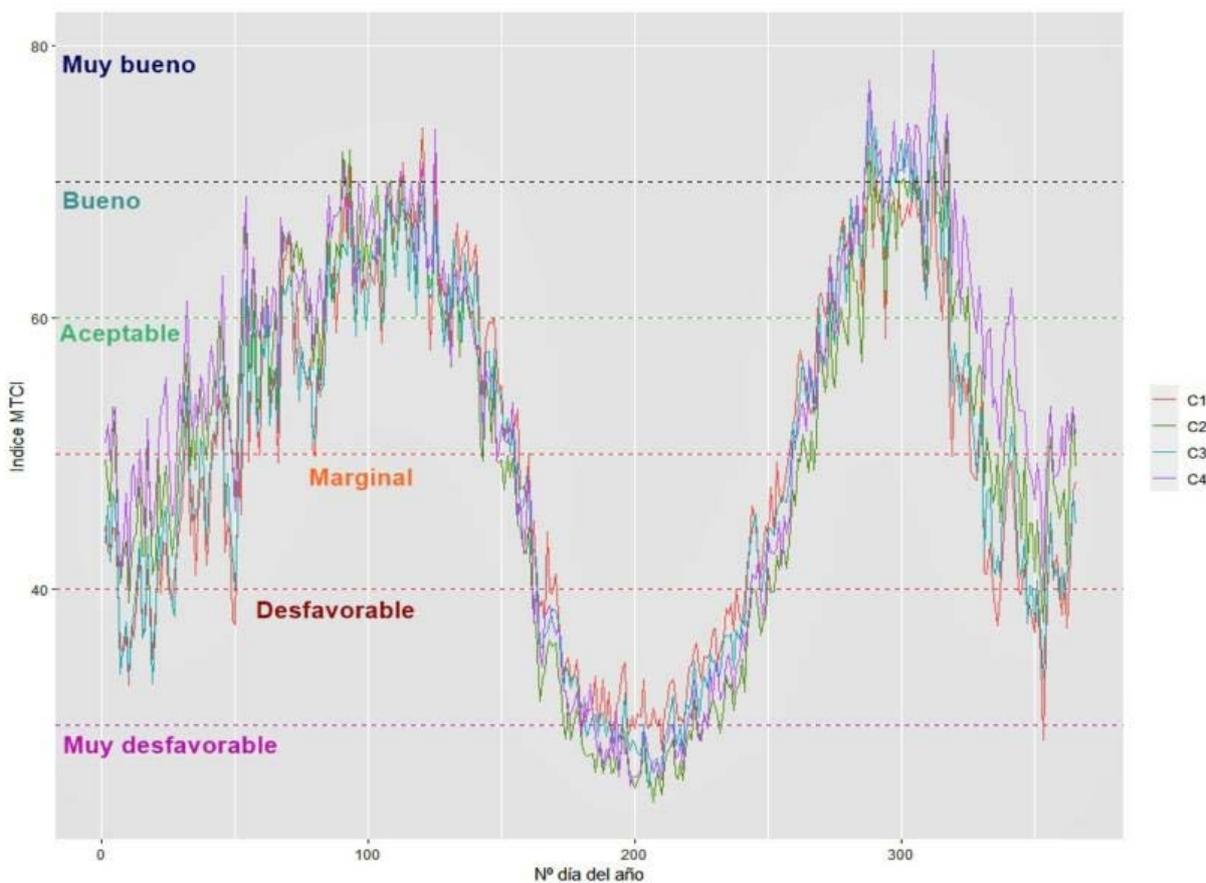
Fuente: elaboración propia

b) Índice climático-turístico modificado de Mieczkowski (MTCI)

Los valores más bajos del MTCI durante la época estival corresponden a las regiones C2 y C4 (Vega baja del Segura – Alicante, y litoral sur de la región de Murcia), con valores promedio próximo a 25, o lo que es lo mismo, a condiciones muy desfavorables caracterizadas por altas temperaturas máximas, sensación de bochorno, elevada radiación solar, y débil velocidad media del viento. Por su parte, durante la época invernal, es la Marina Alta de Alicante la que registra las tasas más desfavorables para la práctica del turismo (especialmente a mediados de diciembre), al ser la región con mayor precipitación media, menor temperatura media invernal, así como la menor radiación solar media y unas condiciones notables de humedad relativa (Figura 11).

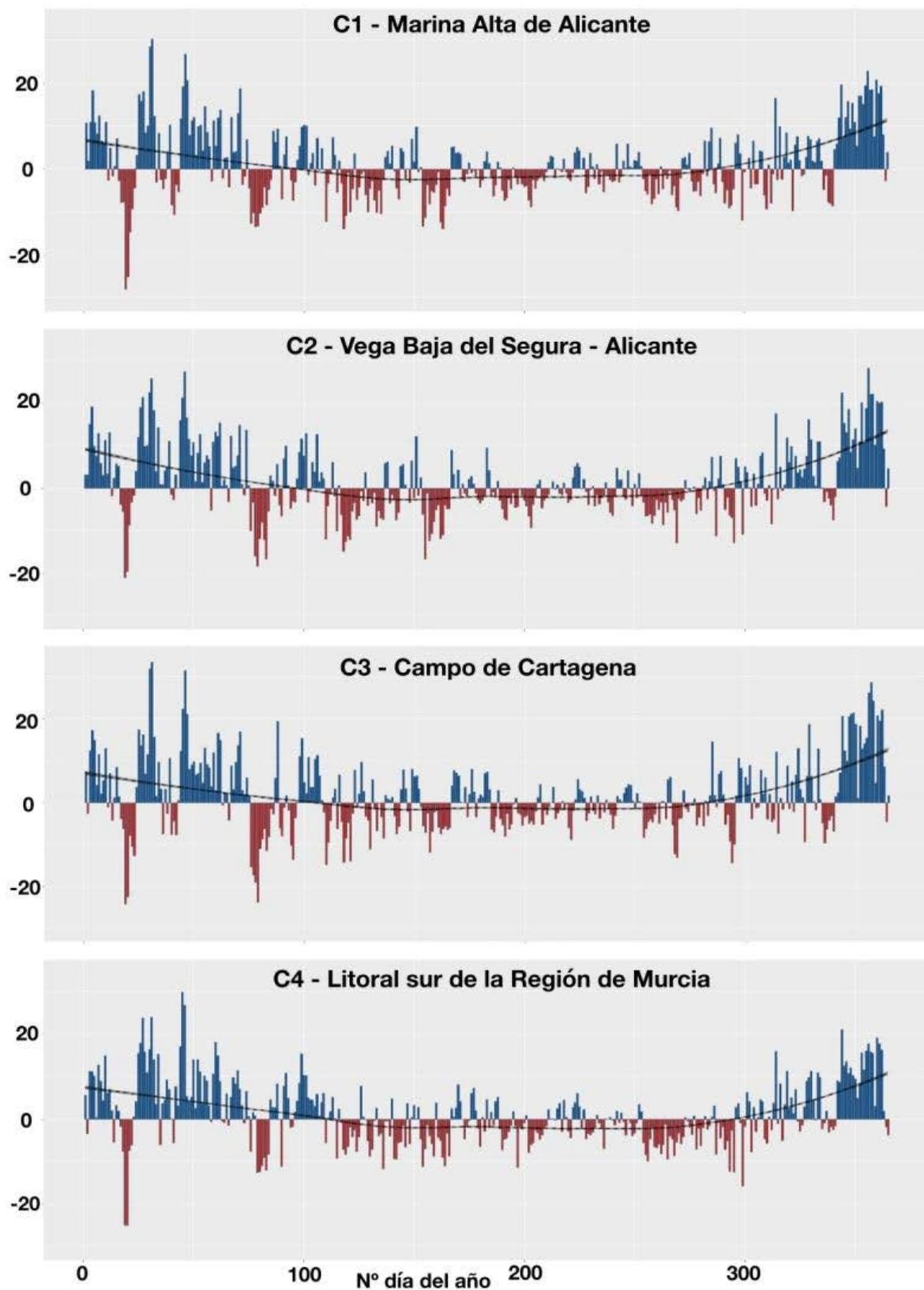
Las condiciones muy confortables se registran en la mayoría de regiones analizadas, pero son más elevadas en C2 y C4 durante el mes de abril, y especialmente en la primera semana de noviembre, con valores medios que llegan a alcanzar 79,7 en el litoral sur de la región de Murcia (umbral de condiciones excelentes).

Figura 11. Evolución promedio del índice climático-turístico modificado de Mieczkowski (MTCI) a lo largo del año en los diferentes clústeres de análisis



Fuente: elaboración propia

Figura 12. Cambio en el índice climático-turístico modificado de Mieczkowski (MTCI) entre los periodos temporales 2001-2011 y 2012-2022 en los observatorios meteorológicos con disponibilidad de serie corta (2000-2022)



Fuente: elaboración propia

La Figura 12 muestra la evolución y cambio experimentado por el índice MTCl entre los dos periodos temporales analizados (2001-2011 y 2012-2022). Se pone de relieve que los mayores ascensos del índice (hacia una mayor sensación térmica de confort) tienen lugar especialmente durante los meses de diciembre y enero (inviernos más confortables), pero también durante febrero y la primera quincena de marzo, y el mes de noviembre. Diciembre, por su parte, registra una tendencia reciente de 5,3 a 7,9 / década en las regiones analizadas, la más elevada del año (Tabla 11). Por su parte, los mayores descensos, o mayor pérdida de confort se registran de marzo a octubre, siendo estadísticamente significativos durante los meses de julio y agosto (-1,7 a -4,0 / década). Por semanas, destacan la tercera de marzo, las dos primeras de junio, la segunda y tercera de julio, y las tres últimas semanas de septiembre.

La Tabla 10 muestra la variación de los periodos temporales de los umbrales “desfavorable” y “muy desfavorables” en los intervalos (2001-2011 y 2012-2022). El periodo temporal con umbral desfavorable se alarga en un total de 9 días en C1, en 2 días en C2, aumenta en 15 días en C3, y finalmente en 3 días en C4. En general, el periodo se adelanta del 17 al 10 de junio en C1, del 13 al de junio en C2, del 13 al 4 de junio en C3, y del 14 al 11 de junio en C4. La parte final del periodo se alarga del 27 al 29 de agosto en C1, no experimenta cambios en C2 (hasta el 6 de septiembre), del 9 al 15 de septiembre en C3, y sin cambios (hasta el 31 de agosto) en C4

Las jornadas dentro del mayor disconfort térmico en el periodo 2012-2022, aquellas que figuran dentro del umbral de “calor” también experimentan un importante ascenso. Se registran aumentos de 17 días en C1, 3 días en C2, 6 días en C3, y finalmente se acorta en 4 días en C4. El inicio del periodo se adelanta del 5 de julio al 25 de junio en C1, del 23 al 22 de junio en C2, se retrasa del 24 al 27 de junio en C3, y finalmente del 25 al 28 de junio en C4. Por su parte, el final del periodo se retrasa del 2 al 29 de julio en C1, del 7 al 9 agosto en C2, del 19 al 28 de agosto en C3, y de se adelanta ligeramente del 15 al 14 de agosto.

Tabla 10. Cambios en los periodos anuales de diferentes umbrales de confort térmico del índice climático-turístico modificado de Mieczkowski (MTCI).

Periodos temporales en ventanas de 30 años solapadas cada cinco años

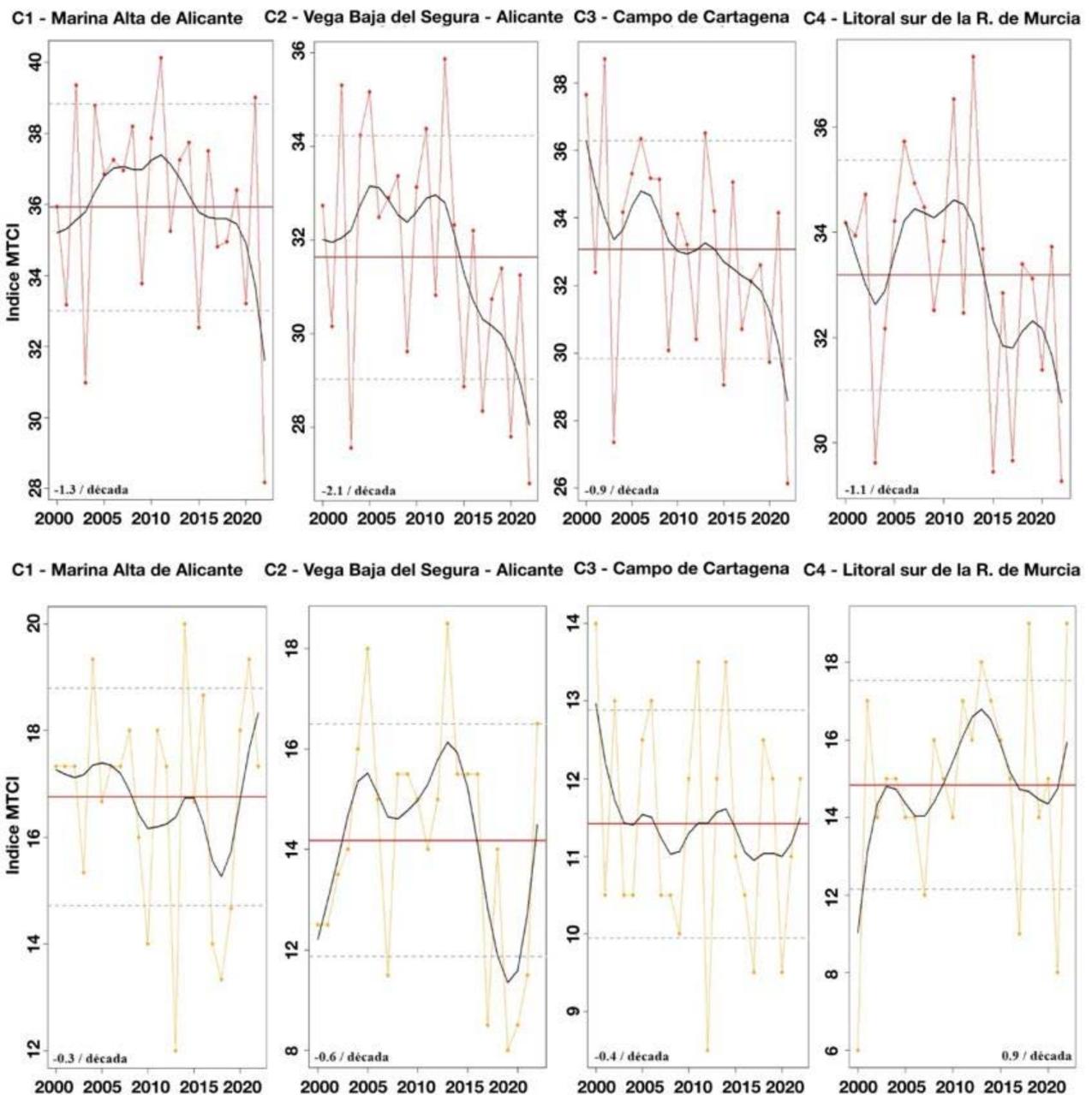
| Cluster                                  | Descripción      | 2001-2011 | 2012-2022 |
|--|------------------|-----------|-----------|
| C1<br>Marina alta de Alicante            | Desfavorable     | 17 jun.   | 10 jun.   |
|  |                  | 27 ag.    | 29 ag.    |
|  | Nº días          | 72        | 81        |
|  | Muy desfavorable | 5 jul.    | 25 jun.   |
|  |                  | 2 jul.    | 29 jul.   |
|  | Nº días          | 8         | 25        |
| C2<br>Vega baja del Segura -<br>Alicante | Desfavorable     | 13 jun.   | 11 jun.   |
|  |                  | 6 sept.   | 6 sept.   |
|  | Nº días          | 86        | 88        |
|  | Muy desfavorable | 23 jun.   | 22 jun.   |
|  |                  | 7 ag.     | 9 ag.     |
|  | Nº días          | 46        | 49        |
| C3<br>Campo de Cartagena                 | Desfavorable     | 13 jun.   | 4 jun.    |
|  |                  | 9 sept.   | 15 sept.  |
|  | Nº días          | 89        | 104       |
|  | Muy desfavorable | 24 jun.   | 27 jun.   |
|  |                  | 19 ag.    | 28 ag.    |
|  | Nº días          | 57        | 63        |
|  | Desfavorable     | 14 jun.   | 11 jun.   |
|  |                  | 31 ag.    | 31 ago    |
|  | Nº días          | 79        | 82        |
|  | Muy desfavorable | 25 jun    | 28 jun    |
|  |                  | 23 abr    | 1 mayo    |
|  | Nº días          | 1 nov     | 6 nov     |

Fuente: elaboración propia

La Figura 13 muestra la evolución del promedio estival del índice MTCI durante el periodo de análisis más reciente (2000-2022). Registra un descenso marcado durante los últimos años, concretamente desde 2012-2013 (descensos de hasta -2.1 / década en C2 - Vega baja del Segura y Alicante), evidenciando el carácter cada vez de mayor disconfort en el área de análisis. El trimestre estival de 2022 ha registrado el promedio más bajo de toda la serie estadística, con valores inferiores a 28 (muy desfavorable).

Por su parte, los valores mínimos absolutos del periodo estival experimentan cambios menos notables (-0,3 a -0,6 / década), incluso con tendencias al alza en C4 (litoral sur de la región de Murcia) con 0,9 / década.

Figura 13. Evolución del índice climático-turístico modificado de Mieczkowski (MTCI) (2000-2022) en los diferentes clústeres analizados. Figuras superiores muestran el promedio estival (JJJ), y las inferiores, el índice mínimo absoluto (JJJ)



Fuente: elaboración propia

Tabla 11. Resumen de las tendencias temporales (2000-2022) de los diferentes índices de confort analizados. En negrita, estadísticamente significativo con un nivel de confianza del 97.5%

|     | INDICE CI |             |            |             | INDICE MTCI |             |            |             |
|-----|-----------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|
|     | C1        | C2          | C3         | C4          | C1          | C2          | C3         | C4          |
| E   | -0,1      | -0,1        | -0,1       | -0,2        | 1,4         | 3,4         | 2,5        | 2,4         |
| F   | -0,2      | -0,2        | -0,2       | <b>-0,4</b> | 2,7         | 4,7         | 4,3        | 4,8         |
| M   | 0,3       | 0,2         | 0,3        | -0,1        | -2,6        | -3,7        | -4,3       | -2,7        |
| A   | 0,3       | 0,2         | <b>0,4</b> | 0,0         | -0,2        | -0,2        | -2,0       | 1,3         |
| M   | -0,1      | -0,1        | -0,1       | -0,2        | -1,4        | -1,4        | -0,6       | -2,4        |
| J   | 0,0       | 0,0         | 0,1        | 0,0         | -1,3        | -2,2        | 0,1        | 0,1         |
| Jl  | -0,2      | <b>-0,2</b> | -0,1       | <b>-0,3</b> | <b>-2,1</b> | <b>-2,5</b> | -1,7       | -2,1        |
| A   | -0,1      | <b>-0,2</b> | -0,1       | <b>-0,2</b> | -0,6        | -1,5        | -1,0       | -1,1        |
| S   | -0,1      | <b>-0,2</b> | -0,1       | <b>-0,3</b> | <b>-2,3</b> | <b>-3,8</b> | -0,3       | <b>-4,0</b> |
| O   | 0,0       | -0,1        | 0,1        | -0,1        | -0,7        | -0,8        | 0,4        | -1,7        |
| N   | -0,1      | -0,3        | -0,1       | -0,3        | 1,8         | <b>4,7</b>  | 2,5        | 3,8         |
| D   | -0,2      | <b>-0,2</b> | -0,1       | -0,2        | <b>5,3</b>  | <b>7,9</b>  | <b>6,8</b> | <b>6,4</b>  |
| Año | -0,0      | <b>-0,1</b> | 0,0        | <b>-0,2</b> | 0,2         | 0,3         | 0,4        | 0,4         |

Fuente: elaboración propia

#### 4 Discusión y conclusiones

Nastos y Matzarakis (2019) afirman que la decisión de viaje está asociada, por un lado, al potencial físico y económico de los individuos y por otro, a sus preferencias moldeadas a partir de múltiples elementos, entre ellos el clima del lugar de residencia y las características del destino deseado (paisaje, clima y cultura). Por lo tanto, algunos grupos poblacionales pueden ser más sensibles al estrés térmico que otros (Salata et al., 2017)

Tras el análisis de los dos índices utilizados en dos ámbitos temporales diferentes, uno con una mayor retrospectiva (1967-2022), y otro que analiza los cambios en los últimos 22 años (2000-2022) se llega a la conclusión de que los diferentes umbrales de confort están experimentando cambios significativos en cuanto a intensidad y distribución a lo largo del año.

Los resultados obtenidos en la caracterización anual para los diferentes emplazamientos analizados resultan en consonancia con las conclusiones de otras investigaciones. Así, Martínez González (2018) determina un número total anual de días de discomfort de 130 en Málaga, 124 en Málaga, 129 en Huelva y 127 en Cádiz. En la presente investigación se concluyen que los valores más elevados se sitúan en Alicante con 149 días y en los litorales de Mazarrón y Águilas (región de Murcia) con 148. Por su parte, los valores más bajos se sitúan en el entorno del Campo de Cartagena y Mar Menor (San Javier con 108) y la Marina Alta de Alicante con 107 días. Además, el promedio anual más elevado se registra en Almería con 24,8, valor muy similar a los 25.4 en la ciudad de Alicante o 25,0 en San Javier (Murcia).

El índice de confort (IC) es superado en un periodo temporal que abarca desde el 1 de mayo al 1 de octubre en el litoral de Almería, interior de Sevilla y Jaén, mientras que, en la presente investigación se concluye que dicho periodo temporal se extiende entre el 23 de abril y el 3 de noviembre en la ciudad de Alicante.

Colón Lasierra (2019) determina que en las ciudades analizadas en España (La Coruña, San Sebastián, Zaragoza, Madrid, Alicante y Cádiz) el confort “ha empeorado” (aumentado significativamente) en los últimos cincuenta años fundamentalmente por el aumento generalizado de la temperatura. Además, Amezúa Arranz (2020) determina que los índices de confort climático presentan cada vez un mayor discomfort para Europa del Este, Europa Central y los Balcanes para el periodo temporal 1961 y 2010.

El índice climático-turístico modificado de Mieczkowski (MTCI) es el más completo a la hora de analizar tales cambios, al tener en cuenta cinco variables que determinan la aptitud turística de cada ubicación. En ese sentido, para el periodo temporal más largo (1967-2022) se produce un descenso del número de días con buenas condiciones para el turismo en Alicante (bueno y muy bueno), experimentando una caída de 10 días, desde un total de 119 días (1982-2012) a 114 (1992-2022). Por su parte, en el aeropuerto de Alicante se produce un ascenso de 5 días, desde los 107 (1967-1997) a 112 (1992-2022), mientras que en San Javier la pérdida es de 13 días, pasando de 92 días (1982-2012) a 79 (1992-2022).

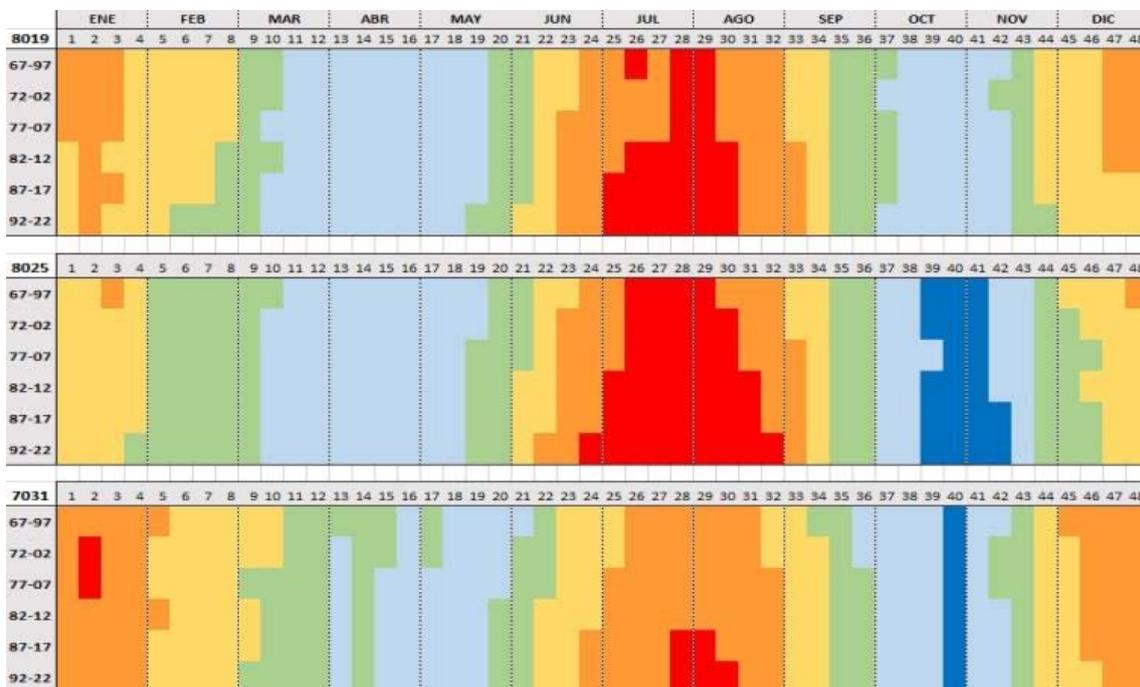
Miró Pérez et al. (2016) concluyen que existe una pérdida clara de confort para el caso del verano, esencialmente a causa de un aumento de episodios de calor asociados a bajo confort. Sin embargo, el caso contrario ocurre para el invierno. En este caso tenemos una mejora de confort en toda la provincia. Los cambios en otoño son mínimos. Las conclusiones son similares a las obtenidas en la presente investigación, con un aumento muy importante del confort durante el

invierno, especialmente durante el mes de diciembre. Todo ello determina, como se ve a continuación, cambios en la distribución anual de los diferentes umbrales térmicos, extendiéndose el calendario de temporada alta estival de julio-agosto hacia junio y septiembre. Además, las áreas montañosas de mayor altitud, que décadas anteriores han presentado una fuerte estacionalización en invierno bajo el turismo de nieve, podrán expandir su oferta al resto del año, al presentar veranos menos sofocantes que en zonas litorales y prelitorales.

La ciudad de Alicante ha visto adelantar el umbral de confort "favorable" de la primera semana de marzo a la primera de febrero (Figura 14). Es la que más variación registra entre los observatorios analizados. Llama la atención el trimestre invernal (DEF), con un cambio desde condiciones desfavorables (67-97 a 77-07) en las dos últimas semanas de diciembre y las tres primeras de enero, a registrar en la actualidad una sola semana, y el resto de los meses con condiciones marginales. Al igual que febrero, especialmente en las tres últimas semanas se pasa de un umbral marginal a condiciones aceptables. Se produce, por tanto, un claro aumento del confort climático en DEF. Por su parte, durante la primavera y otoño apenas hay cambios significativos, donde se mantienen las condiciones buenas en la segunda quincena de marzo, mes de abril y la primera quincena de mayo. Al igual que ocurre durante los meses de octubre y noviembre. Es el trimestre estival (JJA) el que experimenta una mayor variación. Especialmente con la expansión del umbral desfavorable, abarcando en la actualidad desde mediados de junio a la primera semana de septiembre. Pero especialmente el umbral muy desfavorable, con una extensión desde la primera semana de julio a la segunda de agosto. Durante los intervalos temporales de 1972-2002 a 1977-2007 la longitud apenas abarcada la última semana de julio y la primera de agosto (Figura 14). El cambio efectuado en las condiciones de mayor desconfort climático es especialmente relevante.

En el aeropuerto de Alicante los cambios son menos significativos, si bien, lo más llamativo es la expansión del periodo desfavorable y muy desfavorable. Este último se expande en la actualidad desde la primera semana de junio a la última de agosto. El trimestre otoñal se mantiene sin grandes cambios, expandiendo ligeramente las mejores condiciones para la práctica del turismo entre los observatorios analizados (muy bueno). Se extiende entre la tercera semana de octubre y la segunda de noviembre. Finalmente, las condiciones aceptables llegan en la actualidad hasta la segunda semana de diciembre, mientras que se quedaba en la última de noviembre en el periodo 1967-1997.

Figura 14. Cambio temporal en los diferentes umbrales del índice climático-turístico modificado de Mieczkowski (MTCI) para: Alicante – aeropuerto (8019), Alicante (8025), y San Javier (7031), según ventanas temporales de 30 años solapadas cada cinco años



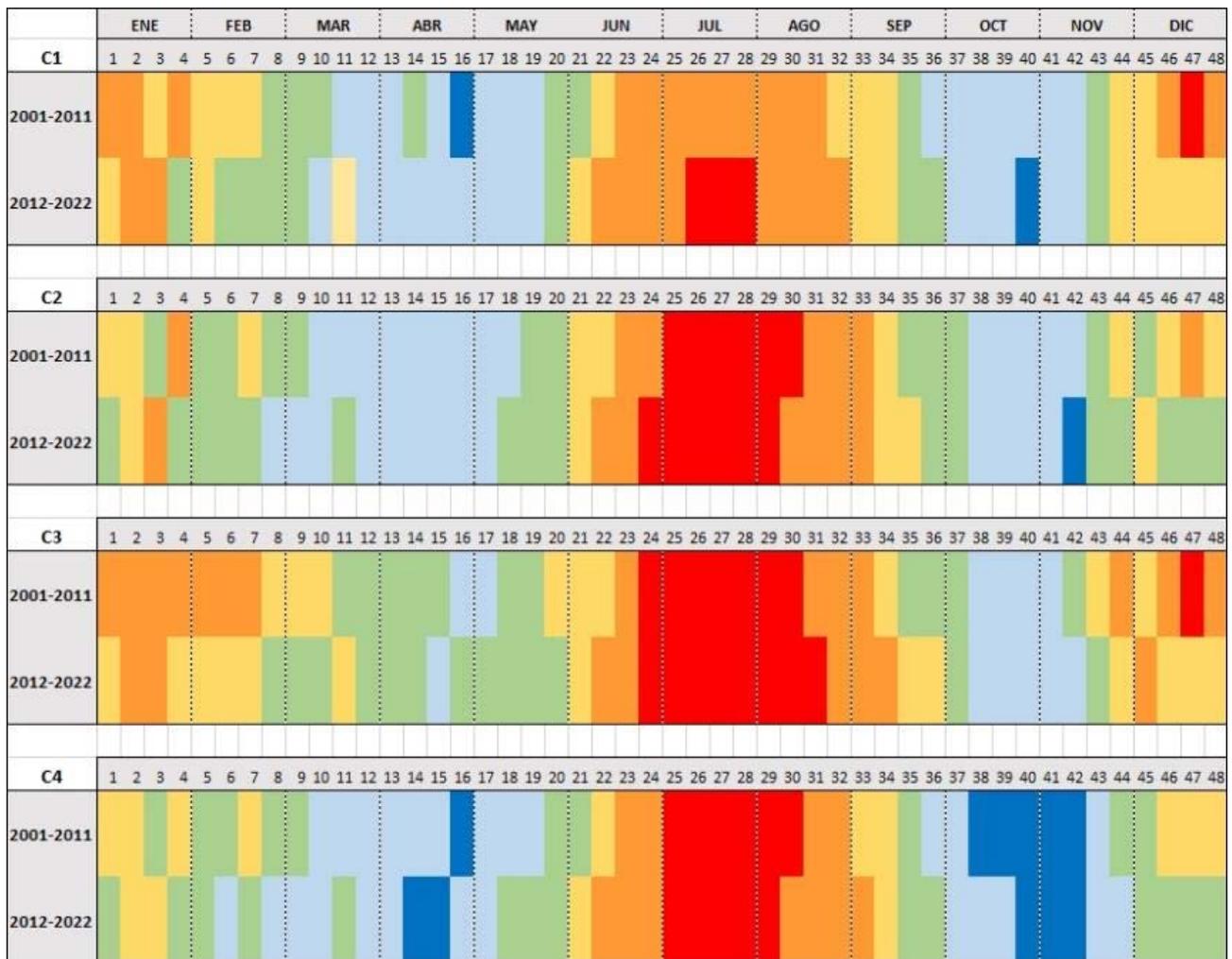
**Leyenda:** color rojo (muy desfavorable), naranja (desfavorable), amarillo (marginal), verde (aceptable), azul claro (bueno) y azul (muy bueno).

Fuente: elaboración propia

Por su parte, en el observatorio de San Javier lo más destacado es la expansión de las condiciones marginales, desfavorables y muy desfavorables hasta la segunda semana de junio y segunda de septiembre, expandiendo las condiciones de calor durante la parte central del año.

En los últimos años (2000-2022), el mayor cambio tiene lugar en C1 ya que se pasa de unas condiciones desfavorables a muy desfavorables en verano, concretamente de la segunda a la cuarta semana de junio. En C2 y C4 se produce un adelanto del umbral “bueno” apareciendo en el periodo 2000-2022 en la última semana de febrero, mientras que antes aparecía en la segunda semana de marzo. Por lo general, en las cuatro regiones analizadas se produce una expansión de las condiciones desfavorables durante el verano con la llegada de una semana antes, y la finalización una semana después que en el periodo de referencia 2000-2022 (Figura 15).

Figura 15. Cambio temporal en los diferentes umbrales del índice climático-turístico modificado de Mieczkowski (MTCI) para los diferentes clústeres analizados (según los periodos temporales 2001-2011 y 2012-2022)



**Leyenda:** color rojo (muy desfavorable), naranja (desfavorable), amarillo (marginal), verde (aceptable), azul claro (bueno) y azul (muy bueno).

Fuente: elaboración propia

Lo más destacado es el cambio efectuado en el mes de diciembre, sin duda el momento del año con la mayor variación en los umbrales climáticos. En las regiones C1 y C3 (menos cálidas) se pasan de condiciones desfavorables y muy desfavorables a condiciones marginales, mientras que, en C2 y C4 los cambios principalmente es el paso de condiciones marginales y desfavorables a condiciones aceptables. Una de las conclusiones más firmes de la investigación es la evolución hacia un diciembre con un mayor confort climático en los últimos años.

**Agradecimientos:** Al marco del Programa para la Recualificación del Sistema Universitario Español durante el trienio 2021-2023 “financiado por la Unión Europea – NextGenerationEU”.

**Declaración responsable:** Las/os autoras/es declaran que no existe ningún conflicto de interés con relación a la publicación de este artículo. Las tareas se han distribuido de la siguiente manera: Los dos autores han participado en la confección y coordinación del artículo. Olcina Cantos, J. ha contribuido con la revisión bibliográfica y redacción de la introducción, supervisión y redacción del texto y de la discusión. Por su parte Espín Sánchez, D. ha realizado el tratamiento estadístico de los datos, realización de figuras gráficas y redacción de discusión.

## Bibliografía

Amezúa Arranz, C. (2020). *Estudio del índice de confort* (Undergraduate Final Thesis, Universidad de Valladolid, Spain). <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/44441>

Andrade, H., Alcoforado, M.J., & Oliveira, S. (2011). Perception of temperature and wind by users of public outdoor spaces: relationships with weather parameters and personal characteristics. *International journal of biometeorology*, (55), 665-680. <https://doi.org/10.1007/s00484-010-0379-0>

Ashrae (1992). *Thermal environmental conditions for human occupancy*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.

Ayuntamiento de Benidorm (2022). *Plan de Adaptación ante el Cambio Climático*. Ayuntamiento de Benidorm. <https://benidorm.org/es/ayuntamiento/concejalias/obras/ingenieria/proyectos-ingenieria/plan-de-adaptacion-ante-el-cambio-climatico-de-benidorm>

Bacci, I., Morabito, M., Raschi, A., & Ugolini, F. (2003). Thermohygrometric conditions of some urban parks of Florence (Italy) and their effects on human well-being. *Trees*, (6), 49. <https://hdl.handle.net/20.500.14243/59331>

Barros Pozo, P.M., & Martín Vide, J. (2018). Influencia térmica antrópica local y global en el observatorio Fabra para el periodo 1924-2016. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (79), 1-23. <http://dx.doi.org/10.21138/bage.2515a>

Besancenot, J.P. (1991). *Clima y Turismo*. Ed. Masson.

Blasco Laffón, B.E., Fernández Valdés, J.M., & Viñas Arrebola, C. (2007). Cálculo de índices de confort térmico en recintos cerrados con transferencia de calor. In *I Jornada Nacional de Investigación en edificación*. Madrid.

Blazejczyk, K., Epstein, Y., Jendritzky, G., Staiger, H., & Tinz, b. (2012). Comparison of UTCI to selected thermal indices. *International journal of biometeorology*, (56), 515-535. <https://doi.org/10.1007/s00484-011-0453-2>

Bröde, P., Krüger, E., & Rossi, F. (2011). Assessment of urban outdoor thermal comfort by the Universal Thermal Climate Index UTCI. In *14th International Conference on Environmental Ergonomics*. Greece.

Carreras, C., Marín, M., Martín Vide, J., Moreno, M.A.C., & Sabi, J. (1990). Modificaciones térmicas en las ciudades. Avance sobre la isla de calor en Barcelona. *Documents d'Ànlisi Geogràfica*, (17), 51-77. <https://ddd.uab.cat/record/17330>

Colón Lasierra, A (2019). *Análisis del confort climático en la España peninsular: contrastes costa-interior* (Undergraduate Final Thesis, Universidad de Zaragoza). <https://zaguan.unizar.es/record/85371>

De Freitas, C.R. (2003). Tourism climatology: evaluating environmental information for decision making and business planning in the recreation and tourism sector. *International Journal of Biometeorology*, (48), 45-54. <https://doi.org/10.1007/s00484-003-0177-z>

De Freitas, C.R., Scott, D., & Mcboyle, G. (2008). A second generation climate index for tourism (CIT): specification and verification. *International Journal of Biometeorology*, (52), 399-407. <https://doi.org/10.1007/s00484-007-0134-3>

De Freitas, C.R., & Grigorieva, E.A. (2017). A comparison and appraisal of a comprehensive range of human thermal climate indices. *International journal of biometeorology*, (61), 487-512. <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1228-6>

Fernández García, F. (1994). Clima y confortabilidad humana. Aspectos metodológicos. *Serie Geográfica*, (4), 109-125. <http://hdl.handle.net/10017/1030>

Fernández García, F. (2003). Fundamentos físicos y métodos de evaluación del confort climático en los estudios de Bioclimatología humana. In *VI Reunión nacional de Climatología* (pp. 135-170). Asociación de Geógrafos Españoles, Santiago de Compostela, September 14-16, 2000, <http://hdl.handle.net/10347/11738>

González O.C. (1998), *Metodología para el cálculo del confort climático en Colombia*. IDEAM. <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/007574/Metodologiaconfort.pdf>

Guijarro, J.A. (2011). *User's guide to climatology. An R contributed package for homogenization of climatological series* (Report). State Meteorological Agency (AEMET).

Houghton D. (1985). *Handbook of Applied Meteorology*. John Wiley & Sons Inc.

Kenawy, I., & Elkadi, H. (2013). *The impact of cultural and climatic background on thermal sensation votes*. PLEA2013 - 29th Conference, Sustainable Architecture for a Renewable Future, Munich, Germany 10-12 September 2013. <https://hdl.handle.net/10536/DRO/DU:30061646>

Kendall, M.G. (1975). *Rank Correlation Methods*. Charles Griffin.

- Lai, D., Guo, D., Hou, Y., Lin, C., & Chen, Q. (2014). Studies of outdoor thermal comfort in northern China. *Building and Environment*, (77), 110-118. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.03.026>
- Liang, C., & Bi, W. (2017). Seasonal variation analysis and SVR forecast of tourist flows during the year: a case study of Huangshan mountain. In *2017 IEEE 2nd International Conference on Big Data Analysis (ICBDA)* (pp. 921-927). IEEE.
- Lin, T.P. (2009). Thermal perception, adaptation and attendance in a public square in hot and humid regions. *Building and environment*, 44(10), 2017-2026. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.02.004>
- Lin, T.P., Tsai, K.T., Liao, C.C., & Huang, Y.C. (2013). Effects of thermal comfort and adaptation on park attendance regarding different shading levels and activity types. *Building and Environment*, (59), 599-611. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.10.005>
- Martín González, A.F. (2018). *Análisis del confort climático en la región de Andalucía, 1973-2017: Índice de Disconfort y tipos de tiempo* (Undergraduate Final Thesis, Universidad de Zaragoza, Spain). <https://zagan.unizar.es/record/76163>
- Martín-Vide, J., Sarricolea, P.Y., & Moreno-García, M.C. (2015). On the definition of urban heat island intensity: the “rural” reference. *Frontiers in Earth Science*, (3), 24. <https://doi.org/10.3389/feart.2015.00024>
- Matzarakis, A. (2007). Assessment method for climate and tourism based on daily data. In A. Matzarakis, C.R. de Freitas & D. Scott, *Developments in tourism climatology* (pp. 52-58). 3<sup>rd</sup> International Workshop on Climate, Tourism and Recreation. Alexandroupolis, September 19-22. Commission on Climate, Tourism and Recreation International Society of Biometeorology. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=89f71a4fa7688d63abd561dc6845adaa713246cb>
- 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 López, A. (2016). Propuesta de adaptación del índice turístico de Mieczkowski al turismo de interior de la Península Ibérica: el caso de Madrid. In *Clima, sociedad, riesgos y ordenación del territorio* (pp. 657-666). Asociación Española de Climatología. <http://dx.doi.org/10.14198/XCongresoAECALicante2016-62>

- Millán López, A., & Fernández García, 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>
- Miró Pérez, J., Olcina Cantos, J., Estrela Navarro, M.J., & Caselles Miralles, V. (2016). Confor climático, cambio climático y actividad turística en Alicante. In *X Congreso Internacional AEC: Clima, sociedad, riesgos y ordenación del territorio*. Publicaciones AEC. <http://dx.doi.org/10.14198/XCongresoAECALicante2016-63>
- Miró Pérez, J.J., & Olcina Cantos, J. (2020). Cambio climático y confort térmico. Efectos en el turismo de la Comunidad Valenciana. *Investigaciones Turísticas*, (20), 1-30. <https://doi.org/10.14198/INTURI2020.20.01>
- Monteiro, L., & Alucci, M.P. (2006). *Outdoor Thermal Comfort: Comparison of Results of Empirical Field Research and Predictive Models Simulation*. In *Comfort and Energy Use in Buildings*, 4<sup>th</sup> Windsor Conference, Canada, Cumberland Lodge, Windsor.
- Moreno García, M.C. (1993). *Estudio del clima urbano de Barcelona. La isla de calor*. Universidad de Barcelona.
- Moreno García, M.C., & Serra Pardo, J.A. (2016). El estudio de la isla de calor urbana en el ámbito mediterráneo: una revisión bibliográfica. *Biblio 3W: Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, (21). <https://doi.org/10.1344/b3w.0.2016.26368>
- Nastos, P.T., & Matzarakis, A. (2019). Present and future climate—tourism conditions in Milos Island, Greece. *Atmosphere*, 10(3), 145. <https://doi.org/10.3390/atmos10030145>
- Nikolopoulou, M. (2004). *Designing open spaces in the urban environment: a bioclimatic approach*. Centre for Renewable Energy Sources (CRES), Department of Buildings. [http://www.cres.gr/kape/education/1.design\\_guidelines\\_en.pdf](http://www.cres.gr/kape/education/1.design_guidelines_en.pdf)
- Nikolopoulou, M., & Lykoudis, S. (2006). Thermal comfort in outdoor urban spaces: analysis across different European countries. *Building and environment*, 41(11), 1455-1470. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.05.031>
- Ochoa De La Torre, J.M., Marincic Lovriha, I., & Alpuche Cruz, M.G. (2009). Análisis del confort climático para la planeación de sitios turísticos. In *5th International Conference Virtual City and Territory, Barcelona, 2, 3 and 4 June 2009* (pp. 481-488). Centre de Política de Sòl i Valoracions. <https://doi.org/10.5821/ctv.7588>

- Olcina Cantos, J., & Miró Pérez, J. J. (2017). *Actividad turística y cambio climático en la Comunidad Valenciana*. Universidad de Alicante, Instituto Universitario de Investigaciones Turísticas & Agència Valenciana del Turisme. <http://dx.doi.org/10.14198/2017-Actividad-Turistica-ComValenciana>
- Olcina Cantos, J., Serrano-Notivoli, R., Miró, J., & Meseguer-Ruiz, O. (2019). Tropical nights on the Spanish Mediterranean coast, 1950–2014. *Climate Research*, 78, 225-236. <https://doi.org/10.3354/cr01569>
- Oliveira, A.V.M., Gaspar, A.R., & Quintela, D.A. (2011). Dynamic clothing insulation. measurements with a thermal manikin operating under the thermal comfort regulation mode. *Applied Ergonomics*, 42(6), 890-899. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2011.02.005>
- Oliver, J.E. (1973). *Climate and Man's Environment: An Introduction to Applied Climatology*, 146(1), 125. <https://doi.org/10.2307/634095>
- Pantavou, K., Santamouris, M., Asimakopoulos, D., & Theoharatos, G. (2014). Empirical calibration of thermal indices in an urban outdoor Mediterranean environment. *Building and Environment*, (80), 283-292. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.06.001>
- Picone, N., & Campo, A.M. (2016). Análisis del confort climático en la ciudad de Tandil, Argentina. *Revista Geográfica Venezolana*, 57(1), 114-127. <https://www.redalyc.org/journal/3477/347746068007/html/>
- Quayle, R.G., & Steadman, R.G. (1998). The Steadman wind chill: An improvement over present scales. *Weather and Forecasting*, 13(4), 1187-1193. [https://doi.org/10.1175/1520-0434\(1998\)013<1187:TSWCAI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0434(1998)013<1187:TSWCAI>2.0.CO;2)
- Royé, D., & Martí Ezpeleta, A. (2015). Análisis de las noches tropicales en la fachada atlántica de la península ibérica. Una propuesta metodológica. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (69), 351-368. <https://doi.org/10.21138/bage.1900>
- Royé, D. (2017). The effects of hot nights on mortality in Barcelona, Spain. *International Journal of Biometeorology*, 61, 2127-2140. <https://doi.org/10.1007/s00484-017-1416-z>
- Salata, F., Golasi, I., Proietti, R., & De Lieto Vollaro, 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>
- Salvati, A., Roura, H.C., & Cecere, C. (2017). Assessing the urban heat island and its energy impact on residential buildings in Mediterranean climate: Barcelona case study. *Energy and Buildings*, (146), 38-54. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.04.025>

- Shashua-Bar, L., Pearlmutter, D., & Erell, E. (2011). The influence of trees and grass on outdoor thermal comfort in a hot-arid environment. *International journal of climatology*, 31(10), 1498-1506. <https://doi.org/10.1002/joc.2177>
- Steadman, R.G. (1984). A universal scale of apparent temperature. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 23(12), 1674-1687. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(1984\)023<1674:AUSOAT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1984)023<1674:AUSOAT>2.0.CO;2)
- Solorzano Dávila, A. (2015). *Validación del índice de confort térmico universal en Mexicali, B.C., México* (Master's Thesis, Universidad Autónoma de Baja California, Spain). <https://repositorioinstitucional.uabc.mx/server/api/core/bitstreams/60854193-c8fe-41ce-b6b4-bc682c21311e/content>
- Spagnolo, J., & De Dear, R. (2003). A field study of thermal comfort in outdoor and semi-outdoor environments in subtropical Sydney Australia. *Building and environment*, 38(5), 721-738. [https://doi.org/10.1016/S0360-1323\(02\)00209-3](https://doi.org/10.1016/S0360-1323(02)00209-3)
- Tanana, A.B., Ramos, M.B., Gil, V., & Campo, A.M. (2021). Confort climático y turismo. Estudio aplicado a diferentes niveles de resolución temporal en Puerto Iguazú, Argentina. *Estudios Geográficos*, 82(290), e064. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.202076.076>
- Thom, E.C. (1959). The discomfort index. *Weatherwise*, 12(2), 57-61. <https://doi.org/10.1080/00431672.1959.9926960>
- Thorsson, S., Honjo, T., Lindberg, F., Eliasson, I., & Lim, E.M. (2007). Thermal comfort and outdoor activity in Japanese urban public places. *Environment and Behavior*, 39(5), 660-684. <https://doi.org/10.1177/0013916506294937>
- Vardoulakis, E., Karamanis, D., Fotiadi, A., & Mihalakakou, G. (2013). The urban heat island effect in a small Mediterranean city of high summer temperatures and cooling energy demands. *Solar energy*, 94, 128-144. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2013.04.01>
- Zoulia, I., Santamouris, M., & Dimoudi, A. (2009). Monitoring the effect of urban green areas on the heat island in Athens. *Environmental monitoring and assessment*, 156, 275-292. <https://doi.org/10.1007/s10661-008-0483-3>