



**Universidad
Zaragoza**

TRABAJO FIN DE GRADO

Análisis del confort climático en la España
peninsular: contrastes costa-interior.

Contrast coast-interior of the climatic comfort in
the Spanish peninsula.

Autor

Abel Colón Lasierra

Director

Dr. José Carlos González Hidalgo

Facultad de Filosofía y Letras

Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio

2018/2019

RESUMEN

El presente TFG analiza el confort climático en la España peninsular estudiando sus variaciones costa-interior en un conjunto de observatorios climáticos representativos. Con este fin se ha calculado a escala diaria el índice de Thom (1959) y elaborado los calendarios diarios y de probabilidad de superar determinados umbrales de discomfort en los distintos observatorios. El estudio finaliza con un análisis de tendencias para averiguar si han existido cambios significativos en la confortabilidad en el periodo analizado.

Palabras clave: Contraste, costa, interior, calendario climático, tendencias, índice de discomfort, España peninsular.

ABSTRACT

This essay analyses the climatic comfort in Spanish peninsula, studying its interior-coastal variations in a set of representative climatic observatories. The Thom Index (1959) has been calculated daily and the daily calendars and the probability of exceeding certain thresholds of discomfort in the different observatories have been drawn up. The study ends with a trend analysis to find out if there have been significant changes in comfort in the period analysed.

Key words: Contrast, coast, interior, daily calendars, trends, discomfort index, Spanish peninsula.

AGRADECIMIENTOS

No me gustaría dar por finalizado el presente trabajo sin antes agradecer a mi tutor, José Carlos González-Hidalgo por el seguimiento, colaboración y ayuda en la realización de este escrito. Por último, dar las gracias a todos mis compañeros y familia por el apoyo recibido en los últimos meses.

Índice de Contenidos:

1. INTRODUCCIÓN	7
1.1. Antecedentes.	7
1.2. Revisión de índices climáticos relacionados con el confort y el turismo	8
1.2.1. El índice de climático-turístico de Mieczkowski (1985)	8
1.2.2. El índice de confort del Ministerio de Medioambiente Canadiense	8
1.2.3. El índice de climático-marino de Sarraméa (1980)	8
1.2.4. El índice de disconfort (Discomfort Index) de Thom (1959)	9
1.3. Justificación e hipótesis.	9
1.4. Objetivos.	9
2. ÁREA DE ESTUDIO Y CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA.	10
2.1. Características de las estaciones de interior.	10
2.2. Características de las estaciones de costa.	11
3. DATOS Y METODOLOGÍA.	12
3.1. Fuentes de información climática.	12
3.2. Análisis de datos.	13
4. RESULTADOS	14
4.1. Análisis de la temperatura y humedad relativa	14
4.2. Análisis del índice de disconfort de Thom (1959).	21
4.2.1. El disconfort leve ($21 \geq IC > 24$)	23
4.2.2. El disconfort moderado ($24 \geq IC > 27$)	27
4.3. Análisis de tendencias	29
5. DISCUSIÓN.	30
6. CONCLUSIONES.	32
7. BIBLIOGRAFÍA	33

Índice de Tablas:

Tabla 1. Localización de los observatorios climáticos seleccionados _____	12
Tabla 2. Número de datos disponibles por observatorio _____	13
Tabla 3. Clasificación y umbrales de confort _____	13
Tabla 4. Promedio mensual de Temperatura media _____	14
Tabla 5. Fecha en la que se obtiene la temperatura media máxima y mínima _____	16
Tabla 6. Coeficiente de variación (CV) de la Temperatura _____	16
Tabla 7. Promedio mensual de Humedad relativa (%) _____	17
Tabla 8. Fechas en la que se obtiene la humedad relativa máxima y mínima _____	18
Tabla 9. Coeficientes de variación (CV) de la humedad. _____	19
Tabla 10. Coeficiente de variación (CV) del IC. _____	23
Tabla 11. Número de días en el que es probable superar el umbral de discomfort leve (IC ≥ 21). _____	24
Tabla 12. Número de días en el que es probable superar el umbral de discomfort moderado (IC ≥ 24) _____	28
Tabla 13. Tasas anuales de cambio del índice de confort (IC), temperatura (T) y humedad relativa (HR). Valores significativos en negrita ($p < 0,05$) _____	29

Índice de Figuras:

Figura 1. Distribución espacial de los observatorios de estudio. _____	10
Figura 2. Calendario de temperaturas medias diarias. _____	15
Figura 3. Calendario de humedad relativa diaria. _____	18
Figura 4. Mapa de distribución de los calendarios de Temperatura media (°C) y Humedad relativa (%) _____	20
Figura 5. Calendario de confort climático. _____	21
Figura 6. Mapa de distribución de los calendarios climáticas del índice de confort ____	22
Figura 7. Calendario de probabilidad de un disconfort leve ($IC \geq 21$) _____	24
Figura 8. Mapa de distribución de los calendarios climáticas de probabilidad de disconfort leve ($IC > 21$). Periodo abril – noviembre. _____	26
Figura 9. Calendario de probabilidad de un disconfort moderado ($IC > 24$) _____	27
Figura 10. Evolución de los IC en el periodo 1968 - 2017. _____	30

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes.

Los seres vivos siempre han tenido que adaptarse a las condiciones climáticas del territorio en el que habita (Fernández García, 1994), que en el caso del hombre le ha permitido el desarrollo de diferentes actividades económicas entre ellas, el turismo.

Se define como confort climático el “conjunto de condiciones en las que los mecanismos de autorregulación son mínimos o como la zona delimitada por unos umbrales en la que el mayor número de personas manifiesten sentirse bien”. (Fernández García, 1994). Los umbrales de confort climático son diferentes según la ubicación geográfica debido que son muchas las variables que lo integran (Fernández García, 1996), y así pueden estar determinados por factores geográficos, estableciéndose importantes contrastes por ejemplo entre la costa y el interior de un mismo país en las condiciones de confort.

El origen de los estudios sobre la confortabilidad climática comenzó a realizarse en el siglo XIX con la finalidad de buscar las mejores condiciones para la industria textil (Fernández García, 1994). Sin embargo, no es hasta el siglo XX, con el desarrollo de la industria turística mundial, cuando se establece la relación de confort climático especialmente con el turismo y el bienestar. Esta relación se estima y analiza mediante índices elaborados por expertos en cuestiones climáticas y de turismo, con el fin de evaluar las peculiaridades de los climas del mundo para el turismo (Mieczkowski, 1985).

Un potencial problema que puede modificar los umbrales de confort climático actuales de la población es la degradación del medio ambiente, como informan los últimos informes emitidos por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC).

El confort-disconfort de las personas depende de numerosos factores. En primer lugar, de elementos propios de clima y del tiempo predominante en dicha zona, como son la humedad relativa, la temperatura media (Thom, 1959), la insolación y el viento (Mieczkowski, 1985). El estudio del confort es cuantificable y se realiza mediante unos índices que varían en función de los autores y los estudios realizados de los que comentaremos 4 ejemplos.

1.2. Revisión de índices climáticos relacionados con el confort y el turismo

1.2.1. El índice de climático-turístico de Mieczkowski (1985)

El Índice de Confort Turístico planteado por Mieczkowski (1985) tiene como variables las temperaturas, precipitaciones, humedad y viento, en cual se plantea la aptitud turística de un determinado lugar (Mieczkowski, 1985). La fórmula es la siguiente:

$$TCI = 8CID + 2CIA + 4R + 4S + 2W$$

CID = confort diurno

CIA = confort medio

R= precipitación total media

S= horas de sol

W= velocidad media del viento

1.2.2. El índice de confort del Ministerio de Medioambiente Canadiense

Otro de los índices que tiene como principal objetivo la planificación de actividades ligadas al turismo y al aire libre, así como la construcción, es la propuesta del *Ministerio del Medioambiente Canadiense* en un índice termohigrométrico, llamado *humidex* (Fernández García, 1996). La fórmula es la planteada a continuación:

$$Humidex = T + (0,55 * U) - 0,55$$

T = Temperatura (°C)

U = Tensión del vapor (hPa)

1.2.3. El índice de climático-marino de Sarraméa (1980)

Este índice combina factores climáticos favorables y desfavorables para el turismo de costa con el fin de comparar el periodo más atractivo para el turismo entre estaciones costeras. Los factores que se consideran favorables son la temperatura media mensual del aire, del agua del mar y la insolación media diaria. Mientras que los desfavorables son los relacionados con la lluvia, viento, niebla, heladas y nieve (Sarraméa, 1980).

$$ICM = (Tj + Tm + Hj) - (Pj + Vj + Bj + Gj + Nj)$$

Tj = temperatura media mensual

Tm = temperatura media mensual del agua del mar

Hj = insolación media diaria

Pj = número mensual de días de lluvia.

Vj = número mensual de días de viento violento (> 16 m/s)

Bj = número mensual de días de niebla

Gj = número mensual de días de helada

Nj = número mensual de días de nieve

1.2.4. El índice de discomfort (*Discomfort Index*) de Thom (1959)

El índice de confort climático “*Discomfort Index*” planteado por Thom (1959)¹ es un índice termohigrométrico cuyas variables son la temperatura media y la humedad relativa (Tejedor et al., 2016).

$$THI = t - (0,55 - 0,0055H) * (t - 14,5)$$

t = Temperatura media (°C)

H= Humedad relativa (%)

De los índices comentados, en el presente TFG se empleará el índice de Thom que se detallará en el apartado métodos.

1.3. Justificación e hipótesis.

El presente Trabajo Fin de Grado analiza las variaciones espaciales del confort climático entre los observatorios localizados en diferentes posiciones geográficas de costa e interior del territorio peninsular de España.

La hipótesis general del estudio es que por efecto de la localización geográfica existen diferentes condiciones promedio mensuales del confort climático, y existen por tanto diferencias latitudinales y entre la costa e interior. Como segunda hipótesis se plantea que ante las sugerencias de los informes del IPCC sobre el cambio del clima las condiciones de confort climático han podido variar en los observatorios estudiados, desconociéndose en este momento si tales variaciones han sido homogéneas o no en el espacio.

1.4. Objetivos.

Los objetivos planteados en este trabajo son:

- Evaluar los promedios de confort mensual en diferentes observatorios con localizaciones geográficas contrastadas.
- Detectar las eventuales diferencias en el confort climático entre los observatorios de interior y de costa.
- Detectar las eventuales diferencias en el confort climático entre los observatorios de la costa atlántica y mediterránea
- Estudiar la variación de la confortabilidad a través de distintos análisis de tendencias.

¹ El Índice de discomfort de Thom se denomina Índice de Confort por conveniencia.

2. ÁREA DE ESTUDIO Y CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA.

El estudio se realiza en la España peninsular (Figura 1) donde se han seleccionado seis observatorios representativos de la distribución de los climas en la España peninsular: la región oceánica donde están situadas las ciudades La Coruña y San Sebastián, y la región mediterránea en Alicante, Cádiz, Madrid y Zaragoza (Instituto Geográfico Nacional, 2019). A su vez dos son estaciones de interior (Madrid y Zaragoza), y cuatro de costa dos localizados en la costa atlántica septentrional en condiciones de clima oceánico (La Coruña y San Sebastián) y dos en condiciones de clima mediterráneo en la costa meridional (Alicante) y mediterránea (Cádiz). El motivo por el cual se estudian cuatro observatorios de costa es debido a los contrastes que existen entre la fachada atlántica Norte y Sur, y la costa mediterránea.



Figura 1. Distribución espacial de los observatorios de estudio.

2.1. Características de las estaciones de interior.

Madrid y Zaragoza tienen características similares según la clasificación Köppen-Geiger (Atlas Nacional de España, 2010). Tanto Madrid como Zaragoza son climas secos (López Gómez, 1987), aunque Madrid está clasificado como *Csa* – clima templado con verano seco y caluroso –, mientras que la capital aragonesa es un *Bsk* – clima estepario frío – (Climate Data, 2019).

Los climas del tipo *Csa* son climas templados de verano seco con la peculiaridad de superar los 22°C durante el mes más cálido que en el caso de Madrid es julio. En cuanto al clima *Bsk*, es característico por tener pocas precipitaciones durante gran parte

del año (López Gómez & López Gómez, 1987) y no superar la temperatura media anual de 18°C (Instituto Geográfico Nacional, 2019).

Las condiciones atmosféricas más comunes en ambas ciudades son la estabilidad en los meses de invierno que origina inversiones térmicas generando brumas y nieblas en los valles o depresiones de interior, y capaz de generar heladas que en ocasiones pueden ser severas si las masas de aire frío proceden del continente europeo. Por el contrario, cuando existe un temporal de frío y nieve, en estas ciudades son importantes los descensos de temperatura y las precipitaciones. Otra situación sinóptica que caracteriza a estos observatorios son las bajas térmicas estivales causando fenómenos convectivos ocasionando violentas tormentas (Instituto Geográfico Nacional, 2019).

2.2. Características de las estaciones de costa.

La Coruña y San Sebastián son las estaciones de la costa Atlántica Norte de la península, Alicante situado en la costa mediterránea y Cádiz, al sur de la península en la costa atlántica (Figura 1). La clasificación climática en estos cuatro observatorios es diversa.

La Coruña y San Sebastián tienen un clima de tipo oceánico que en la clasificación de Köppen es *Cfb* (Climate Data, 2019) si bien en ocasiones a La Coruña se le asigna un *Csb* por el descenso de precipitaciones de verano, pese a que no se puede hablar propiamente de estación seca. Los tipos *Csb* son climas templados con un verano seco y suave en la cual existe una estación seca en verano donde la temperatura media del mes más cálido es inferior a 22°C, pero con temperaturas medias mensuales superiores a 10°C durante cuatro meses o más (Inzunza, 2005). Lo que respecta al clima *Cfb* no existe estación seca con el mínimo de precipitación en los meses estivales (Inzunza, 2005).

Cádiz pese a estar situado en la misma fachada tiene condiciones climáticas diferentes a las estaciones climáticas anteriores debido a localizarse en una latitud más al Sur. Es un clima *Csa*, al igual que en San Sebastián o La Coruña se trata de un clima templado (*C*) pero con un verano caluroso y seco (Instituto Geográfico Nacional, 2019).

Alicante es el único observatorio de costa que tiene un clima seco (*B*) lo que supone que la evapotranspiración supera a las precipitaciones (Inzunza, 2005) generando un déficit hídrico prolongado. Es un clima estepario caluroso (*Bsh*) donde la sequía es muy acusada durante los meses de julio y agosto (López Gómez & López Gómez, 1987).

En principio el clima Mediterráneo, predominante en el territorio peninsular español, presenta unas características favorables para que resulten condiciones de un elevado confort, lo que supone una excelente baza para ser referencia en una de las actividades económicas más importantes en la España peninsular como es el turismo (Kebiche, 1994). Pero, las ventajas de este tipo de clima no son homogéneas en el conjunto del territorio debido a las importantes diferencias geográficas. Por ejemplo, la cercanía o lejanía del mar hace variar los valores de humedad relativa (Kebiche, 1994) generando una mayor variación del confort entre los observatorios de interior y en los de costa.

3. DATOS Y METODOLOGÍA.

3.1. Fuentes de información climática.

Los datos analizados proceden de la base de la ‘*European Climate Assessment*’ (ECA dataset) y son datos diarios de temperaturas máximas, mínimas, medias y de humedad relativa. El periodo analizado abarca desde 1968 a 2017.

La Tabla 1 es un resumen de la información básica procedente de las estaciones con la siguiente información: el código de la estación meteorológica, su altitud y localización geográfica.

Nombre Estación	Código Estación (ECA dataset)	Altitud (m)	Latitud	Longitud
<i>Madrid – El retiro</i>	230	667	40° 24' 42'' N	3° 40' 41'' W
<i>San Sebastián-Igueldo</i>	234	251	43° 18' 27'' N	2° 02' 21'' W
<i>Zaragoza – Aeropuerto</i>	238	247	41° 39' 42'' N	1° 00' 29'' W
<i>Alicante</i>	412	81	38° 22' 21'' N	0° 29' 39'' W
<i>Cádiz</i>	415	1	36° 30' 03'' N	6° 15' 24'' W
<i>La Coruña</i>	420	58	43° 22' 01'' N	8° 25' 09'' W

Tabla 1. Localización de los observatorios climáticos seleccionados.

Elaboración propia a partir de los datos de ECA dataset

La Tabla 2 desglosa la totalidad de valores disponibles por cada observatorio y su porcentaje. Todos los observatorios tienen más de un 90%, llegando en algunos casos a rozar la totalidad de datos situado en 18250 días. Comparando ambas variables, la humedad relativa tiene un mayor número de valores ausentes 1540 frente a los 1275 de la temperatura media.

Observatorios	Código	Temperatura media			Humedad relativa		
		Datos	Datos ausentes	% Datos	Datos	Datos ausentes	% datos
Madrid - El retiro	230	18247	3	99,98	18247	3	99,98
San Sebastián - Igeldo	234	18247	3	99,98	18245	5	99,97
Zaragoza	238	18247	3	99,98	18240	10	99,95
Alicante	412	18243	7	99,96	18242	8	99,96
Cádiz	415	16995	1255	93,12	16813	1437	92,13
La Coruña	420	18245	4	99,98	18173	77	99,58

Tabla 2. Número de datos disponibles por observatorio.

Elaboración propia, a partir de los datos de ECA dataset.

Por observatorios, Madrid es el que tiene la serie más completa en temperatura media diaria y humedad relativa diaria y Cádiz el que menos. En La Coruña sorprende el contraste de datos ausentes que existe entre la temperatura media (4) y la humedad relativa (77), situación que no ocurre en ninguno del resto de las estaciones climáticas.

3.2. Análisis de datos.

El estudio del confort se ha realizado con el índice de disconfort de Thom comentado en el apartado 1. El índice se ha seleccionado por la facilidad de interpretación, así como por ser el menos exigente en la obtención de los datos de que se disponía. La Tabla 3 recoge los umbrales establecidos y la denominación que se aplica en el presente TFG

Clasificación	Umbral
Confort (" <i>discomfort nulo</i> ")	< 21
Sensación de disconfort para menos de 50% de la población (" <i>discomfort leve</i> ")	$21 \geq IC > 24$
Sensación de disconfort para más del 50% de la población (" <i>discomfort moderado</i> ")	$24 \geq IC > 27$
Sensación de disconfort mayoritaria en toda la población (" <i>discomfort importante</i> ")	$27 \geq IC > 29$
Sensación de estrés (" <i>discomfort severo</i> ")	$29 \geq IC > 32$
Emergencia médica (" <i>discomfort extremo</i> ")	≥ 32

Tabla 3. Clasificación y umbrales de confort.

Adaptación propia, a partir de Thom (1959); Stathopoulou et al. (2005).

Con los valores de confort obtenidos, a partir de la aplicación de la fórmula, se han calculado el calendario promedio diario de cada observatorio y la probabilidad de superar los umbrales establecidos en dicha Tabla.

El análisis de las tendencias de Índice de Confort, y de sus dos componentes: la Temperatura y Humedad relativa, se ha realizado con el estadístico no paramétrico de Mann Kendall para conocer el signo y significación de aquella, y el estadístico de Sen para estimar su tasa (Salmi et al. 2002). Los cálculos se han realizado con el programa *MAKESENS*, desarrollado por el instituto meteorológico finés.

4. RESULTADOS

4.1. Análisis de la temperatura y humedad relativa

La temperatura media y la humedad relativa son las variables que integran el Índice de Confort (IC) y por ello la presentación de resultados comenzará con su caracterización. La selección de observatorios en los distintos puntos de la geografía española peninsular permite observar las diferencias que existen entre ellos. En la Tabla 4 se muestran los promedios mensuales y en la Figura 2 se muestran los calendarios de los promedios diarios, documentos que permiten apreciar de manera clara las diferencias entre las estaciones situadas en la España peninsular oceánica (San Sebastián y La Coruña) y aquellas localizadas en la España peninsular mediterránea (Madrid, Cádiz, Alicante y Zaragoza).

<i>Temperatura (°C)</i>	<i>La Coruña</i>	<i>Madrid</i>	<i>San Sebastian</i>	<i>Cádiz</i>	<i>Alicante</i>	<i>Zaragoza</i>
<i>Enero</i>	10,6	6,4	8,4	12,8	11,7	6,7
<i>Febrero</i>	10,8	7,7	8,6	13,6	12,4	8,2
<i>Marzo</i>	11,9	10,7	10,0	15,1	14,0	11,1
<i>Abril</i>	12,8	12,9	11,1	16,6	15,9	13,6
<i>Mayo</i>	14,7	16,7	14,1	19,0	18,9	17,6
<i>Junio</i>	17,1	21,9	16,7	22,0	22,7	22,1
<i>Julio</i>	18,9	25,3	18,8	24,5	25,4	25,0
<i>Agosto</i>	19,4	24,8	19,3	24,9	25,9	24,7
<i>Septiembre</i>	18,4	20,7	17,8	23,2	23,4	21,0
<i>Octubre</i>	16,1	15,0	15,4	20,4	19,6	16,1
<i>Noviembre</i>	13,1	9,7	11,3	16,4	15,2	10,3
<i>Diciembre</i>	11,4	6,8	9,0	13,7	12,3	6,8
<i>Promedio anual</i>	<i>14,6</i>	<i>14,9</i>	<i>13,4</i>	<i>18,5</i>	<i>18,2</i>	<i>15,3</i>

Tabla 4. Promedio mensual de Temperatura media

Elaboración propia, a partir de los datos de ECA dataset

Las temperaturas promedio mensuales del periodo estival (junio, julio y agosto) de los distintos observatorios registran máximos en distintos meses. Se retrasan al mes de agosto en los observatorios de costa, mientras que en Madrid y Zaragoza se dan en el mes de julio. Los mínimos mensuales de todas estaciones son en enero. San Sebastián tiene el promedio anual más bajo (13,4°C) y Cádiz el más alto con 18,5°C.

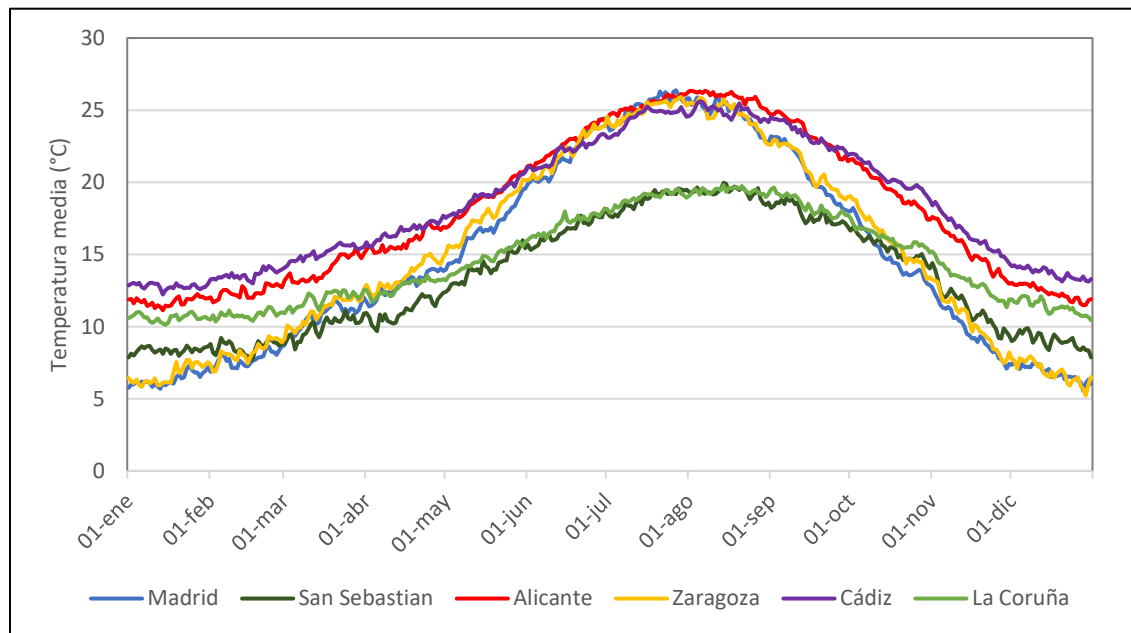


Figura 2. Calendario de temperaturas medias diarias.

Elaboración propia, a partir de datos ECA dataset

La diferencia clara se denota en el periodo estival (junio, julio y agosto) donde los observatorios de clima oceánico no superan la barrera de los 20°C, mientras que resto de observatorios tienen valores promedio por encima de 25°C durante algunos días. Es posible diferenciar aquellas estaciones situadas próximas a la influencia marina con respecto aquellas del interior. Las estaciones situadas en costa tienen el máximo en el mes de agosto, en contraposición a las de interior que tienen las máximas en la última semana del mes julio (Tabla 5).

	Estaciones de Interior		Estaciones de costa			
	Madrid	Zaragoza	La Coruña	San Sebastián	Cádiz	Alicante
Mes	Julio	Julio	Agosto	Agosto	Agosto	Agosto
Semana	Cuarta	Cuarta	Segunda	Segunda	Primera	Primera
Valor máx.	26,4°C	25,9°C	19,8°C	20°C	25,6°C	26,3°C
Mes	Diciembre	Diciembre	Enero	Febrero	Enero	Enero
Semana	Cuarta	Cuarta	Tercera	Tercera	Segunda	Tercera
Valor mín.	5,6°C	5,2°C	10,1°C	7,7°C	11,1°C	11,3°C

Tabla 5. Fecha en la que se obtiene la temperatura media máxima y mínima

Elaboración propia, a partir de datos ECA dataset

Los valores mínimos de los seis observatorios se encuentran en Madrid y en Zaragoza (5,6°C y 5,2°C respectivamente). La Coruña, San Sebastián, Cádiz y Alicante tienen unos registros más elevados - debido al efecto suavizador del mar - y desplazados entre la segunda semana del mes de enero y la tercera de febrero.

En la Tabla 6 se muestran el coeficiente de variabilidad. En la variabilidad de la temperatura se identifican contrastes costa – interior y entre los propios observatorios de costa. Madrid (CV= 0,056) y Zaragoza (CV= 0,0057) son los observatorios con una mayor variación de la temperatura en el área de estudio. Los observatorios situados al Norte son más variables que Alicante y Cádiz. El observatorio menos variable es Cádiz (CV= 0,032).

	\bar{x}	σ	CV
Zaragoza	15,27	0,057	0,057
San Sebastián	13,37	0,049	0,049
Cádiz	18,54	0,032	0,032
Madrid	14,87	0,056	0,056
Alicante	18,12	0,035	0,035
La Coruña	14,62	0,044	0,044

Tabla 6. Promedio (\bar{x}), desviación estándar (σ) y Coeficiente de variación (CV) de la Temperatura

Elaboración propia a partir de ECA dataset

En lo que respecta a la humedad relativa (Tabla 7) se percibe una clara diferencia entre las estaciones situadas en el interior y en la costa.

Humedad relativa (%)	Madrid	La Coruña	Zaragoza	Alicante	Cádiz	San Sebastián
Enero	73	78	76	68	76	76
Febrero	67	76	69	66	75	74
Marzo	58	75	63	66	72	75
Abril	58	76	60	65	70	78
Mayo	55	78	58	66	70	80
Junio	47	79	54	65	70	83
Julio	40	80	51	67	69	84
Agosto	42	80	55	69	71	84
Septiembre	52	79	61	70	72	80
Octubre	66	79	70	72	74	76
Noviembre	72	79	75	70	75	77
Diciembre	75	78	78	70	77	76
<i>Promedio anual</i>	59	78	64	68	73	79

Tabla 7. Promedio mensual de Humedad relativa (%)

Elaboración propia a partir de ECA dataset.

La humedad relativa mensual es más elevada en los observatorios de costa que de interior debido al aporte constante de humedad por la cercanía la mar. San Sebastián y La Coruña registran los valores promedio anual más elevados, mientras que la capital española tiene el valor más bajo, 59%. El observatorio situado en la costa mediterránea tiene la humedad relativa anual más baja de los cuatro observatorios de costa.

Los valores máximos de humedad de cada observatorio reflejan algunos patrones relacionados con las características climáticas y geográficas de cada ciudad estudiada. En primer lugar, las ciudades de interior registran los máximos de humedad en el periodo invernal entre la primera y tercera semana del mes de diciembre (Tabla 8). En cuanto a las ciudades costeras del norte de la península, La Coruña tiene su máximo de humedad en la última semana del mes de mayo mientras que San Sebastián en la tercera semana de agosto.

El observatorio situado en la costa mediterránea, Alicante, registra su máximo de humedad en otoño en la tercera semana de octubre. Por último, el observatorio de Cádiz sigue el patrón de los observatorios de interior, donde las máximas se sitúan en los meses de invierno, concretamente en el mes de diciembre. En la Figura 4 Se muestra el calendario diario de los observatorios analizados.

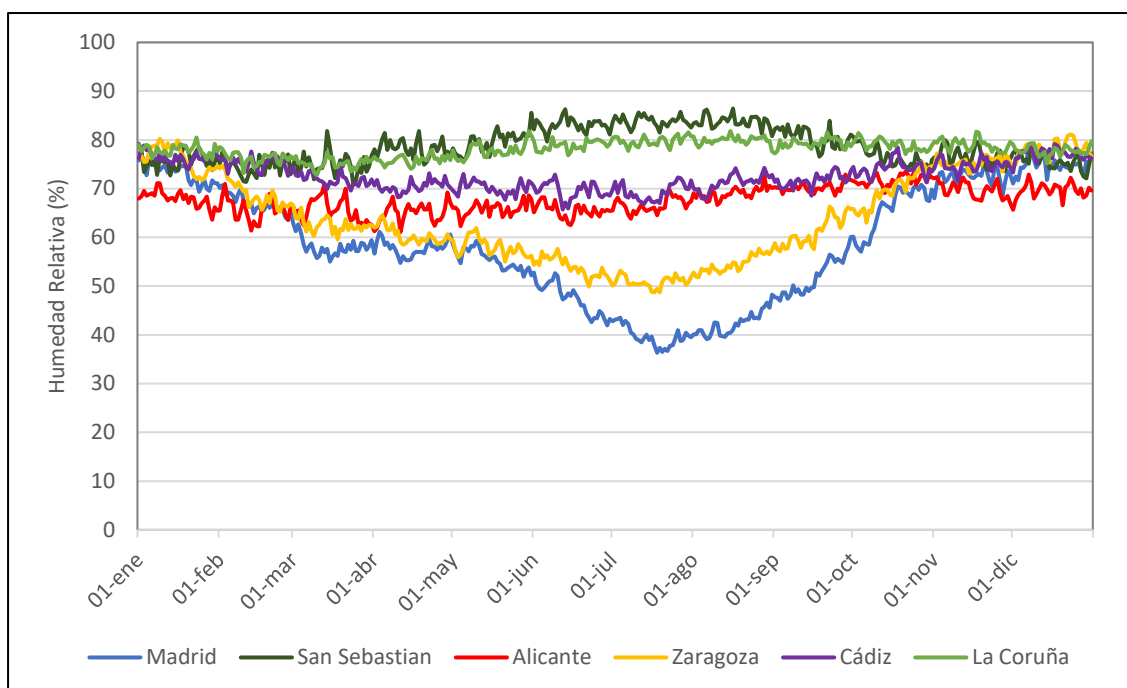


Figura 3. Calendario de humedad relativa diaria.

Elaboración propia, a partir de datos ECA dataset.

Los registros mínimos de humedad en La Coruña y San Sebastián se producen entre la segunda y cuarta semana del primer mes de la primavera (marzo) con valores de 73% y 71%, respectivamente. Madrid y Zaragoza registran sus mínimos de humedad relativa en la tercera semana de julio. El observatorio de Cádiz también tiene su mínimo situado en la estación estival (segunda semana de junio). Mientras que, Alicante – cuyo valor mínimo es el más bajo de todas las estaciones de costa – registra la humedad relativa más baja en la segunda semana de abril (Tabla 8).

	Estaciones de Interior		Estaciones costeras			
	Madrid	Zaragoza	La Coruña	San Sebastián	Cádiz	Alicante
Mes	Diciembre	Diciembre	Mayo	Agosto	Diciembre	Octubre
Semana	Primera	Tercera	Cuarta	Tercera	Tercera	Tercera
Valor máx.	79%	81%	82%	86%	79%	73%
Mes	Julio	Julio	Marzo	Marzo	Junio	Abril
Semana	Tercera	Tercera	Segunda	Cuarta	Segunda	Segunda
Valor mín.	36%	49%	73%	71%	66%	61%

Tabla 8. Fechas en la que se obtiene la humedad relativa máxima y mínima

Elaboración propia, a partir de los datos de ECA dataset.

En la Tabla 9 se muestran los promedios, desviaciones y el coeficiente de variabilidad (promedios anuales). En general en la variabilidad de la humedad relativa se identifican contrastes costa – interior. Madrid (CV= 0,055) y Zaragoza (CV= 0,041) son los observatorios con una mayor variación de la humedad relativa a lo largo del año en el área de estudio. El observatorio menos variable se sitúa en la costa es San Sebastián (CV= 0,031).

	\bar{x}	σ	CV
Zaragoza	64	2,62	0,041
San Sebastián	79	1,64	0,021
Cádiz	73	2,88	0,040
Madrid	59	3,24	0,055
Alicante	68	2,58	0,038
La Coruña	78	2,44	0,031

Tabla 9. Promedio (\bar{x}), desviación estándar (σ) y Coeficiente de variación (CV) de la humedad relativa.

Elaboración propia, a partir de los datos de ECA dataset.

En la temperatura media y la humedad relativa se observa el efecto que supone estar situado cerca de una masa de agua, por tanto capaz de aportar humedad de modo más constante. Además de ello la posición geográfica de cada observatorio también influyen las notorias diferencias entre las distintas ciudades de España. La Figura 5 permite detectar con mayor claridad las diferencias entre los observatorios de interior con respecto a los de costa y aquellos de clima oceánico con respecto a los de clima mediterráneo.

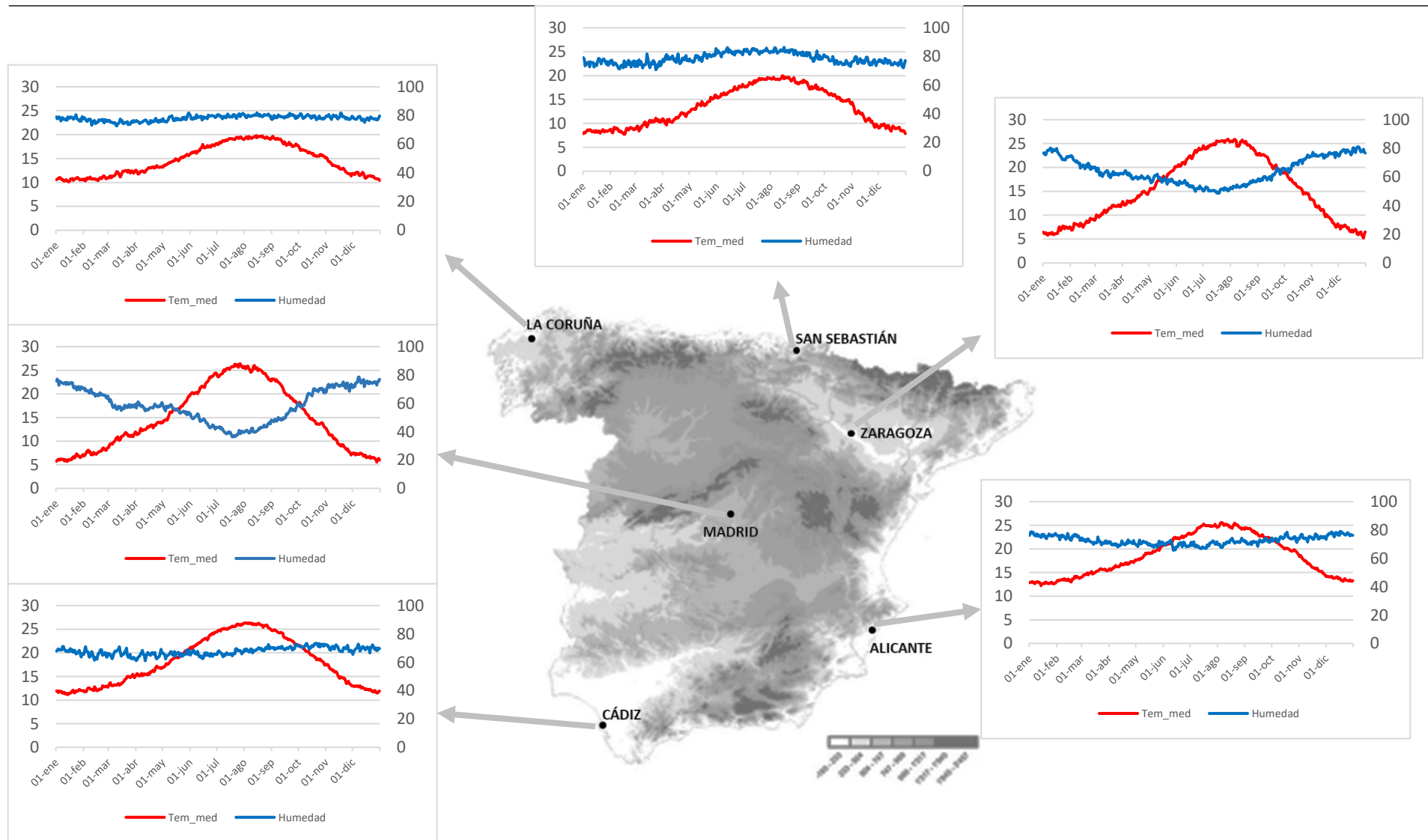


Figura 4. Mapa de distribución de los calendarios de Temperatura media (°C) y Humedad relativa (%)

Elaboración propia, a partir de datos ECA, AEMET.

4.2. Análisis del índice de disconfort de Thom (1959).

En la Figura 5 se muestra el cálculo del IC, las líneas quebradas marcan los diferentes límites de disconfort. Los valores situados por debajo de la línea quebrada azul son los días donde no existe disconfort, aquellos situados entre los valores 21 y 24 son los días donde hay un disconfort leve. Por último, el disconfort moderado (>24) está señalado por una línea quebrada de color negro, véase Tabla 3.

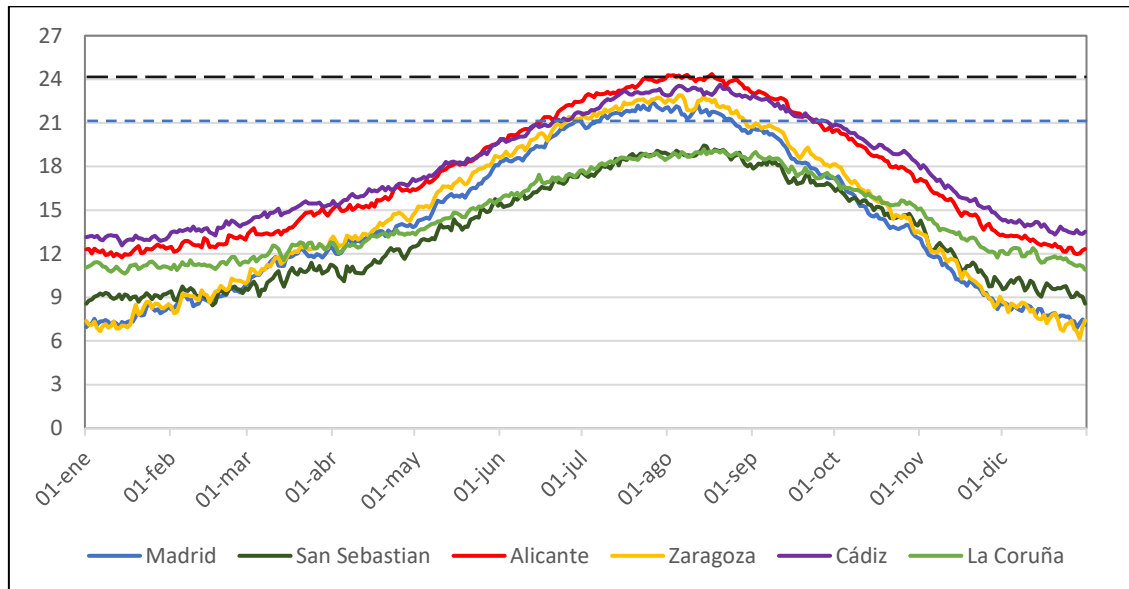


Figura 5. Calendario de confort climático.

Elaboración propia, a partir de datos ECA dataset

Únicamente en cuatro de los seis observatorios se supera el umbral del disconfort leve, dicho de otro modo, solo dos estaciones tienen un nivel de confort garantizado durante todo el año (San Sebastián y La Coruña).

Zaragoza es el observatorio de interior con un número mayor de días (67) de disconfort. Madrid, es la ciudad que registra el número menor de días de disconfort con un total de 54 días. Alicante y Cádiz prácticamente duplican el dato de Madrid con 102 y 101 días, respetivamente.

El periodo de disconfort es diferente entre el interior y la costa. Madrid es el observatorio que más tarde empieza a registrar valores de disconfort, desde la primera semana de julio hasta la última de agosto. En caso de Zaragoza el periodo de disconfort empieza una semana antes con respecto a Madrid y termina en la misma fecha. El periodo de disconfort de Alicante y Cádiz se produce en al mismo tiempo, entre la tercera semana de junio y la cuarta de septiembre. En la Figura 7 se muestra el reparto espacial.

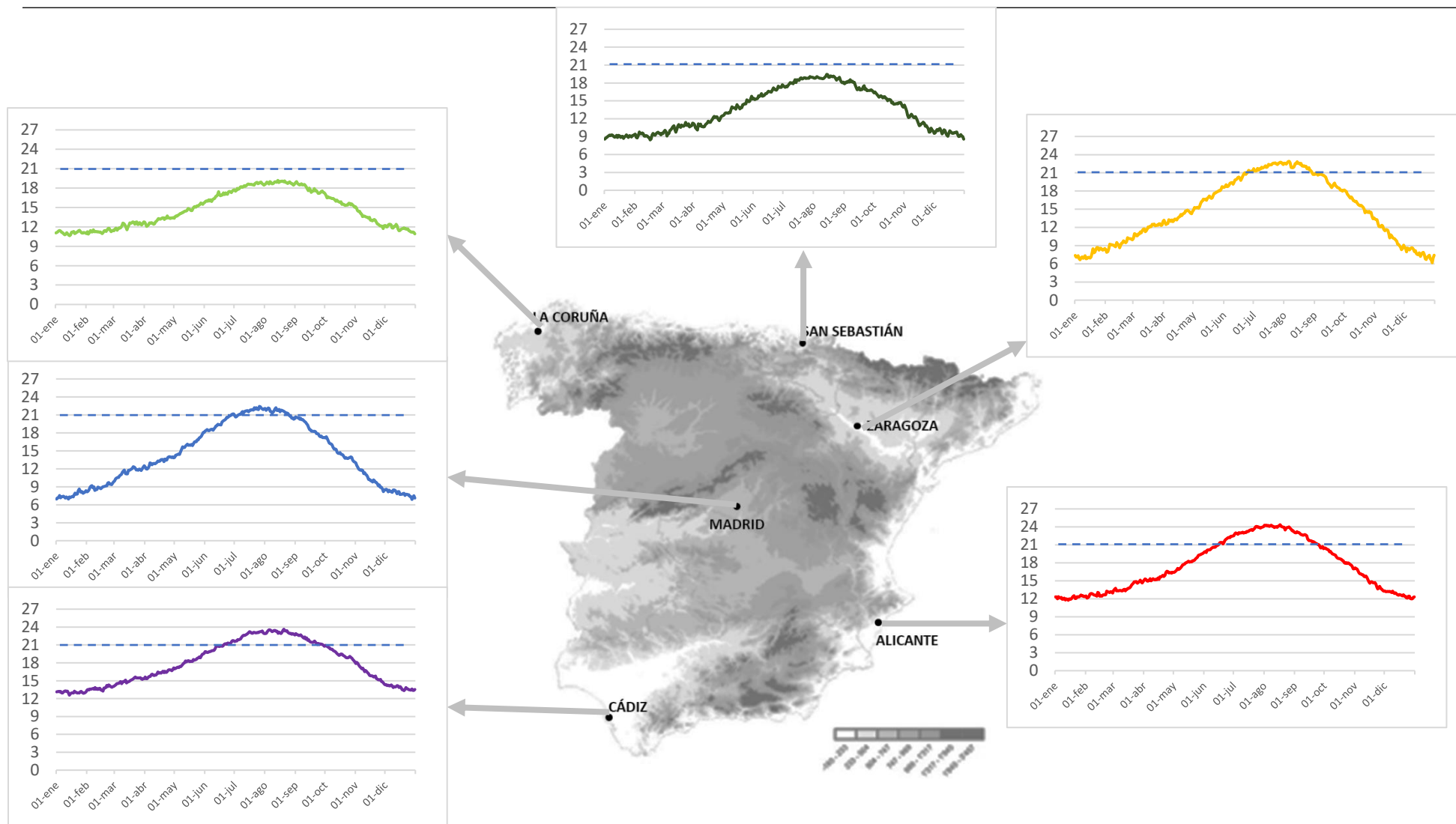


Figura 6. Mapa de distribución de los calendarios climáticos del índice de confort

Elaboración propia, a partir de datos ECA, AEMET.

En la Tabla 10 se muestran los valores descriptivos del IC de los observatorios analizados. Cádiz es el observatorio que tiene el IC promedio del periodo de estudio más elevado (17,87) y el valor máximo de los seis observatorios registrado en el año 2017. En contraposición a San Sebastián que registra el IC mínimo más bajo de todas las ciudades (12,49) y también el valor promedio de cincuenta años (13,46). En los observatorios de interior, Zaragoza tiene el IC máximo, mínimo y promedio más elevado que Madrid.

El contraste costa – interior también es perceptible en la variabilidad del Índice de Confort. Madrid (CV= 0,043) y Zaragoza (CV= 0,045) son más variables que las ciudades de costa. Los observatorios situados en la fachada Atlántica al Norte de la España peninsular son más variables que Alicante (CV= 0,03) y Cádiz (CV= 0,028).

	IC. Máximo	Año IC. Máx.	IC. Mínimo	Año IC. Mín.	\bar{x}	σ	CV
Zaragoza	15,98	2014	13,26	1972	14,79	0,663	0,045
San Sebastián	14,57	2003	12,49	1972	13,46	0,574	0,043
Cádiz	18,81	2017	16,60	1972	17,87	0,498	0,028
Madrid	15,74	2014	13,05	1971	14,33	0,614	0,043
Alicante	18,28	2006	16,40	1972/1976	17,48	0,524	0,030
La Coruña	15,50	1997	13,43	1972	14,61	0,563	0,039

Tabla 10. Valor y fecha del promedio máximo y mínimo anual, promedio (\bar{x}), desviación estándar (σ) y Coeficiente de variación (CV) del IC.

Elaboración propia a partir de ECA dataset.

4.2.1. El discomfort leve ($21 \geq IC > 24$)

Como se ha visto en la introducción de este trabajo, superar el valor 21 en el índice de discomfort de Thom (1959) supone que una parte de la población – menos del 50% – empieza a sentir ciertas incomodidades a la hora de realizar algunas actividades al aire libre (Stathopoulou et al., 2005). La Figura 7 es un calendario de probabilidad diaria de que se cumpla dicho requisito.

La Coruña y San Sebastián tienen una probabilidad de superar el valor de discomfort leve durante los meses más calurosos y nulo durante el resto del año – valores por debajo la línea quebrada de color gris claro -. La probabilidad es baja siempre ($< 30\%$) y se encuentra totalmente en el periodo que va desde finales del mes de mayo hasta finales de septiembre.

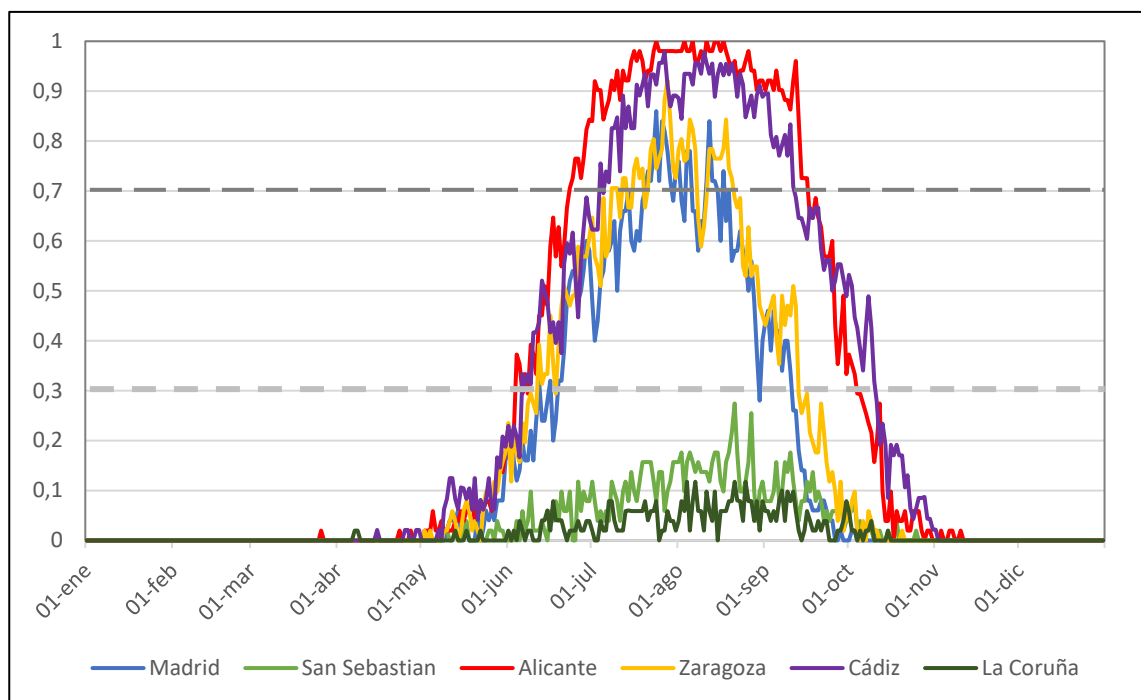


Figura 7. Calendario de probabilidad de un disconfort leve ($IC \geq 21$)

Elaboración propia, a partir de datos ECA dataset

La probabilidad de Alicante y Cádiz de días de disconfort ($IC \geq 21$) es más elevada – valores por encima de la línea quebrada de color gris oscuro –. Ambas ciudades registran el mayor número de días con una probabilidad alta ($> 70\%$) desde la última semana del mes de junio hasta la tercera semana de septiembre, siendo un total de 86 y 69 días respectivamente (Tabla 11).

Madrid y Zaragoza presentan unos valores más variables en cuanto a la probabilidad de días a superar dicho umbral. En la Figura 8 se percibe la misma variabilidad que ocurre con la temperatura media. En el caso de la probabilidad de disconfort los valores aumentan y disminuyen paulatinamente en un periodo de tiempo más corto que las ciudades de costa mediterráneas. La probabilidad más elevada ($> 70\%$) se da únicamente en el verano y durante pocos días. Zaragoza tiene más días con probabilidad alta, concretamente 36 con respecto a los 18 de Madrid.

<i>Probabilidad</i>	Madrid	San Sebastián	Alicante	Zaragoza	Cádiz	La Coruña
0%	225	226	177	209	181	244
Entre 0 y 30%	55	139	68	64	57	121
Entre 30 y 70%	67	0	34	56	58	0
Superior al 70%	18	0	86	36	69	0

Tabla 11. Número de días en el que es probable superar el umbral de disconfort leve ($IC \geq 21$).

Elaboración propia, a partir de los datos de ECA dataset.

El siguiente mapa de distribución (Figura 8) se percibe que la frecuencia y la duración de días donde exista un discomfort es distinto en cada una de las ciudades seleccionadas. Con esta cartografía es posible diferenciar tres tipos de comportamientos en el espacio:

- El discomfort leve en la fachada atlántica Norte de la España peninsular tiene una probabilidad baja ($< 30\%$).
- Alicante y Cádiz registran los valores de probabilidad más altos y prolongados de todas las estaciones seleccionadas.
- Madrid y Zaragoza tienen una situación intermedia de discomfort entre los observatorios de costa.

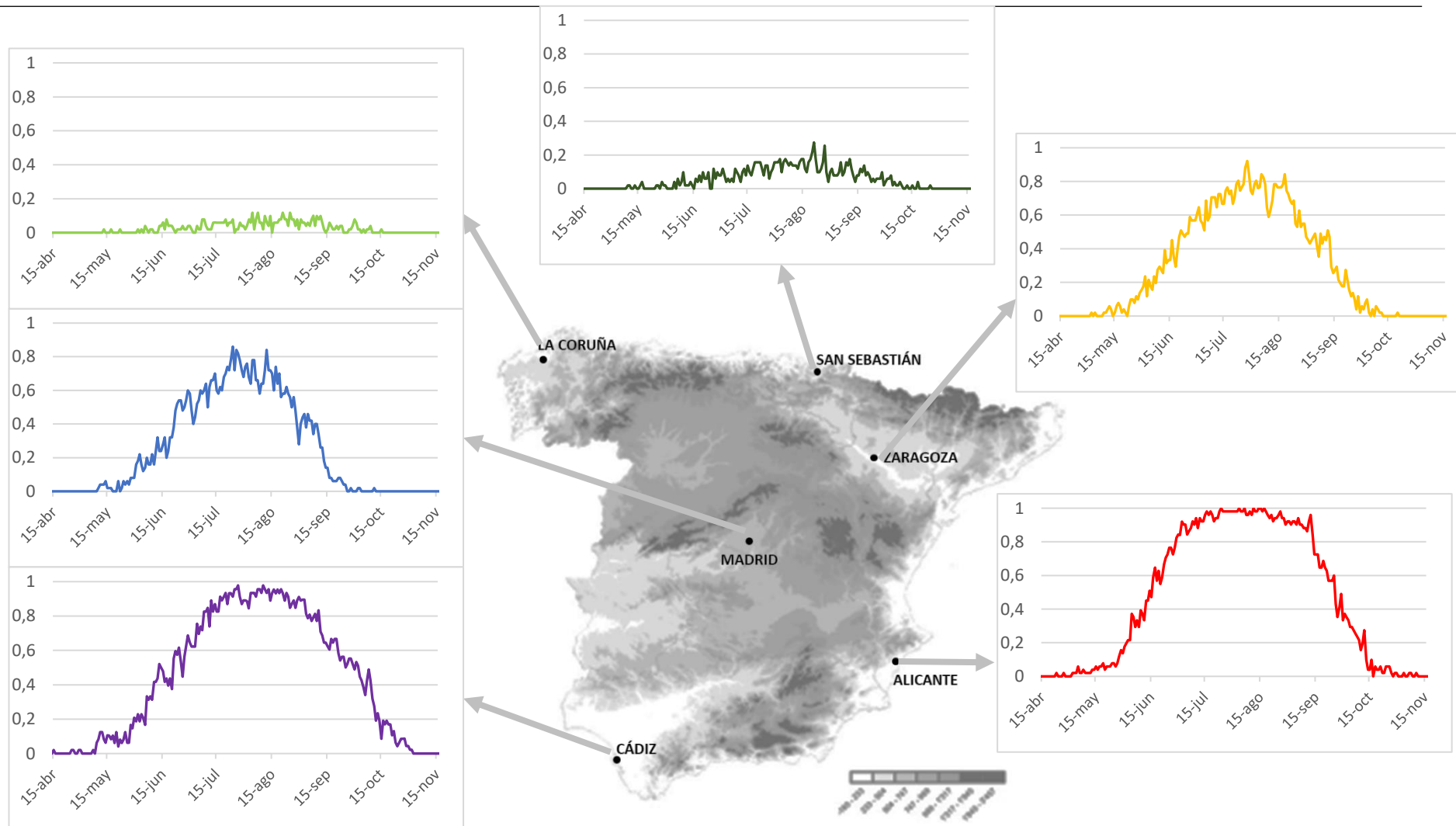


Figura 8. Mapa de distribución de los calendarios climáticos de probabilidad de desconfort leve ($IC \geq 21$). Periodo abril – noviembre.

Elaboración propia, a partir de datos ECA, AEMET.

4.2.2. El discomfort moderado ($24 \geq IC > 27$)

En este apartado se analiza la probabilidad de superen el valor de discomfort moderado que según Thom (1959) está situado en aquellos valores superiores a 24. Encima de este umbral la población afectada para realizar cualquier actividad en el exterior es superior al 50% (Thom, 1959).

El siguiente calendario (Figura 9) representa las probabilidades diarias de discomfort moderado.

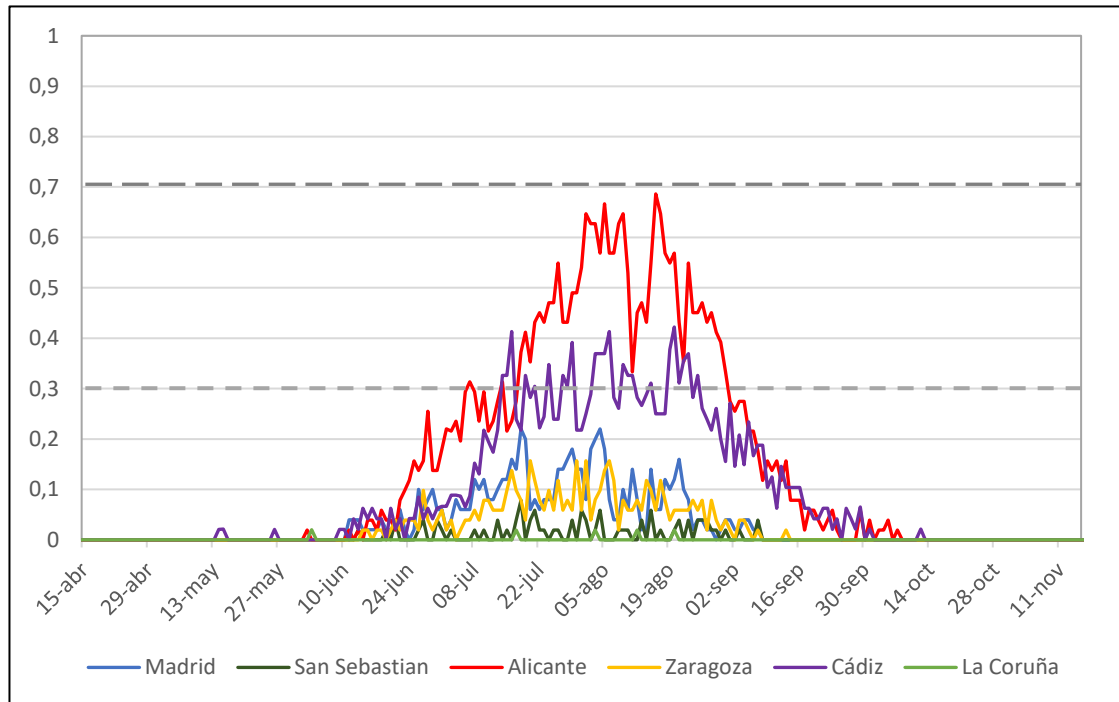


Figura 9. Calendario de probabilidad de un discomfort moderado ($IC \geq 24$)

Elaboración propia, a partir de los datos de ECA dataset

Alicante es la estación climática donde es más probable superar el límite del discomfort moderado. La probabilidad es superior al 30% durante la segunda semana de julio. En total son 47 días, todos situados en verano en que la probabilidad es superior al 30%.

Al contrario que en La Coruña donde la probabilidad de alcanzar algún día de discomfort moderado es más baja ($< 30\%$), con un total de 5 días únicamente. El observatorio de San Sebastián también registra unos valores inferiores al 30% en cuanto a superar el umbral de 24 pero son más días que en La Coruña, concretamente 42 (Tabla 12).

En cuanto a las ciudades de interior, Madrid tiene un número mayor de días (87) con una probabilidad inferior del 30% de disponer de un discomfort moderado con respecto a Zaragoza (82).

Alicante y Cádiz son las ciudades que tienen probabilidades significativas para que registre en un año niveles de discomfort moderado. El número de días con probabilidad moderada en Cádiz es de 23 y de Alicante 47.

<i>Probabilidad</i>	Madrid	San Sebastián	Alicante	Zaragoza	Cádiz	La Coruña
<i>0%</i>	278	323	254	283	251	360
<i>Entre 0 y 30%</i>	87	42	64	82	91	5
<i>Entre 30 y 70%</i>	0	0	47	0	23	0
<i>Superior al 70%</i>	0	0	0	0	0	0

Tabla 12. Número de días en el que es probable superar el umbral de discomfort moderado ($IC \geq 24$)

Elaboración propia, a partir de los datos de ECA dataset.

Los contrastes que se establecen entre observatorios son las siguientes:

- Los observatorios de clima oceánico registran los valores de probabilidad de discomfort moderado más bajos, sin llegar ningún día al 10%.
- En los observatorios de interior, la probabilidad aumenta levemente siendo Madrid la ciudad donde la probabilidad de discomfort moderado supera el 20% en los días 22 de julio y 4 agosto. Mientras que Zaragoza los días más probables de discomfort moderado (15%) están situados entre la tercera semana de julio y la primera de agosto.
- Alicante y Cádiz son las ciudades donde es más probable superar el umbral de discomfort moderado. Alicante registra el mayor número de días de probabilidad superior al 30% situados, entre la tercera semana de julio y la cuarta de agosto, siendo el 6 de agosto el día con mayor probabilidad (65%). La mayor probabilidad de discomfort moderado en Cádiz se da entre la segunda semana de julio y la tercera de agosto.

4.3. Análisis de tendencias

El análisis de tendencias permite conocer cómo ha evolucionado el Índice de Confort y averiguar cuál de sus componentes ha variado en el periodo estudiado. En la Tabla 13 se muestran los resultados globales de este análisis en las dos variables que intervienen en el IC y en los promedios anuales de IC.

	IC (Tasa anual de cambio /año)	Q. Max 99 Q. Min 95	T (Tasa anual de cambio °C/año)	Q. Max 99 Q. Min 95	HR (Tasa anual de cambio %/año)	Q. Max 99 Q. Min 95
Madrid	0,033	0,044 0,025	0,045	0,057 0,035	0,012	0,103 -0,055
Zaragoza	0,037	0,048 0,030	0,050	0,064 0,040	-0,125	-0,072 -0,169
Alicante	0,029	0,038 0,019	0,035	0,045 0,025	0,057	0,131 -0,004
Cádiz	0,022	0,033 0,015	0,027	0,041 0,018	-0,021	0,055 -0,081
La Coruña	0,032	0,041 0,026	0,036	0,046 0,028	-0,108	-0,042 -0,148
San Sebastián	0,025	0,037 0,017	0,028	0,040 0,019	-0,010	0,044 -0,042

Tabla 13. Tasas anuales de cambio del índice de confort (IC), temperatura (T) y humedad relativa (HR). Valores significativos en negrita ($p < 0,05$)

Elaboración propia, a partir de los datos de ECA dataset & Makesens.

El estudio de los componentes del IC indica que la tendencia de las temperaturas ha aumentado en todos los observatorios de modo significativos con tasas de cambio anuales superiores a las del IC. Zaragoza ($0,050^{\circ}\text{C/año}$) y Madrid ($0,045^{\circ}\text{C}$) son los observatorios que registran las tasas de cambio más elevadas todas las ciudades. Alicante y La Coruña son los observatorios de costa que tienen las tasas de cambio más elevadas con $0,035^{\circ}\text{C/año}$ y $0,036^{\circ}\text{C/año}$, respectivamente. En Cádiz es, de nuevo, el observatorio que registra el valor más bajo.

Por lo que se refiere a la evolución de la HR, los únicos observatorios en los que la tasa es significativa son La Coruña y Zaragoza. En ambas ciudades las tasas de cambio anual descienden. El mayor descenso se produce en un observatorio de interior que es Zaragoza ($-0,125\%/año$).

Las tendencias del IC señalan un aumento del discomfort en todas las ciudades estudiadas (Tabla 13). La tasa anual de cambio del IC es más elevada en los observatorios de interior que en los de costa, siendo Zaragoza la que registra el valor más elevado ($0,037/año$). Entre observatorios de costa, La Coruña tiene la tasa de cambio más elevada ($0,032/año$) y Cádiz el valor más bajo ($0,022^{\circ}\text{C/año}$).

En la Figura 10 se muestra la evolución de los promedios anuales del IC en el que se confirma el aumento del disconfort de todos los observatorios desde 1968.

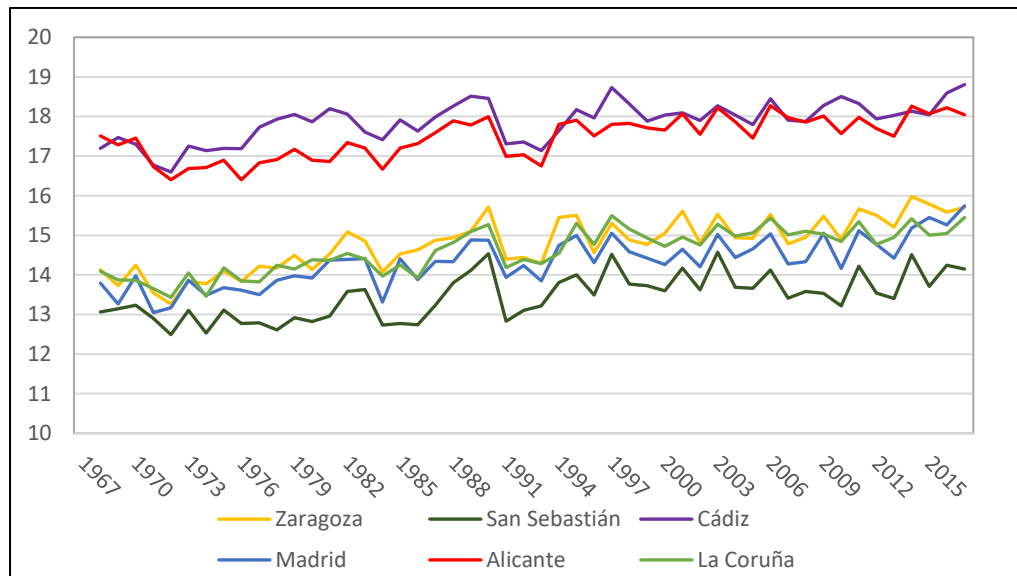


Figura 10. Evolución de los IC en el periodo 1968 - 2017.

Elaboración propia a partir de ECA dataset.

5. DISCUSIÓN.

En el estudio realizado en el presente TFG se puede observar que las características climáticas de cada observatorio, en gran parte definidas por su cercanía o lejanía a una masa de agua influyen en el disconfort climático, dado que las dos variables que integran el IC están claramente afectadas por su posición costa – interior.

En los dos observatorios de interior, Madrid y Zaragoza, la variabilidad de la temperatura media es superior que en los observatorios de costa. Los máximos de temperatura se dan en el mes de julio en las ciudades de interior, mientras que las máximas en Alicante, Cádiz, La Coruña y San Sebastián están desplazadas en agosto como consecuencia del efecto suavizador del mar. El promedio anual de temperatura de Alicante y Cádiz es más elevado que en La Coruña y San Sebastián debido al efecto de la latitud. Por lo que respecta a la variación de humedad esta es superior en el interior con los valores más bajos en verano y los más altos en invierno.

Como consecuencia, Madrid y Zaragoza son los observatorios con una variabilidad en su disconfort a lo largo del año más elevada, consecuencia de la mayor variabilidad anual de temperatura y de humedad relativa.

La combinación de la humedad relativa y la temperatura hace que los valores y probabilidad de discomfort sean más elevados en verano, siendo Alicante y Cádiz los observatorios que registran el mayor discomfort con respecto a los observatorios de interior. En contraposición a la fachada atlántica norte los valores de discomfort son muy estables.

Los contrastes entre observatorios son mayores en el análisis del discomfort ($IC \geq 21$). Se observan tres comportamientos diferentes:

- Los observatorios con ausencia de discomfort durante todo el año y cuya probabilidad de alcanzar algún día de discomfort es baja ($< 30\%$): La Coruña y San Sebastián.
- Las ciudades que tienen un discomfort superior a 100 días, donde la probabilidad de discomfort moderado ($IC \geq 24$) es frecuente durante varias semanas al año: Alicante y Cádiz.
- Madrid y Zaragoza son las ciudades con una situación intermedia. Ambos observatorios registran un periodo de discomfort más corto, además de tener una probabilidad de días de discomfort moderado menor que en Alicante y Cádiz.

Todos los observatorios han perdido confort según las tendencias del índice analizado, pero son las ciudades del interior en donde este fenómeno ha sido más acusado dado que registran las tasas de cambio más elevadas: Madrid y Zaragoza han sido los observatorios que más cambios han experimentado en el confort durante los últimos cincuenta años.

El análisis realizado demuestra que el aumento del discomfort no va ligado al aumento simultáneo de los dos componentes del IC. Por ejemplo, en La Coruña y Zaragoza, aumenta el IC con tasas anuales de cambio positivas en temperatura y negativas en humedad relativa, mientras en el resto las tendencias significativas y positivas de las temperaturas se acompañan de tendencias positivas o negativas en HR pero en ningún caso significativas.

6. CONCLUSIONES.

El estudio de las variaciones espaciales de la confortabilidad climática en la España peninsular realizado por medio del IC de Thom sugiere que aquellas están ligadas a diversos factores geográficos del territorio analizado, especialmente la cercanía a una masa de agua (posición costa-interior) y la latitud.

Los contrastes entre los observatorios de interior y de costa son notables. En el caso de Madrid y Zaragoza la lejanía a grandes masas de agua incide que, en los meses más calurosos, junto al aumento de las temperaturas medias exista un descenso de la humedad relativa debido a la ausencia de aporte de humedad. Por su parte los observatorios de costa comparten una característica común: la constante humedad relativa a lo largo del año.

Los lugares con mayor discomfort son los observatorios de costa situados al Sur y al Este de la España peninsular sin duda relacionado con el aporte de humedad constante y al aumento de las temperaturas en verano. Esta situación no se produce en La Coruña y San Sebastián porque el aumento de temperatura en verano es menor.

En todas las ciudades estudiadas el confort “*ha empeorado*” (aumentado significativamente) en los últimos cincuenta años fundamentalmente por el aumento generalizado de la temperatura. Las mayores tasas de temperatura y de IC se registran en los observatorios de interior, por lo que parecieran ser los espacios aparentemente más vulnerables al cambio de las condiciones climáticas con respecto a los observatorios de costa.

El análisis realizado en el presente TFG sobre los contrastes de la confortabilidad humana entre diferentes ambientes de interior y costa son claves para conocer como está afectando el aumento de la temperatura en el discomfort. De la misma manera estos estudios sobre el confort climático se manifiestan como una herramienta útil para analizar las potencialidades turísticas de cada territorio.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Alicante, U. d. (s.f.). Climatología de las comarcas del Sur de Alicante. *Laboratorio de Climatología - Instituto Universitario de Geografía*, 2.
2. Fernández García, F. (1994). Clima y Confortabilidad humana. Aspectos metodológicos. *Serie Geográfica*, vol 4., 109-125.
3. Fernández García, F. (1996). *Manual de climatología aplicada*. Madrid: Síntesis.
4. Fernández García, F. (2009). Ciudad y cambio climático: Aspectos generales y aplicación al área metropolitana de Madrid. *Investigaciones Geográficas*, n°49, 173-195.
5. García, M. S., Leva, P. E., ZBrun, M. E., Veles, M. A., Gandolfo, J. A., & Valtorta, S. E. (2002). Tendencias de índices meteorológicos y biometeorológicos. *FAVE - Ciencias Agrarias*, 27-36.
6. Gómez Martín, B. (1999). La relación clima-turismo: consideraciones básicas en los fundamentos teóricos y prácticos. *Investigaciones geográficas*, núm 21, 21-34.
7. Instituto de Estudios turísticos. (2007). *Hábitos turísticos de los residentes en España*. Madrid.
8. Instituto Geográfico Nacional. (2019). *Atlas Nacional de España. España en mapas, una síntesis geográfica*. Madrid.
9. Inzunza, J. C. (2005). Clasificación de los climas de Köppen. *Ciencia...Ahora*, n°15, 14.
10. Kebiche, M. (1994). Climat, santé et tourisme: Application à un climat méditerranéen semicontinental atténué: La région de Sétif (Algérie). *Travaux de l'Institut de Géographie*, 129-139.
11. López Gómez, J., & López Gómez, A. (1987). Los climas secos de España según el sistema de Köppen. *Papeles de Geografía (Física)*, n°12, 5-10.
12. Mieczkowski, Z. (1985). The tourism climate index: a method of evaluating world climates for tourism. *The Canadian Geographer/Le Géographe canadien* vol. 29, n°3, 220-233.
13. Millán López, A., & Lallana Llorente, V. (2011). *Clima y turismo de interior en la península ibérica. Estudio de casos en la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha*. 11.

14. Miró Pérez, J., Olcina Cantos, J., Estela Navarro, M. J., & Caselles Miralles, V. (2016). Confort climático, cambio climático y actividad turística en Alicante. *X congreso Internacional AEC: Clima, sociedad, riesgos y ordenación del territorio*. Alicante: AEC 667-678.
15. Petterssen, S. (1976). *Introducción a la meteorología*. Madrid, Espasa.
16. Salmi, T., Määttä, A., Anttila, P., Ruoho-Airola, T., & Amnell, T. (2002). *Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and Sen's slope estimates - the excel template application makesens*. Publications on air quality, nº31 - Finnish Meteorological Institute, 35.
17. Sarraméa, J. (1980). Un indice climatico-marin pour quelques stations balnéaires françaises. *Persée. Annales de Géographie*, 588-604.
18. Stathopoulou, M. I., Cartalisa, C., Keramitsoglou, I., & Santamouris, M. (2005). Thermal remote sensing of Thom's Discomfort Index (DI): Comparison with in situ measurements. *SPIE - The International Society for Optical Engineering*, 9.
19. Tejedor, E., Cuadrat, J. M., Saz, M. A., Serrano Notivoli, R., López, N., & Aladrén, M. (2016). Islas de calor y confort térmico en Zaragoza durante la ola de calor de Julio 2015. *X congreso Internacional ABC: Clima, sociedad, riesgos y ordenación del territorio*. (pág. 11). Alicante: AEC 141-152.
20. The Intergovernmental Panel on Climate Change. (2019). *Assessment Reports*. IPCC.
https://archive.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml
21. Thom, E. C. (1959). The Discomfort Index. *Office of Climatology, U. S. Weather Bureau, Washington, D. C.*, 57-61.
22. Tselepidaki, I., Santamouris, M., Moustris, C., & Pouloupoulou, G. (1991). Analysis of the summer discomfort index in Athens Greece for cooling purposes. *Energy and Buildings*, 51-56.
23. Yousif, T. (2013). Application of Thom's Thermal Discomfort Index in Khartoum State, Sudan. *Journal of forest products & industries*, 36-38.

Enlaces

- Assessment, E. C. (2019). *European Climate Assessment & Dataset*. Obtenido de <https://www.ecad.eu/dailydata/>
- *Climate Data*. Obtenido de <https://es.climate-data.org/search/?q=Madrid>