



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Máster

ANÁLISIS DEL CONFORT CLIMÁTICO EN LA
REGIÓN DE ANDALUCÍA, 1973-2017: ÍNDICE
DE DISCONFORT Y TIPOS DE TIEMPO

ANALYSIS OF THE CLIMATIC COMFORT IN
THE REGION OF ANDALUSIA, 1973-2017:
DISCONFORT'S INDEX AND TYPES OF TIME

Autora

Ana Francisca Martín González

Director

Dr. José Carlos González Hidalgo

Máster en Ordenación Territorial y Medioambiental

Facultad de Filosofía y Letras

Departamento de Geografía y Ordenación del
Territorio

Noviembre 2018

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	Introducción	1
2.	Objetivos	4
3.	Área de estudio	5
4.	Metodología	7
4.1	Fuentes de información climática	
4.2	Índice de Confort, IC (Thom's Discomfort Index)	
4.3	Tratamiento de los datos	
4.4	Relación del Índice de Confort (IC) con las condiciones atmosféricas expresadas por tipos de tiempo	
5.	Resultados	14
5.1	Índice de Confort en las capitales andaluzas	
5.2	Relaciones entre las condiciones sinópticas atmosféricas y el confort climático	
6.	Consideraciones finales y conclusiones	37
7.	Recomendaciones para futuras investigaciones	38
8.	Referencias bibliográficas	39

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

1. TABLAS

Tabla 1. Listado de observatorios climáticos selectos	7
Tabla 2. Datos ausentes por capitales	8
Tabla 3. Disponibilidad datos diarios por capitales	9
Tabla 4. Clasificación del confort térmico humano durante el verano según Índice de Confort (IC)	10
Tabla 5. Clasificación Tipos de tiempo según Trigo y Dacamara (2000)	13
Tabla 6: Duración del periodo promedio del IC en semanas	19
Tabla 7: Probabilidad de superación del umbral 20 del IC. Duración del periodo a partir de inicio-final expresado en semanas	23
Tabla 8: Promedio del Índice de Confort (IC) respecto a los tipos de tiempo (WT) por capitales	27
Tabla 9: Coeficiente variación IC según tipos de tiempo y observatorio	28
Tabla 10: Máximos absolutos según tipos de tiempo y observatorio	29
Tabla 11: Frecuencia de días con IC>20 según tipo de tiempo y observatorio	30
Tabla 12: Probabilidad (%) sobre el total de días de superación del umbral de 20 del IC según el tipo de tiempo y observatorio	31
Tabla 13: Probabilidad de sobrepasar el valor 20 del IC de cada tipo de tiempo	33

2. FIGURAS

Figura 1. Distribución espacial de los observatorios analizados y distribución espacial del relieve de Andalucía	5
Figura 2. Distribución de los principales climas en Andalucía. Junta de Andalucía	6
Figura 3: Área de estudio. Localización de la parrilla de puntos de NCAR utilizados para calcular los índices geostroáficos	12
Figura 4: Calendario climático de las temperaturas medias diarias (°C)	14
Figura 5: Calendario climático diario de Humedad relativa	15
Figura 6: Distribución espacial diaria de los calendarios climáticos resultado de la combinación de las medias de temperatura (°C) y Humedad relativa (%) en las capitales andaluzas	17
Figura 7: Calendario climático diario del Índice de Confort de Thom de las capitales andaluzas	18
Figura 8: Coeficiente de variación del IC promedio diario en capitales provinciales de Andalucía	20
Figura 9: Distribución espacial del Índice de Confort (IC) y su variabilidad expresada mediante el coeficiente de variación (CV) en las capitales de Andalucía	21
Figura 10: Periodo de disconfort en las capitales andaluzas	22
Figura 11: Calendario diario de probabilidades del IC de superar el umbral de 20 en la clasificación de Thom	24
Figura 12: Calendario diario de probabilidades del IC de superar el umbral de 26 en la clasificación de Thom	25
Figura 13: Distribución espacial del Calendario diario de probabilidades de superar los umbrales de 20 y 25 del IC	26
Figura 14: Promedio de los tipos de tiempo del Índice de Confort (IC)	28
Figura 15: Máximos absolutos del índice de Confort (IC) vs tipos de tiempo	30
Figura 16: Frecuencia de días de superación de valores de 20 del IC	31
Figura 17: Probabilidad (%) de superación de 20 del IC calculado sobre el total de días en el observatorio de Almería	32
Figura 18: Eficiencia de cada tipo de tiempo en superar el umbral de 20 de IC	34
Figura 19: Cartografía sinóptica de las situaciones de los tipos de tiempo dominantes Sur (S) y Sureste (SE) en Andalucía	34
Figura 20: Probabilidades del IC superior a 20 en cada una de las capitales, expresadas por tipo de tiempo y dirección del viento dominante	36

RESUMEN

El objeto del presente trabajo consiste en realizar un estudio de los condicionantes de confort climático de las ocho capitales de la comunidad autónoma de Andalucía (Jaén, Córdoba, Sevilla, Huelva, Cádiz, Málaga, Granada y Almería) empleando el índice de disconfort de Thom (1959), calculado a partir de los valores de temperaturas medias y humedad relativa. En el estudio, se calculan los calendarios diarios de dicho índice y se identifican los periodos de duración de disconfort. Por último, se analiza la relación entre los valores diarios del índice y las situaciones sinópticas atmosféricas expresadas por los tipos de tiempo.

PALABRAS CLAVE: confort climático, calendario climático, índice disconfort, tipos de tiempo, Andalucía.

ABSTRACT

The main objective of this project, is to conduct a study related to the key factors of climatic comfort of the eight capitals of the region of Andalusia (Jaen, Cordoba, Seville, Huelva, Cadiz, Malaga, Granada and Almeria) to obtain the index of discomfort (Thom, 1959) calculated from the values of temperatures and relative dampness. In the study, are calculated the daily calendars of the above mentioned index and identified the period of duration of discomfort. Finally, will be analyzed the daily values of the index to establish a relationship with the synoptic atmospheric situations expressed by the types of time.

KEY WORDS: climatic comfort, climatic calendar, index discomfort, atmospheric conditions, Andalusia.

1. INTRODUCCIÓN

El hombre como los demás seres vivos ha de adaptarse a los límites impuestos por las condiciones climáticas y a las distintas sensaciones que su organismo ha de soportar. Los primeros estudios relacionados con el bienestar climático, comenzaron a finales del siglo XIX con el propósito de establecer criterios adecuados para el trabajo en industrias textiles y mineras, en las que frecuentemente se producían accidentes y enfermedades como consecuencia del calor y la humedad (Fernández García, 1994).

En la actualidad, la importancia del estado de bienestar en cuestiones de confortabilidad climática de un determinado lugar o territorio, posee cada vez mayores repercusiones en la vida cotidiana y debido a ello, cada vez existe un mayor número de estudios enfocados a conocer las condiciones de confort climático, tanto de áreas extensas o regiones como de espacios urbanos.

La confortabilidad puede ser definida como el conjunto de condiciones en las que los mecanismos de autorregulación son mínimos o como la zona delimitada por unos umbrales térmicos en la que el mayor número de personas manifiesten sentirse bien (Fernández García, 1994). El confort es definido como “aquellas condiciones de la mente, que expresan satisfacción del ambiente térmico”, según la *American Society of Heating Refrigeration and Air conditioning Engineers*, (ASHRAE). Fabbri (2015) ha presentado recientemente, una revisión acerca del confort climático y medidas adaptativas incluyendo aspectos relacionados con la actividad y la vestimenta, combinando las variables de temperatura y humedad; Epstein y Moran (2006), años antes presentaron una revisión en la cual trataron de evaluar el confort y la variabilidad climática.

Uno de los aspectos clave del análisis del confort radica en la relación entre la sensibilidad de la población al entorno atmosférico con las sensaciones térmicas; hablamos pues de una cuestión bastante subjetiva, puesto que no todos reaccionamos de la misma forma a un determinado

estímulo. Por ello, uno de los objetivos reiterado en los estudios bioclimáticos, es cuantificar estas sensaciones térmicas y establecer escalas que permitan dar respuestas ante condiciones climáticas específicas.

Existen diferentes aproximaciones que evalúan el grado de confort, siendo uno de los índices más reconocidos y mejor documentado el índice de discomfort de Thom (1959), denominado Discomfort Index que por conveniencia en este trabajo denominaremos IC (o índice de confort); el índice combina dos variables climáticas, la temperatura del aire (°C) y la humedad relativa (%), y ha sido aplicado en áreas muy diversas para evaluar las condiciones urbanas en Sudán (Yousif et al., 2013), Israel (Assael et al., 2010), Grecia (Epstein y Moran, 2006; Stathopoulou et al., 2005), o España (Tejedor et al., 2016).

Por otro lado, el análisis del confort climático se puede convertir en una herramienta provechosa a tener en cuenta para evaluar numerosas actividades de ocio al aire libre, como las actividades turísticas de sol y playa, actividades culturales tanto en ciudades de interior como en ámbitos rurales (itinerarios y recorridos), etc; en resumen, el estudio del confort climático se muestra como una herramienta útil en la ordenación del territorio, pues puede permitir evaluar e incluso planificar actividades que se efectúan normalmente en condiciones de buen tiempo por numerosas personas al aire libre.

En el presente trabajo fin de Máster se analizará el grado de confort climático de un conjunto de ciudades de Andalucía, región en la que una de las principales actividades que posee mayor peso es el turismo. En Andalucía, el turismo no solamente contribuye con una importante proporción al Producto Interior Bruto regional (aproximadamente el 13% del PIB andaluz, Consejería de Turismo y Deporte, Junta de Andalucía), sino también es importante por el empleo que se genera, así como la capacidad de arrastre que ejerce sobre otras actividades económicas. La importancia del turismo en la región es debido, fundamentalmente, a su estratégica situación geográfica y favorable climatología durante la mayor parte del año,

con un clima mediterráneo templado, caracterizado por veranos secos y calurosos, precipitaciones irregulares e inviernos suaves, destacando el gran número de horas de sol que posee al año, estableciendo la disposición del relieve y la altitud una regionalización climática en cinco grandes sectores: valle del Guadalquivir, zonas de montaña, zonas de interior y, hacia el este, franja litoral así como la zona del sureste árido (Consejería de Medio ambiente y ordenación del territorio, Junta de Andalucía). Además de las favorables condiciones del clima, tampoco deberíamos de olvidar la atracción que para el turismo supone el extraordinario patrimonio histórico y cultural, con ejemplos tan reconocidos como la Alhambra de Granada, Mezquita de Córdoba, Giralda en Sevilla, y otros menos conocidos pero igualmente interesantes (pueblos Blancos de Cádiz, ciudades nobles del interior Baeza, Osuna, Guadix, Baza, Sierra sur de Sevilla, ...), así como su rico patrimonio ambiental (Parques nacionales y naturales), gastronómico y enológico (denominaciones de origen) y etnológico. Todos estos atractivos, se resumen en un constante aumento de población visitante y de actividades turísticas llevadas a cabo en la región.

Para terminar esta breve introducción, existen otros ámbitos en los que el bienestar climático afecta a la sociedad como bien puede ser la adecuación de la vivienda y los sistemas de refrigeración, diseñando hogares adecuados a las condiciones del entorno en cuestión. Por ello, las investigaciones realizadas en este campo, posee importantes resultados para la población que también pueden ser de aplicación directa en el ámbito turístico ayudando a diseñar sistemas de refrigeración tanto en su capacidad como en los periodos de máximo uso. Finalmente, el análisis del confort climático, también tiene relación con el momento o periodo de aparición de determinadas enfermedades o situaciones de emergencia sanitaria.

2. OBJETIVOS

El principal objetivo del presente trabajo es analizar el confort climático de las capitales de Andalucía a partir de sus calendarios diarios, identificando a lo largo del año los periodos de máximo disconfort y señalando las diferencias entre ciudades, para descubrir si existe algún patrón espacial en el confort climático en Andalucía.

Como segundo objetivo principal, se pretende analizar la relación entre las condiciones atmosféricas definidas por los llamados tipos de tiempo y los valores de confort calculados previamente, para verificar si existen situaciones específicas en las que se produzca el máximo disconfort, y en consecuencia se pueda alertar a la población.

De este modo, ya que el índice de confort empleado resulta de la combinación de las variables climáticas de temperaturas (máximas y mínimas) y humedad relativa, en el presente trabajo se sugieren las siguientes hipótesis:

- El Confort climático varía a lo largo del año y de forma distinta en cada una de las capitales andaluzas.
- Existe una relación entre las condiciones atmosféricas expresadas por los tipos de tiempo (WT, en adelante) y las situaciones de máximo disconfort, y éstas, podrían deberse a determinados tipos de tiempo específicos.

3. ÁREA DE ESTUDIO

El trabajo se desarrolla en la región de Andalucía, y específicamente analiza el confort climático en sus capitales provinciales. La región Andaluza posee como límites naturales por el sur, el océano Atlántico y el mar Mediterráneo; en su zona norte, se localiza Sierra Morena, la cadena montañosa que la separa de las regiones de Extremadura y Castilla-La Mancha; al oeste, el país luso y por el este, la región de Murcia. En la Figura 1 se muestra la localización de las capitales provinciales cuyos observatorios se analizarán en el presente trabajo, en el contexto de la configuración general del relieve regional.

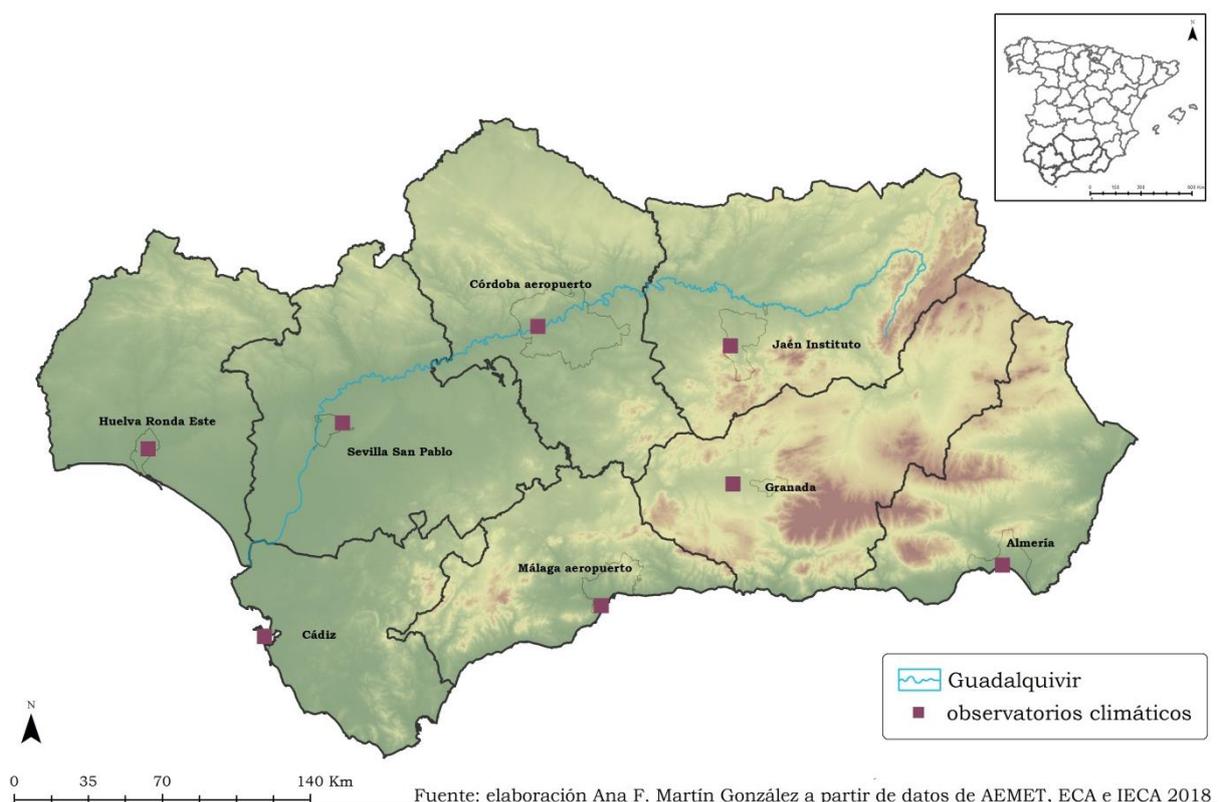


Figura 1. Distribución espacial de los observatorios analizados y distribución espacial del relieve de Andalucía.

Andalucía, presenta una elevada riqueza paisajística debido a su gran variedad climática ya comentada, coexistiendo sierras de abundantes precipitaciones, con comarcas de aridez extrema, montañas nevadas y valles de veranos cálidos.

En la región destacan dos atributos climáticos fundamentales que poseen un denominador común, siendo estos el marcado carácter mediterráneo y la gran insolación. A grandes rasgos, el clima de la región es templado mediterráneo cálido caracterizado por sequías estivales e inviernos suaves. Se hallan claramente delimitados seis grandes dominios climáticos (oeste-este): mediterráneo oceánico, mediterráneo sub-continental, mediterráneo subtropical, mediterráneo subdesértico o semiárido y clima de alta montaña (Figura 2).

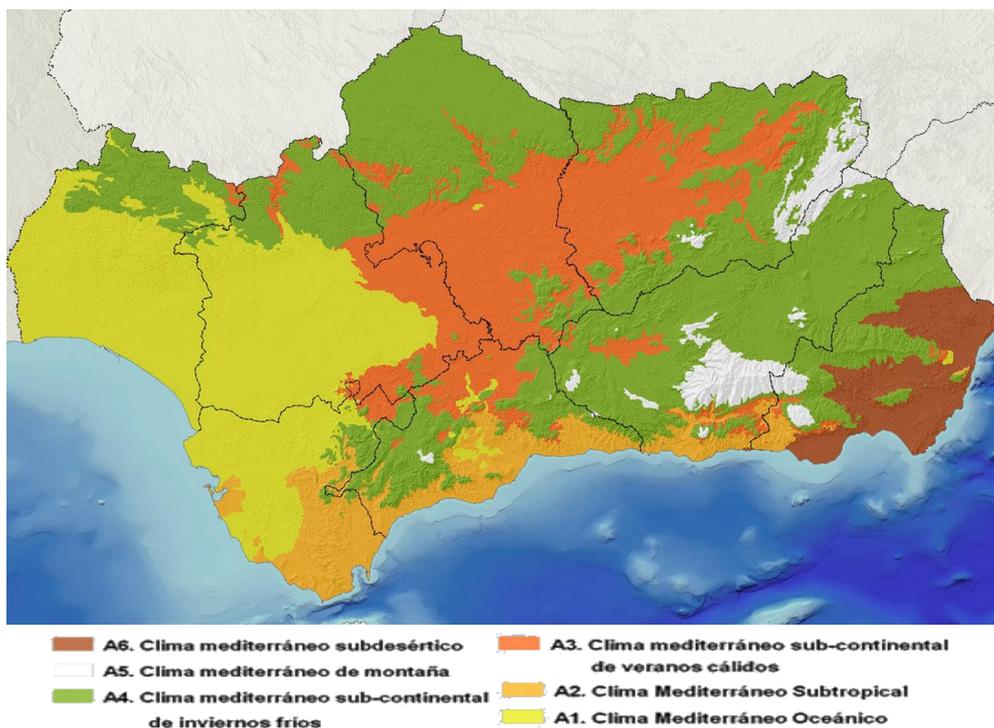


Figura 2. Distribución de los principales climas en Andalucía. Junta de Andalucía. <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/>

4. METODOLOGÍA

4.1. Fuentes de información climática

Los datos utilizados proceden de una de las bases de datos europea con mayor disponibilidad de información climática, la European Climate Assessment (ECA dataset), y se refieren a 8 observatorios localizados en capitales provinciales anteriormente citados de la comunidad autónoma de Andalucía (Tabla 1).

La escala temporal analizada es la escala diaria lo que permitirá conocer el comportamiento del confort a lo largo del año y especialmente en el periodo estival, puesto que es el intervalo de tiempo cuando la población por lo general puede sentir en la región una sensación de malestar climático (disconfort).

Los datos analizados han sido las temperaturas, tanto las máximas (tmax) como las mínimas (tmin), y la humedad relativa de cada uno de los ocho observatorios, abarcando un periodo de cuarenta y cuatro años (1973 a 2017). El periodo analizado fue seleccionado debido a que es el periodo, en que existe información en las ocho capitales andaluzas.

Capitales	Identificador	Nombre estación	Altitud (m)	Latitud	Longitud
Jaén	3939	Jaén Instituto	510	37° 46' 40" N	3° 47' 17" O
Córdoba	337	Córdoba aeropuerto	90	37° 50' 56" N	4° 50' 48" O
Sevilla	423	Sevilla/San Pablo	34	37° 25' 0" N	5° 52' 45" O
Huelva	418	Huelva Ronda Este	19	37° 16' 48" N	6° 54' 35" O
Cádiz	415	Cádiz	1	36° 30' 04" N	6° 15' 24" O
Málaga	231	Málaga aeropuerto	7	36° 40' 00" N	4° 29' 17" O
Granada	417	Granada	687	37° 08' 13" N	3° 37' 53" O
Almería	3907	Almería	7	36° 50' 00" N	2° 27' 17" O

Como se puede observar (véase Figura 1), los observatorios elegidos se localizan en ámbitos de interior o litoral, y representan diversas condiciones de tipos climáticos (véase Figura 2).

Una vez descargados los datos se ha procedido a realizar un control de calidad específicamente enfocado a conocer la proporción de datos ausentes, ya que en algunos observatorios no se dispone de datos en ciertos meses, pero en todos se alcanza el periodo mínimo de treinta años establecido por la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

En la Tabla 2, se muestra el número de valores diarios y los datos ausentes en cada variable climática, junto a su porcentaje sobre el total. Teniendo en cuenta la excepción de Jaén, como se puede apreciar el observatorio que registra una menor disponibilidad de datos diarios es Cádiz (datos ausentes 7,5%), seguido de Huelva (3% ausentes), mientras que por el contrario, el más completo es Granada con apenas ausencia de datos. Las faltas de datos son muy semejantes entre las tres variables analizadas.

Tabla 2. Datos ausentes por capitales.							
Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de ECA.							
Capitales	Datos totales	Datos de las variables			Datos ausentes (%)		
		T _{máx}	T _{mín}	HR	T _{máx}	T _{mín}	HR
Jaén	16437						
Córdoba		37	26	25	0,23	0,16	0,15
Sevilla		3	4	35	0,02	0,02	0,21
Huelva		597	597	597	3,63	3,63	3,63
Cádiz		1246	1246	1244	7,58	7,58	7,57
Málaga		15	15	15	0,09	0,09	0,09
Granada		0	0	0	0,00	0,00	0,00
Almería		4	1	4	0,02	0,01	0,02

*HR (Humedad Relativa)

En general, los restantes observatorios, poseen series de datos muy completas con lagunas muy escasas. En la Tabla 3 se muestra la disponibilidad de los datos finalmente analizados.

Es de especial relevancia hacer referencia al observatorio de la capital jienense, con el que se ha tenido mayores problemas que comentaremos brevemente.

Tabla 3. Disponibilidad datos diarios por capitales.
Fuente elaboración propia a partir de datos obtenidos de ECA.

Capitales	Datos totales	Datos de las variables			Datos disponibles (%)		
		T _{máx}	T _{mín}	HR	T _{max}	T _{min}	HR
Jaén	16437						
Córdoba		16339	16338	14838	99,40	99,40	90,27
Sevilla		16433	16432	16401	99,98	99,97	99,78
Huelva		15839	15839	15839	96,36	96,36	96,36
Cádiz		15188	15188	15003	92,40	92,40	91,28
Málaga		16421	16421	16243	99,90	99,90	98,82
Granada		16436	16436	16436	99,99	99,99	99,99
Almería		16432	16433	16436	99,97	99,98	99,99

El observatorio disponible, denominado Jaén instituto, no dispone de la información de humedad relativa, por lo que hemos recurrido al investigador Miquel Tomas Burguera, miembro del Grupo de Investigación Erosión y Evaluación de Suelo y Agua, de AULADEI-CSIC, quien en el marco de un proyecto del Ministerio ha realizado una “reconstrucción” de los valores de humedad relativa del observatorio de Jaén (periodo 1950-2017) pero a diferencia de los datos del resto de observatorios, esta reconstrucción está realizada a escala semanal y no diaria.

Por esta razón, el observatorio de Jaén solamente se tendrá en cuenta en el estudio del índice de confort pero no en el análisis de las relaciones con los tipos de tiempo, abordado en el segundo gran apartado del trabajo.

4.2. Índice de Confort, IC (Thom’s Discomfort Index)

En el presente estudio se ha analizado el confort climático por medio del Índice de Discomfort de Thom en el que se tiene en cuenta la temperatura del aire (T) como el factor que influye de manera más directa sobre el bienestar climático de la población, y la humedad relativa (HR); otras variables complementarias del confort como la velocidad del viento y la radiación no se consideran en dicho índice, lo que es una de las razones de que sea uno de los más ampliamente utilizados por la disponibilidad de datos.

La fórmula original definida por E.C. Thom (1959), ha sido posteriormente modificada y simplificada por J.P. Besancenot (1978), con el

resultado de que es una fórmula sencilla mediante la que se halla el grado de confort térmico en cualquier lugar y para cualquier momento, únicamente con los datos de las variables de temperatura media y humedad.

La fórmula utilizada es la siguiente,

$$IC = T - (0,55 - 0,0055 * RH) (T - 14,5)$$

Siendo IC el Discomfort Index o índice de discomfort, T (C°) la temperatura media mensual y RH (%) la humedad relativa.

La interpretación de los valores resultantes de acuerdo a Thom, se realiza mediante umbrales como los indicados en la Tabla 4, en la que se mantiene las categorías originales para evitar equívocos en la traducción.

Tabla 4. Clasificación del confort térmico humano durante el verano según Índice de Confort (IC) Fuente: Thom EC (1959). <i>The Discomfort Index</i> . Weatherwise 12: pp. 57-60	
<i>DI clasificación</i>	<i>DI rango (°C)</i>
No discomfort	<21
Under 50% population feels discomfort	21-24
Over 50% of population feels discomfort	25-27
Most of population suffers discomfort	28-29
Everyone feels stress	30-32
State of medical emergency	>32

4.3. Tratamiento de los datos

Una vez obtenidos los datos de temperaturas máximas y mínimas diarias, se calculan los promedios diarios y, a partir de la secuencia del periodo de 1973 a 2017 en cada observatorio estudiado, se halla la media diaria de ambas variables incluidas en el cálculo del IC (promedio de temperatura y humedad relativa), constituyendo con ello, un calendario climático del IC elaborado mediante tablas dinámicas. Este calendario, permite identificar a partir de los promedios diarios la temporada en la cual encontramos discomfort climático en los observatorios analizados.

Para completar la información se estimaron los coeficientes de variación diaria del IC como medida de variabilidad, así como se calcularon las probabilidades de superar determinados umbrales diariamente.

4.4. Relación del Índice de Confort (IC) con las condiciones atmosféricas expresadas por tipos de tiempo

El segundo gran apartado del presente trabajo, lo constituye el estudio de las relaciones entre los valores diarios del IC calculados y las condiciones atmosféricas.

Para relacionar los datos obtenidos del Índice de Confort (IC) con las diferentes configuraciones atmosféricas (generadoras de una amplia variedad de tipos de tiempo), se ha recurrido al empleo de los llamados tipos de tiempo (en inglés Weather Types, WT). A lo largo de los años se han desarrollado diferentes métodos de clasificación principalmente, en dos tipos:

- *Clasificaciones Subjetivas:* basadas en criterios de expertos climatólogos, lo que implica un grado de subjetividad importante. La más conocida es la clasificación de Lamb (1972), posteriormente automatizada por Jenkinson y Collinson (1977).
- *Clasificaciones Objetivas:* son métodos que integran algoritmos iterativos o índices de circulación atmosférica, y han sido en los últimos años las que más se han desarrollado y extendido en el campo académico (Fernández, 2013).

Hasta el presente, no hay un consenso sobre cuál es el método más adecuado para clasificar estos tipos de tiempo, debido a la complejidad de la dinámica atmosférica. En el presente trabajo, la clasificación proviene del proyecto “Desarrollo de índices de sequía sectoriales” (DESEMON, CGL2014-52135-C3-3-R) del Departamento de Geografía de la Universidad de Zaragoza, que ha aplicado el esquema de Trigo y Da Camara (2000), adaptando la clasificación de Jenkinson y Collinson que automatizó la original de Lamb en las Islas británicas, por ser uno de los más utilizados en el ámbito de la Península Ibérica en diferentes estudios (De Pablo et al, 2009; Cortesi et al, 2013; Rivas et al, 2013; Nadal-Romero et al, 2015; Peña et al, 2016). Los datos originales son los datos diarios de presiones en superficie

procedentes del Centro Nacional de Investigación Atmosférica de los Estados Unidos de América (NCAR/NCEP).

De manera resumida, para aplicar la clasificación se calcula diariamente en una malla de 16 píxeles con centro en la Península Ibérica (véase Figura 3), diversos índices a partir de los que se clasifica el tipo de tiempo dominante cada día. La clasificación se establece aplicando 6 índices que consideran la dirección, la fuerza y la vorticidad del viento, y posteriormente, aplica una serie de reglas que permiten obtener 26 tipos de tiempo, 8 direccionales: Norte (N), Sur (S), Este (E), Oeste (W), Noreste (NE), Noroeste (NW), Sureste (SE), y Suroeste (SW), 2 puros: Anticiclón (A) y Ciclónico (C), y la combinación de ambos tipos en los llamados híbridos: AN, AS, AE, AW, ANE, ANW, ASE, ASW, CN, CS, CE, CO, CNE, CNW, CSE, CSW (véase Cortesi et al., 2013).



Figura 3: Área de estudio. Localización de la parrilla de puntos de NCAR utilizados para calcular los índices geostrofic. Adaptada de Nadal-Romero et al. (2015).

En el presente estudio, debido a que el principal interés es poner en relación el grado de confort con la procedencia de las masas de aire, los 26 tipos se redujeron a 10 tipos básicos: 8 direccionales más 2 puros, obtenidos a partir de los 26 tipos de tiempo del esquema original de Trigo y Da Camara (2000), reflejado en la Tabla 5.

Tabla 5. Clasificación Tipos de tiempo según Trigo y Dacamara (2000).
Fuente: Proyecto HIDROCAES.

Direccionales	Tipos Anticiclónicos	Tipos ciclónicos
Este	A. Noreste	C. Noreste
Sureste	A. Este	C. Este
Sur	A. Sureste	C. Sureste
Suroeste	A. Sur	C. Sur
Oeste	A. Suroeste	C. Suroeste
Noroeste	A. Oeste	C. Oeste
Norte	A. Noroeste	C. Noroeste
Noreste	A. Norte	C. Norte
-	Anticiclónico	Ciclónico

En cada tipo de tiempo se calculó el promedio de IC en cada ciudad. De la misma forma, mediante tablas dinámicas se obtuvo el número de días con IC superiores a 20 para estimar la probabilidad de superar dicho umbral en cada tipo de tiempo.

5. RESULTADOS

5.1. El Índice de Confort en las capitales andaluzas

En la figura 4, se muestra el calendario de valores promedios de las temperaturas diarias de las capitales andaluzas analizadas. El patrón generalizado es el esperable de máximas en verano y mínimas en invierno, pero se detectan diferencias tanto en los valores máximos y mínimos y en la amplitud térmica, notándose así la diferencia entre las zonas de interior y de costa. En general en invierno los promedios diarios son inferiores en las ciudades del interior y en verano alcanzan valores superiores a los de costa, originando una mayor amplitud anual en el primer caso. Por ello se aprecia un evidente suavizado en Cádiz al igual que Almería, Málaga y Huelva, con cierta inercia térmica y máximos diarios promedio en agosto. Por el contrario, las capitales provinciales de interior (Jaén, Granada y Córdoba) obtienen sus valores más elevados en la segunda quincena del mes de Julio y primera mitad de Agosto y son superiores a los que logran las ciudades costeras. Sevilla ocupa una posición intermedia entre ambos dominios.

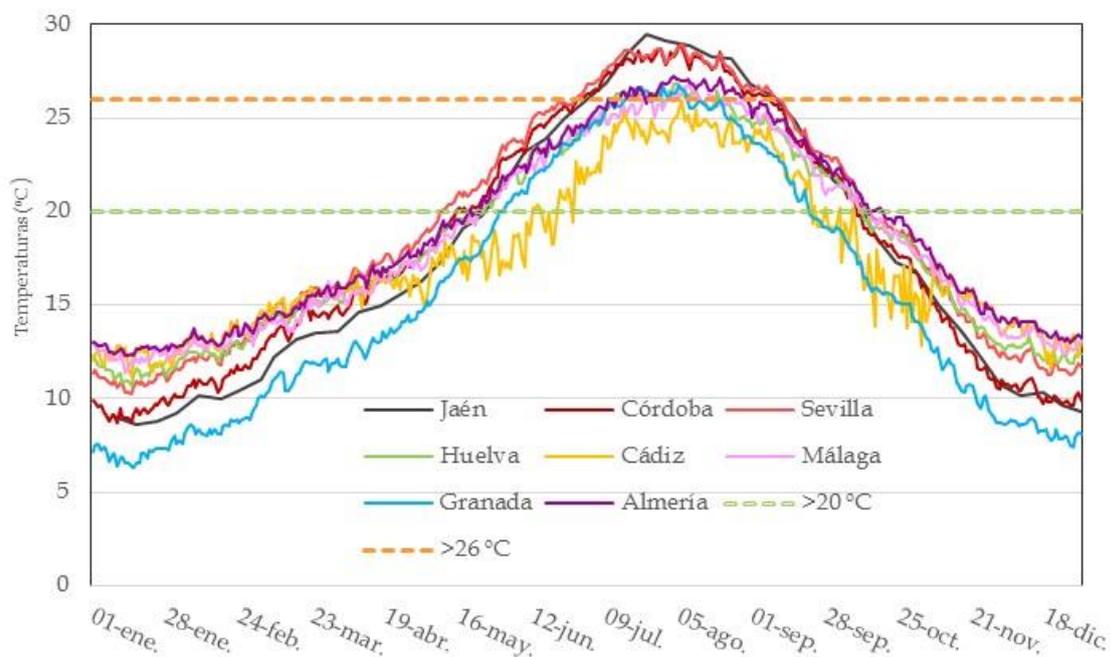


Figura 4: Calendario climático de las temperaturas medias diarias (°C)

La Figura 5, presenta el calendario de valores de humedad promedio recogido en las capitales andaluzas. En ella se pone de manifiesto, una acusada diferencia en la estación cálida entre los valores de las capitales de interior Jaén (con valores <30%), Granada, Córdoba y Sevilla (próximos al 50%), frente a las de costa como Cádiz, Almería y Málaga (cercanos al 70%) y en este caso, teniendo Huelva una posición intermedia.

El patrón general del comportamiento promedio diario es semejante en todos los observatorios con mayor humedad relativa en invierno que en verano; pero además, el comportamiento de esta variable difiere según la situación de los observatorios sean de interior o de costa, y se debe a que el aumento térmico generalizado de verano si el aporte de humedad es escaso (caso de las ciudades de interior) produce un descenso de la humedad relativa, mientras que con incluso menor temperatura como en los observatorios costeros, la proximidad de una fuente de humedad “ilimitada” asegura una evaporación continuada y en consecuencia valores de humedad elevados.

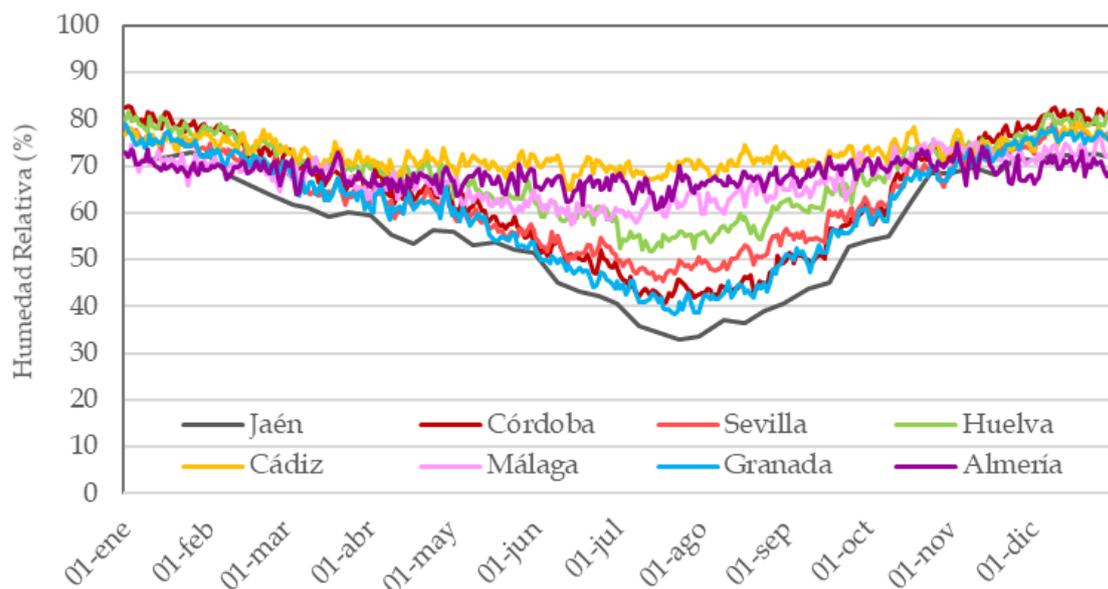


Figura 5: Calendario climático diario de Humedad relativa (%)

El reparto espacial de ambas variables combinadas en la comunidad andaluza, se muestra en la Figura 6 en la que se puede observar las variaciones geográficas que venimos comentando en el espacio. En la figura se puede reconocer las diferencias entre los observatorios de costa (Cádiz, Málaga, Almería y Huelva) y los de interior; presentando ambas curvas de temperatura media y humedad, un estrechamiento en el periodo estival debido en el caso de los observatorios de litoral, al efecto causado por la cantidad de humedad concentrada.

En los primeros, las curvas de temperatura y humedad media se estrechan dando como resultado una menor amplitud térmica y una humedad más constante a lo largo del año, mientras que en el caso de los de interior, (Jaén, Córdoba, Sevilla y Granada), aumentan las diferencias en los valores de temperatura a lo largo del año y en paralelo la humedad relativa se comporta de manera inversa a la temperatura. Es decir, la humedad es inferior cuando la temperatura aumenta y por el contrario, a menor temperatura la humedad es superior.

Esta cartografía, representa visiblemente la disimetría que encontramos en la climatología de la región.

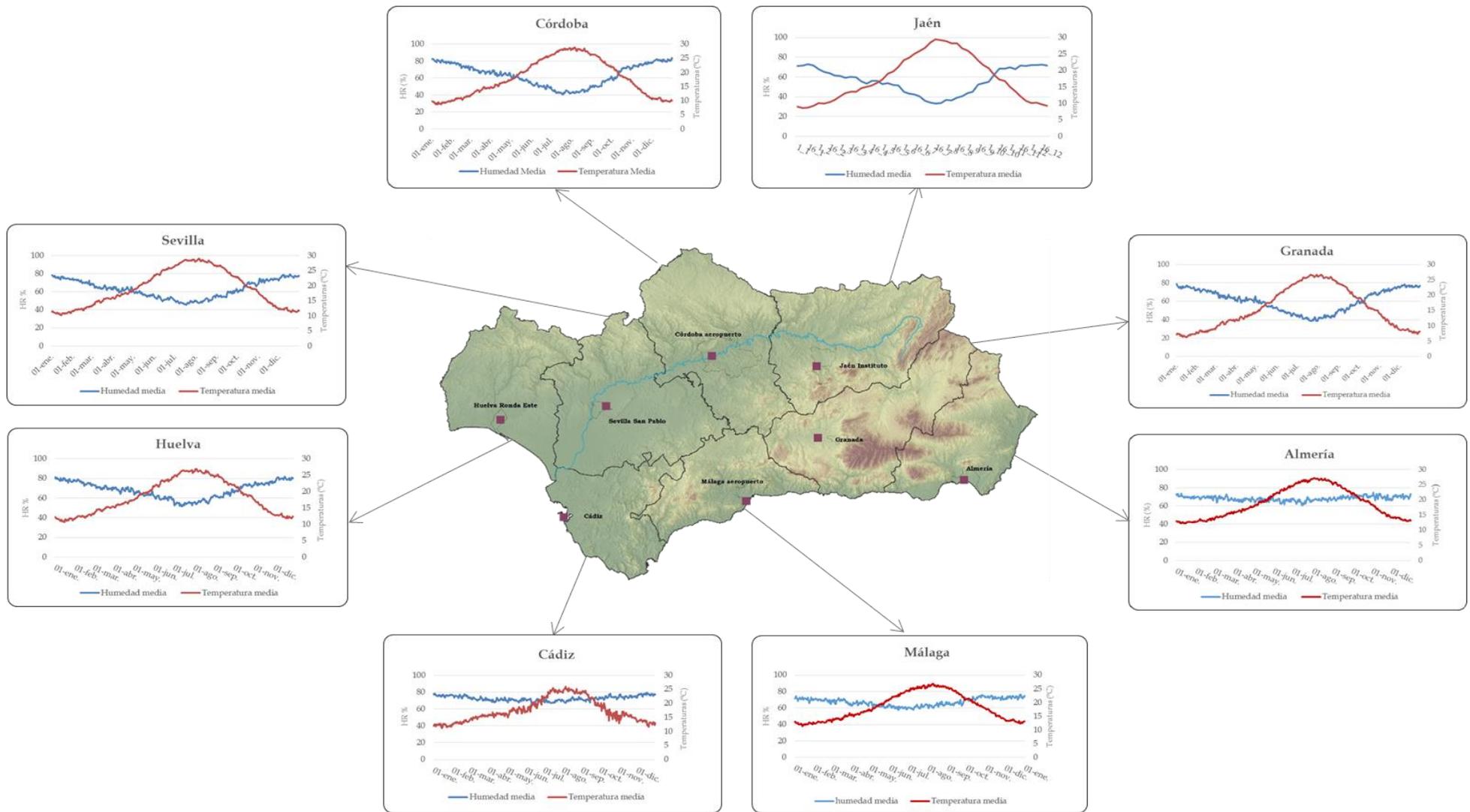


Figura 6: Distribución espacial diaria de los calendarios climáticos resultado de la combinación de las medias de temperatura (°C) y Humedad relativa (%) en las capitales andaluzas.

La combinación de las variables analizadas en el IC se muestra en los calendarios climáticos diarios de la Figura 7, en la que se incluyen las marcas que representan en la escala del índice diferentes niveles de confort según la clasificación de Thom (véase Tabla 4). De este modo, bajo la línea quebrada verde (inferior a 20), los valores calculados no suponen disconfort y se corresponden a la época invernal. Por encima de este umbral de 20 los valores se consideran constituyentes de ausencia de confort en al menos parte de la población y por encima de la línea amarilla (IC 25), el grado de disconfort afectaría a más de la mitad de la población.

En términos generales, el índice analizado identifica los periodos de disconfort en la etapa cálida del año. La figura recoge el patrón promedio diario semejante al de temperaturas, con máximas en verano y mínimas en invierno. Los periodos con valores por encima de 20 se localizan entre principios de junio y las primeras semanas del mes de Octubre exceptuando el caso más tardío y suavizado de Granada, desde la segunda mitad de Junio hasta la primera quincena de Septiembre.

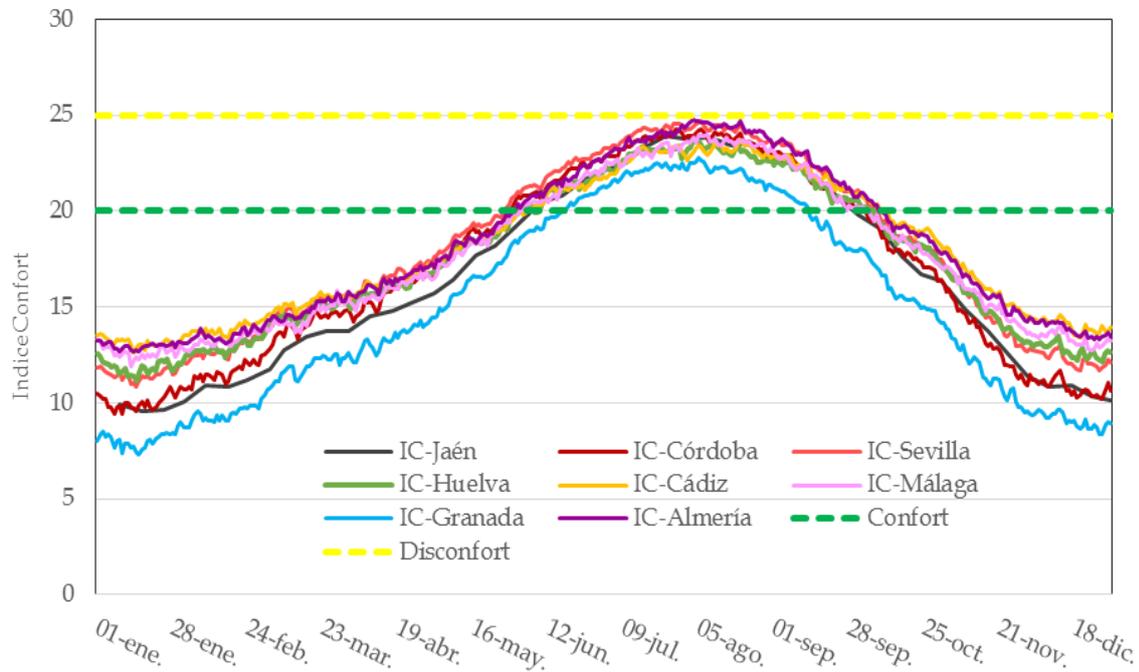


Figura 7: Calendario climático diario del Índice de Confort de Thom de las capitales andaluzas. Las líneas quebradas, indican los umbrales de disconfort según la clasificación de Thom.

El periodo máximo de desconfort con IC>20, se identifica en el observatorio de Almería y el IC mínimo en Granada con una diferencia significativa entre ambos de 17,44 (Tabla 6). Al igual que en el caso de las temperaturas, las mayores diferencias entre observatorios las encontramos en los periodos de invierno. En esta tabla, se señala que el periodo más extenso aparece en las capitales de Sevilla y Almería, con una duración de 19 semanas. Una y otra, establecen su periodo de desconfort en 4 meses comprendido entre la cuarta semana del mes de Mayo y la segunda del mes de Octubre. Siendo otro de los casos más señalados el de Granada (tercera semana de Junio a la segunda de Septiembre), lo que implica casi dos meses menos de situaciones de “malestar” climático. Posiblemente, debido a la situación y los factores geográficos de este observatorio.

Tabla 6: Duración del periodo promedio del IC en semanas

Capital	IC >20		Duración			IC máx	IC mín
	Inicio	Final	Días	semanas	meses		
Jaén	09/06/2018	01/10/2018	114	16	3	23,94	9,53
Córdoba	31/05/2018	04/10/2018	126	18	4	24,30	9,39
Sevilla	27/05/2018	08/10/2018	134	19	4	24,73	10,85
Huelva	31/05/2018	07/10/2018	129	18	4	23,65	11,12
Cádiz	05/06/2018	10/10/2018	127	18	4	23,74	12,61
Málaga	03/06/2018	05/10/2018	124	18	4	23,98	11,87
Granada	18/06/2018	13/09/2018	87	12	2	22,77	7,32
Almería	31/05/2018	08/10/2018	130	19	4	24,76	12,7

En la Figura 8, se muestra la variabilidad diaria expresada mediante el coeficiente de variación (cv), obtenido de la desviación típica diaria dividida entre el promedio del IC diario de cada observatorio. Cabe destacar, que la mayor variabilidad del IC se localiza en los meses invernales disminuyendo en la época estival, correspondiéndose ésta con el periodo de mayor desconfort climático. Obsérvese el caso de Granada frente al resto de observatorios analizados. Este observatorio, despunta del resto manteniendo la misma pauta, pero alejado entorno a un 20% del resto de capitales. Al igual que en el caso de Jaén que, aunque solamente tenemos valores semanales, sigue el modelo de las demás.

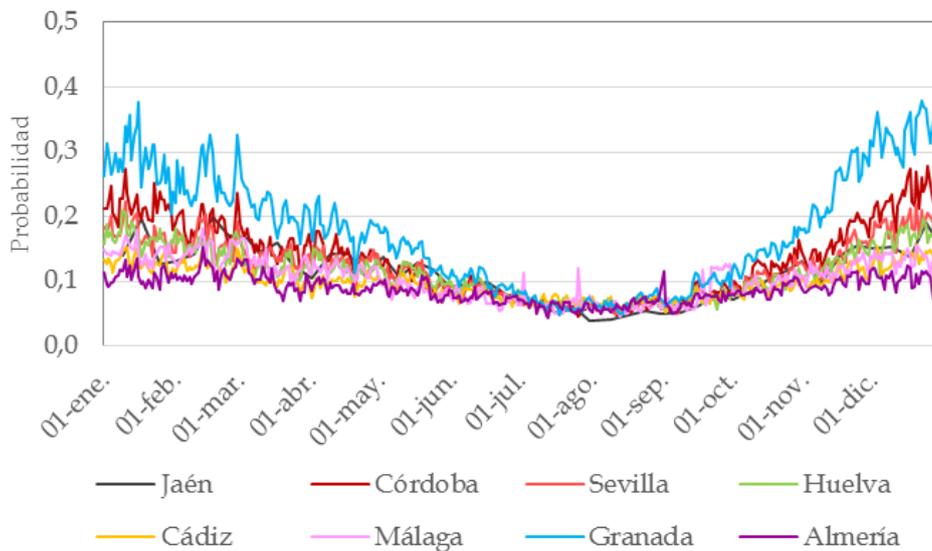


Figura 8: Coeficiente de variación del IC promedio diario en capitales provinciales de Andalucía (%)

La distribución espacial del índice de confort y su variabilidad se muestran en la Figura 9, en la que se aprecia que en todas las situaciones, los máximos valores de IC se encuentran en los periodos de verano; también, que los valores de IC son menos acusados en las capitales de litoral que en las de interior.

Especial atención a los observatorios de Córdoba y Granada en la temporada invernal, donde se detectan mayores variaciones entre días del IC mientras que en el periodo de estudio, en la época estival, los valores del índice reflejan una elevada similitud entre observatorios, es decir, las condiciones invernales parece que introducen una mayor variabilidad en el interior de Andalucía respecto a la costa en el IC, pero en los meses invernales, no en la etapa cálida del año.

A grandes rasgos, la variabilidad de cada uno de los observatorios, es un reflejo de los datos obtenidos del índice de Confort (IC) y todos siguen la misma pauta de comportamiento.

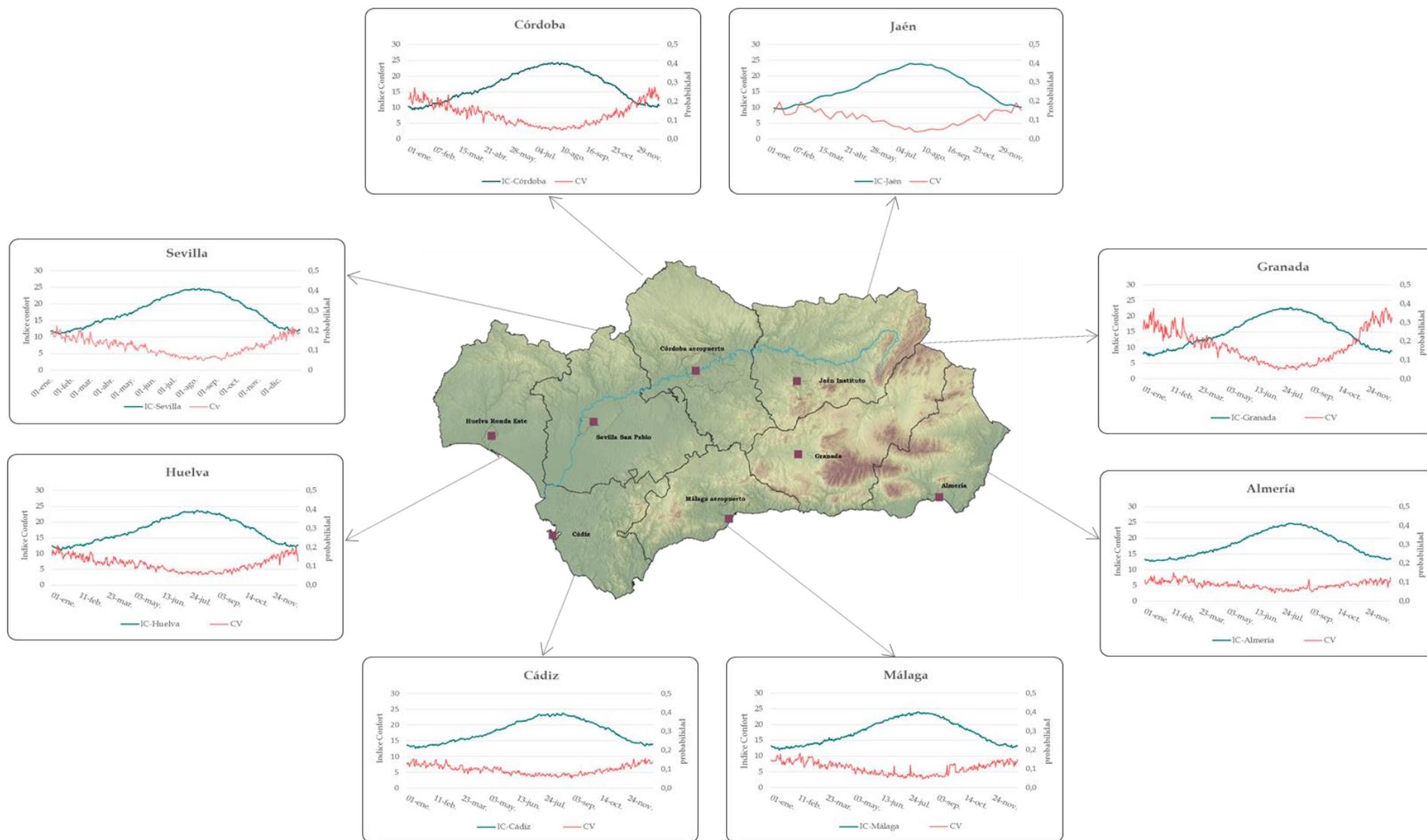


Figura 9: Distribución espacial del Índice de Confort (IC) y su variabilidad expresada mediante el coeficiente de variación (CV) en las capitales de Andalucía

En la figura 10, se presenta aumentado el periodo veraniego durante el cual el IC supera el valor de disconfort en sus promedios. A rasgos generales, el promedio diario supera el valor de 20 pero no el de 25 (umbral de confort de la mitad de la población), y el periodo con disconfort abarcaría desde las últimas semanas de Mayo hasta la primera quincena del mes de Octubre a excepción de Granada, ya que su situación la hacen tener valores más suavizados. Los valores más altos de IC se detectan en Jaén, Córdoba, Sevilla y Almería.

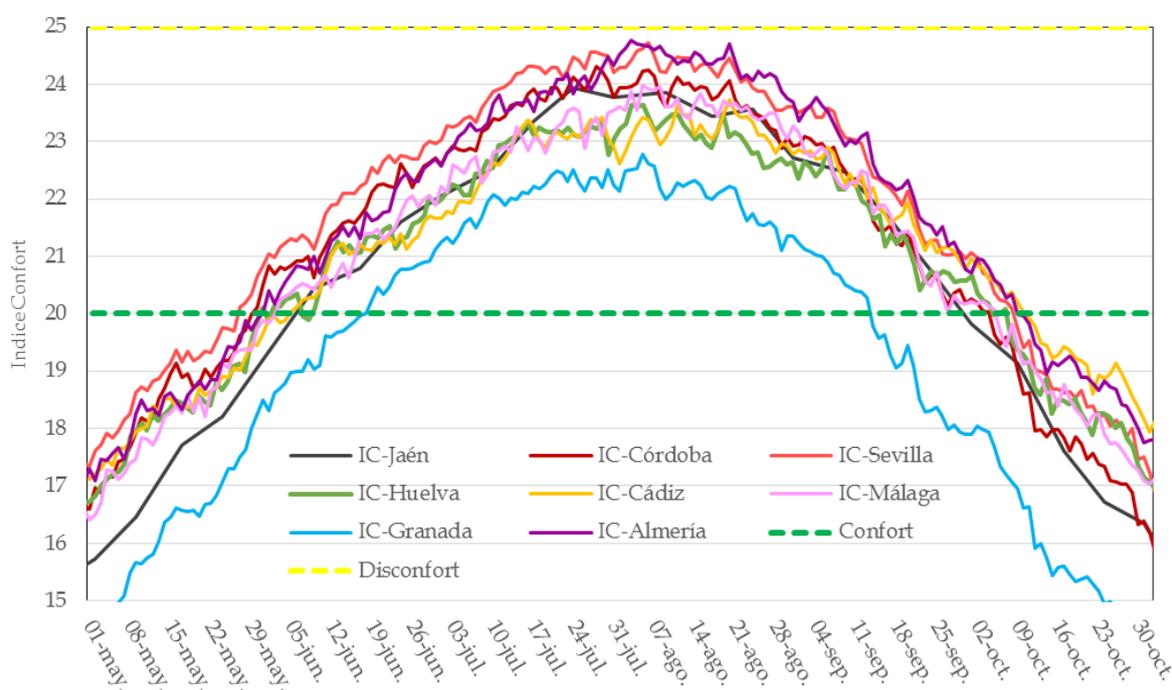


Figura 10: Periodo de disconfort en las capitales andaluzas. Las líneas representan los umbrales de confort y disconfort según la clasificación de Thom.

En la Tabla 7, a modo de resumen, se recoge de cada observatorio los periodos de tiempo de disconfort que, dependiendo de su situación, serán más o menos prolongado superando los valores de la escala del índice del Thom.

Los periodos están calculados atendiendo a la probabilidad diaria de que se supere el valor de 20 de la clasificación, con la idea de detectar aquellos periodos en los que se puedan producir situaciones que deban ser consideradas para la adecuación de actividades o en su caso determinar acciones de la administración (alertas, etcétera).

En este caso, únicamente se ha optado por aportar la probabilidad de superación del umbral 20 del IC, y no la del umbral superior a 26, debido a la escasa frecuencia de ocurrencia y significación que posee en las capitales andaluzas (véase más adelante). De esta forma, el periodo más prolongado aparece en la provincia de Sevilla, y Granada es la capital, donde se detecta un periodo más reducido de discomfort. Salvo ésta última, la barrera de 20 se supera en 1 de cada 2 años (50%) en más de 15 semanas, y en 1 de cada 4 (75%) en más de 13 semanas.

Tabla 7: Probabilidad de superación del umbral 20 del IC. Duración del periodo a partir de inicio-final expresado en semanas

Capital	25%			50%			75%		
	Inicio	Final	Duración	Inicio	Final	Duración	Inicio	Final	Duración
Jaén	4/5	3/10	20	1/6	4/9	17	4/6	4/9	13
Córdoba	2/5	2/10	22	4/5	1/10	19	2/6	3/9	14
Sevilla	2/5	4/10	24	4/5	2/10	19	1/6	1/10	18
Huelva	3/5	4/10	21	1/6	1/10	17	3/6	3/9	13
Cádiz	4/5	4/10	22	1/6	2/10	18	2/6	3/9	14
Málaga	4/5	2/10	20	4/5	1/10	18	3/6	3/9	13
Granada	1/6	3/9	15	2/6	2/9	13	4/6	1/9	9
Almería	3/5	4/10	23	1/6	2/10	19	3/6	4/9	15

En la Figura 11, se representa gráficamente el calendario climático diario de la probabilidad de que el IC supere el umbral de 20 en la clasificación de Thom. Destacamos que el periodo de inicio y final se verá alterado dependiendo de la ubicación de los observatorios como se ha ido comentando a lo largo de este apartado (Tabla 4).

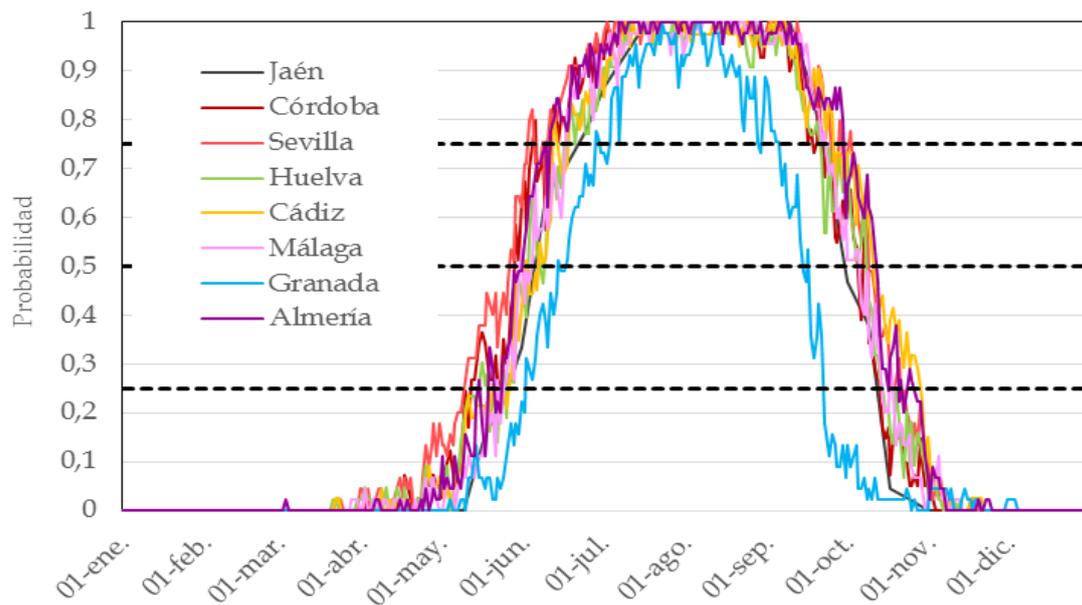


Figura 11: Calendario diario de probabilidades del IC de superar el umbral de 20 en la clasificación de Thom. Las líneas de color negras quebradas, representan las probabilidades del 75%, 50% y 25%.

En términos generales, las diferencias observadas se deben a la disposición de los observatorios situados en el interior y en la costa. La probabilidad más elevada de superar valores de IC de 20 se identifica en los observatorios de costa, Almería, Cádiz y Huelva por contraposición a Granada alejada del modelo seguido por el resto de capitales.

En la Figura 12, al igual que en el caso anterior, se representa el calendario climático diario de la probabilidad de que el IC supere el umbral de 25 establecido por Thom. Como en el caso anterior, el periodo de inicio y final variará dependiendo de la ubicación de los observatorios. En esta figura, se muestra la escasa probabilidad, entorno a menos de un 2%, en el caso de Sevilla, de superar este valor tan elevado seguido de Almería, no apreciándose peso alguno en el caso del resto de capitales.

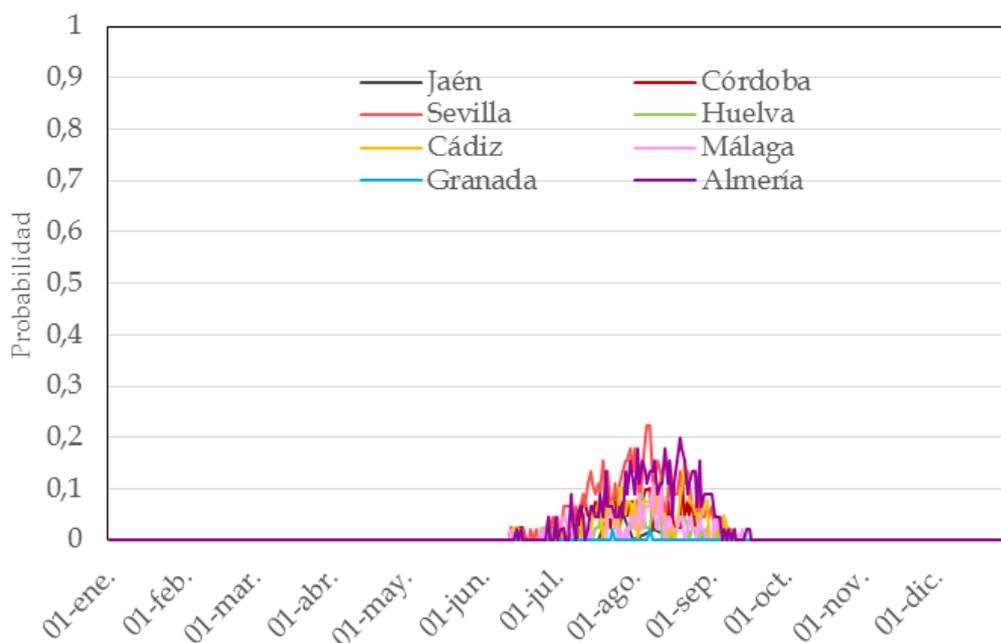


Figura 12: Calendario diario de probabilidades del IC de superar el umbral de 26 en la clasificación de Thom. Las líneas de color negras quebradas, representan las probabilidades del 75%, 50% y 25%

La distribución espacial del Calendario diario de probabilidades de superar los umbrales de 20 y 25 del IC (véase Figura 13), muestra que en los periodos de verano la probabilidad de superar el umbral de 20 supera el 75% alcanzando el 100% en todos los observatorios estudiados. En general, la probabilidad de superación del umbral 20 de discomfort es superior y más prolongada en el tiempo en las zonas de litoral donde la humedad es superior en verano. Por su parte, el umbral de más de 25, es superado al 2% en Sevilla, Almería y Cádiz, siendo la probabilidad de este valor bastante baja y con un periodo muy breve en Jaén y Granada.

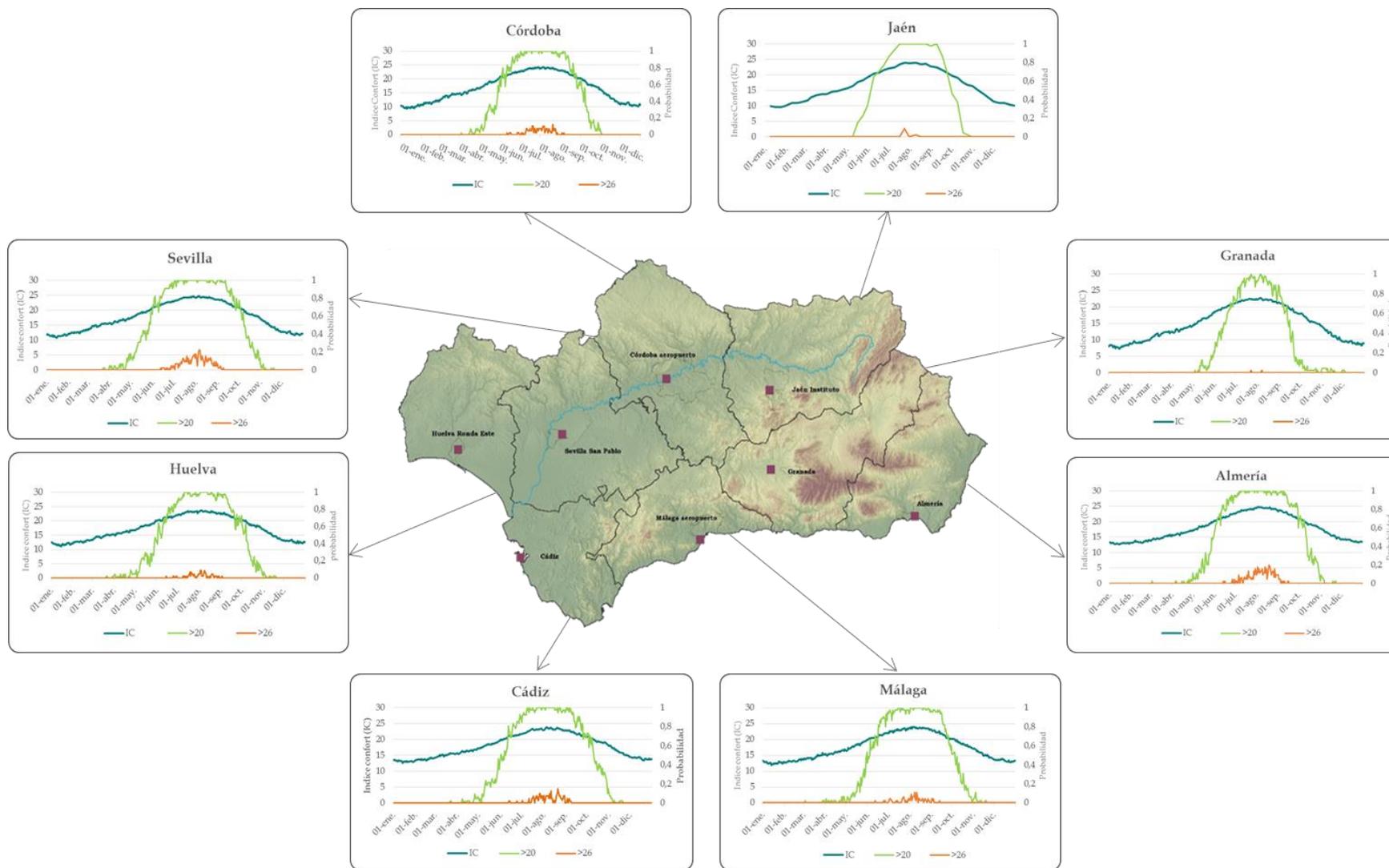


Figura 13: Distribución espacial del Calendario diario de probabilidades de superar los umbrales de 20 y 25 del IC

5.2. Relaciones entre las condiciones sinópticas atmosféricas y el confort climático

En el apartado final de resultados del presente estudio, se analiza la relación entre las condiciones sinópticas expresadas por los tipos de tiempo y el confort.

La tabla 8 presenta el promedio del IC en cada observatorio estudiado en cada uno de los tipos de tiempo. A grandes rasgos, se observan valores más elevados de IC con los tipos de tiempo procedentes del Sur y Sureste, si bien, es el tipo ciclónico en el que se ha encontrado valores por encima de 20.

Tabla 8: Promedio del Índice de Confort (IC) respecto a los tipos de tiempo (WT) por capitales

Tipos de tiempo	Córdoba	Sevilla	Huelva	Cádiz	Málaga	Granada	Almería
A	15,75	16,59	16,37	16,93	16,46	13,69	16,93
C	19,82	20,47	19,77	20,01	20,05	17,98	20,57
N	14,95	15,95	15,81	16,51	16,02	12,72	16,41
NE	14,16	15,22	15,09	15,91	15,40	12,05	15,92
E	15,64	16,67	16,40	17,04	16,62	13,59	17,13
SE	18,92	19,66	19,01	19,37	19,18	17,00	19,70
S	18,10	18,85	18,42	18,80	18,54	16,18	19,16
SW	14,09	15,31	15,41	16,08	15,69	12,33	16,15
W	14,52	15,59	15,55	16,25	15,69	12,50	16,17
NW	16,12	16,99	16,68	17,19	16,85	14,02	17,36

Espacialmente a su vez los valores más altos de IC se han encontrado en Almería en condiciones ciclónicas (20,57), mientras que los valores inferiores se han encontrado en el observatorio de Granada en condiciones de flujo del noreste (12,05).

Los observatorios de Almería, Sevilla, Málaga y Cádiz tienen también un promedio que superan el valor de 20 en el IC bajo condiciones ciclónicas; en segundo lugar, los promedios de IC son más elevados en condiciones de Sureste (SE), y Sur (S). Por el contrario, con situaciones de NE, SW y W el valor promedio de IC es inferior al resto de tipos de tiempo, lo que sugiere que estas situaciones generan más confortabilidad.

En la figura 14, se representa la rosa de los vientos expresando el promedio de IC de cada observatorio junto con la dirección del flujo dominante. Como puede observarse, se sigue un modelo de comportamiento similar en casi todas las capitales; alejándose Granada y en parte Córdoba.

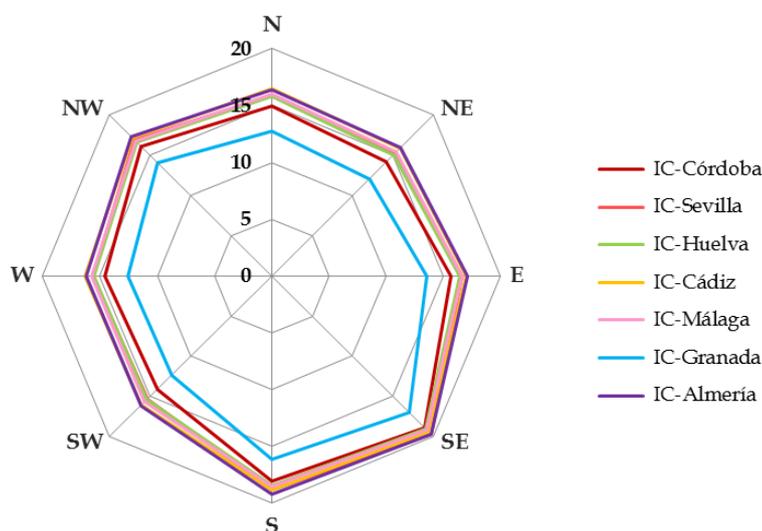


Figura 14: Promedio de los tipos de tiempo del Índice de Confort (IC) vs dirección flujo dominante

La variabilidad del promedio del IC según el tipo de tiempo dominante, se muestra en la Tabla 9 expresada por su coeficiente de variación (cv). La mayor variabilidad se encuentra en Granada con valores del cv de IC por encima de 39, seguido de Córdoba (32,8); mientras que los valores más bajos de variabilidad se han encontrado en Cádiz con valores en torno a 19.

Tabla 9: Coeficiente de variación del IC según tipos de tiempo y observatorio

Tipos de tiempo	Córdoba	Sevilla	Huelva	Cádiz	Málaga	Granada	Almería
A	28,6	25,1	22,5	19,0	21,0	33,6	20,8
C	24,5	22,3	20,9	19,0	20,6	28,1	20,3
N	32,0	27,8	24,9	21,0	23,3	38,6	22,5
NE	32,8	28,2	25,3	20,9	22,4	39,1	22,0
E	32,2	28,1	25,7	22,1	23,9	38,0	23,3
SE	25,9	23,5	21,9	19,5	21,0	30,1	21,1
S	28,6	25,5	23,4	20,5	23,3	32,9	22,7
SW	32,5	27,6	25,1	21,2	21,9	38,2	21,6
W	31,2	26,5	23,6	20,0	21,6	36,8	20,8
NW	30,5	27,2	24,5	21,2	23,5	36,7	22,9

Las capitales con mayor variabilidad son las de interior, Granada, Córdoba y en menor medida Sevilla. Por lo que se establece una clara

dicotomía entre las capitales de interior frente a las de costa como se ha ido apuntando desde el análisis previo del IC.

En cuanto al dominio de los tipos de tiempo, en general los flujos de viento provenientes del NE, E y NW son los que originan mayor variabilidad en los promedios de IC. Siendo las condiciones anticiclónicas (A) y ciclónicas (C), las que presentan unos valores inferiores, es decir, producen valores de IC menos variables.

La tabla 10, muestra los valores máximos absolutos del IC en función de los tipos de tiempo en los observatorios analizados. En general, se ha alcanzado y superado el umbral de 25 en todos los tipos de tiempo y observatorios salvo Granada con flujo del Noreste (24,03), siendo en Sevilla donde tiene lugar el valor más elevado (29,81) del conjunto en condiciones ciclónicas. Prestar atención, a la componente sureste (SE) ya que es una de los principales causantes del “malestar” de la población con valores próximos a los obtenidos en condiciones ciclónicas.

Tabla 10: Máximos absolutos según tipos de tiempo y observatorio

Tipos de tiempo	Córdoba	Sevilla	Huelva	Cádiz	Málaga	Granada	Almería
A	27,05	28,17	27,08	26,72	26,45	24,86	27,95
C	28,10	29,81	28,01	29,15	28,31	26,51	28,46
N	26,57	26,48	25,75	26,70	28,54	24,87	28,20
NE	26,64	26,86	25,87	26,96	26,79	24,03	27,14
E	26,93	27,15	27,86	27,55	26,76	25,68	27,27
SE	28,03	28,83	28,14	28,00	27,43	25,89	29,60
S	27,45	27,76	27,07	26,94	27,87	25,71	27,48
SW	26,35	26,03	25,23	25,82	25,19	24,74	28,65
W	25,81	26,96	26,32	26,46	25,34	24,96	28,21
NW	27,40	27,37	26,81	26,94	26,79	25,49	27,52

En la figura 15 se representa el máximo valor alcanzado según la dirección del flujo dominante, y se distingue el dominio del SE en casi todos los observatorios despuntando con vientos de flujo Suroeste (SW), Oeste (W) y Norte (N) la capital almeriense, frente al caso de la capital granadina, manteniéndose por igual al resto de capitales.

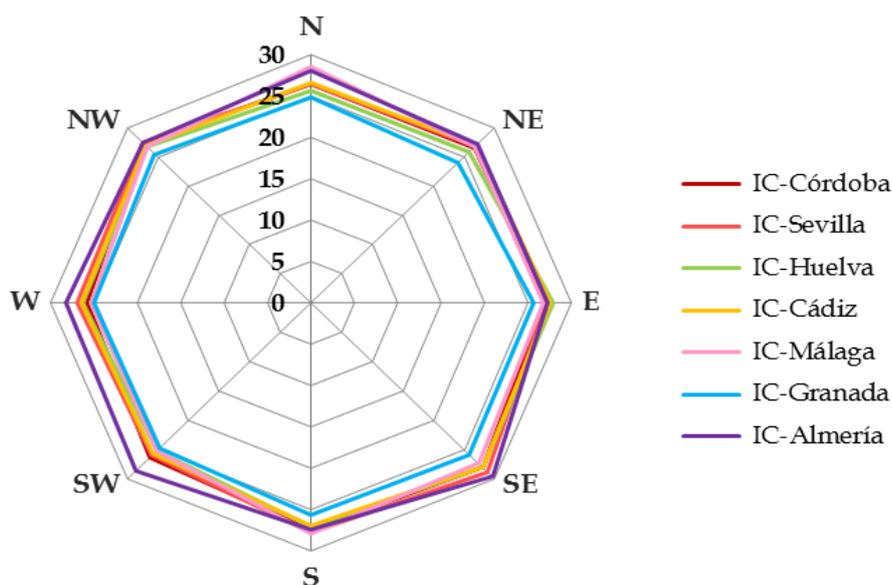


Figura 15: Máximos absolutos del índice de Confort (IC) vs tipos de tiempo

En la tabla 11, se presenta la frecuencia de días de superación del valor de 20 del IC por cada capital estudiada. En la tabla cabe destacar la ocurrencia más elevada del IC con valor por encima de 20 en condiciones de flujo del Sureste (SE) y tipo ciclónico (C). Concretamente, el mayor número de días con IC bajo condiciones de tiempo dominante del Sureste (SE) se da en Sevilla, seguido de cerca por la capital almeriense.

Tabla 11: Frecuencia de días con IC > 20 según tipo de tiempo y observatorio

Fr > 20	Córdoba	Sevilla	Huelva	Cádiz	Málaga	Granada	Almería
A	144	189	142	152	139	82	174
C	1467	1657	1495	1413	1580	1229	1637
N	198	263	216	220	209	142	241
NE	121	164	127	128	130	78	147
E	534	666	570	563	594	384	615
SE	1659	1949	1702	1678	1751	1367	1877
S	205	238	203	210	214	159	232
SW	35	48	46	47	38	23	49
W	151	196	148	154	140	71	176
NW	657	820	683	669	700	452	777

En la tabla 12 se presenta la probabilidad de superación del umbral 20 del IC por cada tipo de tiempo calculada sobre el total de observaciones, pudiendo observar que es especialmente elevada en la capital gaditana con

flujos del sureste (SE), seguidas de situaciones ciclónicas (C) y situaciones curiosamente del Noroeste (NW). Mientras que, en el caso opuesto Huelva (1,97) está influenciada por componentes de flujos del suroeste (SW) provenientes del océano Atlántico.

Tabla 12: Probabilidad (%) sobre el total de días de superación del umbral 20 del IC según el tipo de tiempo y observatorio

Tipos de tiempo	Córdoba	Sevilla	Huelva	Cádiz	Málaga	Granada	Almería
A	4,70	4,84	4,80	4,97	4,84	4,83	4,83
C	16,22	15,94	16,09	15,66	15,92	15,93	15,93
N	7,43	7,41	7,36	7,47	7,42	7,41	7,41
NE	5,96	5,99	6,04	6,04	6,01	6,01	6,01
E	14,89	14,87	14,87	14,92	14,87	14,87	14,87
SE	22,05	22,16	22,18	22,34	22,14	22,16	22,16
S	3,12	3,12	3,12	3,17	3,11	3,12	3,12
SW	2,03	2,01	1,97	2,03	2,01	2,01	2,01
W	6,81	6,85	6,77	6,81	6,85	6,84	6,85
NW	16,77	16,80	16,81	16,58	16,84	16,82	16,82

En la Figura 16 se muestran estos resultados, pudiendo observarse además que las situaciones atmosféricas que favorecen las mejores condiciones de confort son consecuencia de situaciones anticiclónicas (A) así como de flujos provenientes principalmente del Suroeste (SW) y Oeste (W).

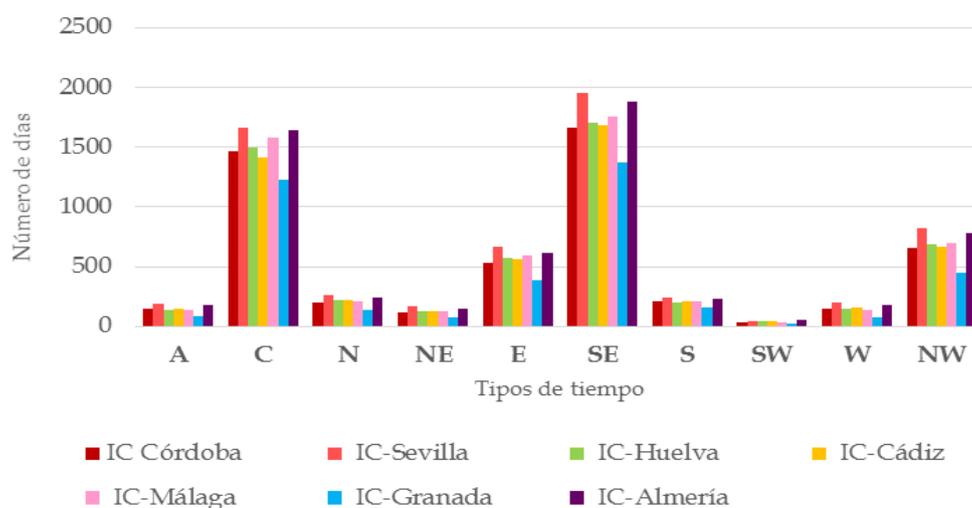


Figura 16: Frecuencia de días de superación de valores de 20 del IC

Por otro lado, en las situaciones de tiempo del Suroeste (SW) y Noreste (NE), el número de días de discomfort, es menor que en el resto de situaciones atmosféricas.

En la Figura 17 se representan los datos de la tabla anterior referidos únicamente al observatorio de Almería, puesto que el resto de capitales ofrecen un modelo similar de comportamiento. Como se observa la probabilidad más alta de superar el valor de 20 en el IC se produce con flujo dominante del Sureste (SE) y Este (E) como se ha venido mostrando hasta el momento. Junto a él, la dirección Noroeste (NW) hecho que llama la atención por tratarse de flujos de procedencia septentrional y no habituales en la región durante el periodo de estudio.

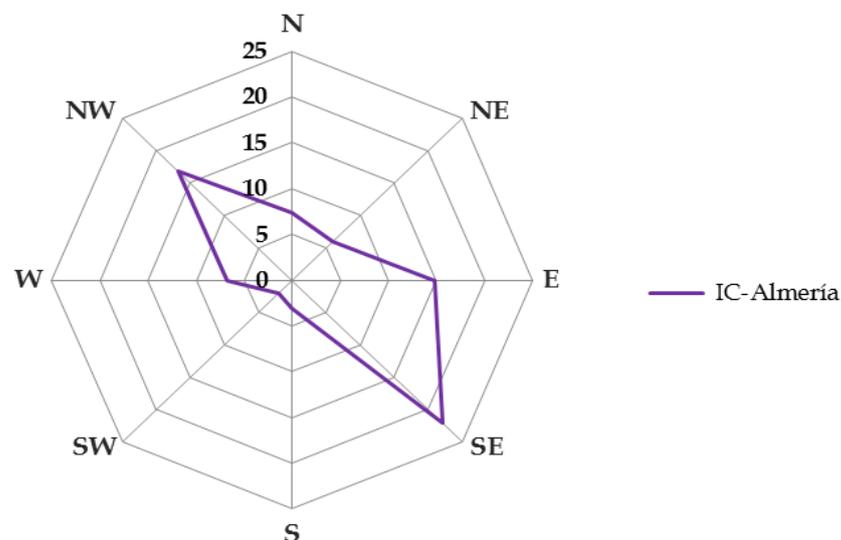


Figura 17: Probabilidad (%) de superación de 20 IC calculado sobre el total de días en el observatorio de Almería

La Tabla 13 matiza este resultado y muestra la probabilidad calculada de que el IC supere el valor de 20 en cada tipo de tiempo en los días específicos de cada tipo de tiempo o lo que vendría a ser una estimación de la efectividad de cada tipo de tiempo en producir valores de $IC > 20$. Las situaciones de mayor ocurrencia del $IC > 20$ se dan en situaciones de tiempo ciclónico (C) y de Sureste (SE) obteniéndose el valor más elevado en Sevilla con influencia ciclónica (C), siendo muy inferior la probabilidad de superar el umbral de 20 en el IC en flujos de procedencia septentrional.

Las probabilidades más bajas, pero a la vez más aptas para el confort de la población de la región tendrían lugar con las componentes del suroeste (SW) y oeste (W).

Tabla 13: Probabilidad de sobrepasar el valor 20 del IC de cada tipo de tiempo

Tipos de tiempo	Córdoba	Sevilla	Huelva	Cádiz	Málaga	Granada	Almería
A	20,6	23,8	18,7	20,1	17,5	10,3	21,9
C	60,9	63,4	58,7	59,4	60,4	46,9	62,5
N	18,0	21,6	18,5	19,4	17,2	11,7	19,8
NE	13,7	16,7	13,3	13,9	13,2	7,9	14,9
E	24,2	27,3	24,2	24,8	24,3	15,7	25,2
SE	50,7	53,6	48,4	49,5	48,2	37,5	51,5
S	44,3	46,5	41,1	43,6	41,9	31,1	45,3
SW	11,6	14,5	14,7	15,3	11,5	7,0	14,8
W	14,9	17,4	13,8	14,9	12,4	6,3	15,6
NW	26,4	29,8	25,7	26,6	25,3	16,3	28,1

En general en todos o casi todos los casos, ha sido Granada donde se han detectado los valores más bajos de probabilidad de ocurrencia del IC>20, en cualquier condición atmosférica debido a la situación geográfica que ocupa en la región (posición interior de abrigo), junto con el factor condicionante de la altitud.

A continuación, en la Figura 18 se representa la eficiencia analizada de cada tipo de tiempo en superar el umbral de 20 del IC. Las diferencias observadas entre ambas figuras y tablas, son interesantes. El caso más significativo es la componente Sur (S) aunque el Noroeste (NW) también llama la atención, pero en menor medida, por ser un régimen de vientos no muy frecuente en los observatorios analizados. En principio los flujos del Este (E) introducen algo menos de disconfort que los del Sureste (SE) ya que su probabilidad es menor.

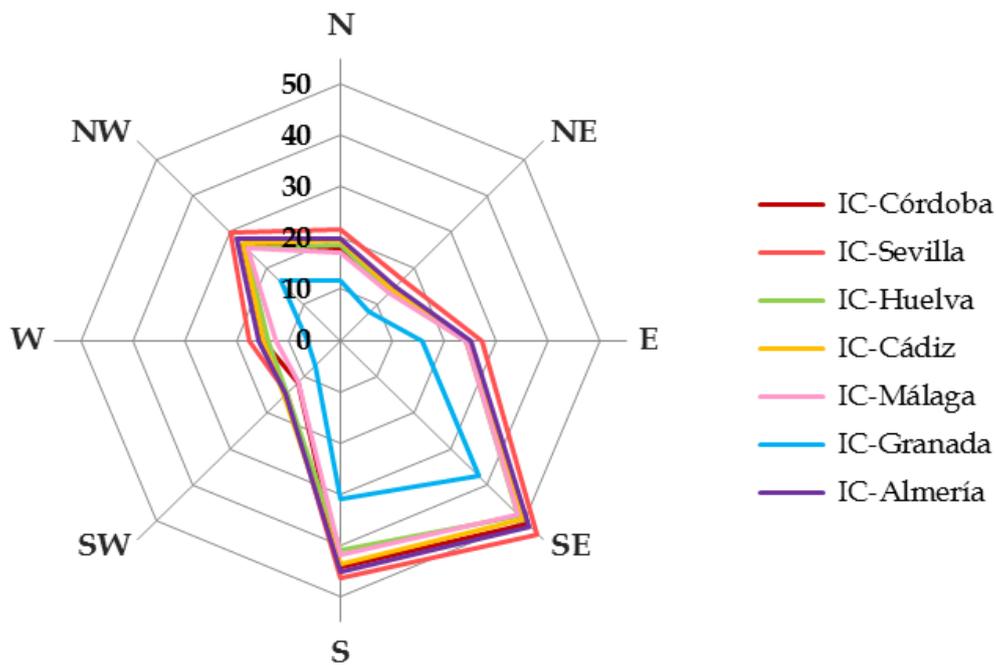


Figura 18: Eficiencia de cada tipo de tiempo en superar el umbral de 20 de IC

Estas dos situaciones sinópticas de los flujos del Sur (S) y Sureste (SE), son los causantes de generar las condiciones de discomfort más acentuadas en la población andaluza, se muestran en sus cartografías patrón en la Figura 19.

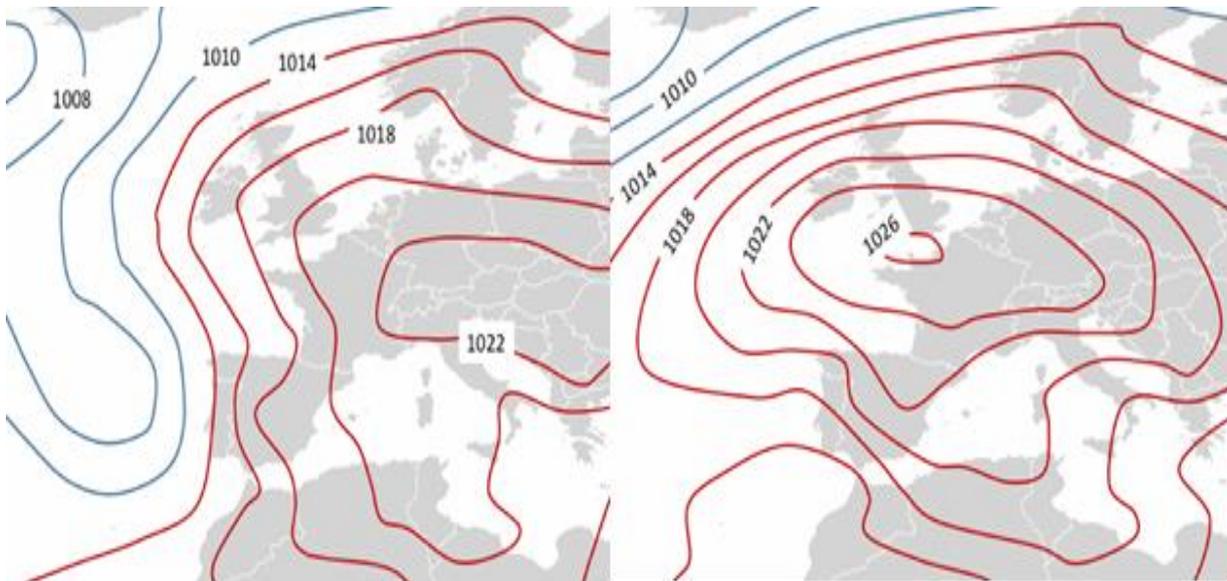


Figura 19: Cartografía sinóptica de las situaciones de los tipos de tiempo dominantes (S, izquierda) y (SE, derecha) en Andalucía. Fuente: Proyecto CLICES

Para finalizar, la Figura 20 muestra la distribución espacial de las probabilidades del IC superior a 20, en cada uno de los observatorios expresados por tipos de tiempo y dirección del viento dominante. Es decir, la probabilidad de que se genere una situación de desconfort climático en el periodo correspondiente de desconfort que comprende desde el mes de Mayo a Octubre.

Estos datos, han sido obtenidos del cálculo de la frecuencia del número de días que se ha dado en una determinada dirección o tipo de tiempo en cada observatorio, dividido para el número total de días que, en ese observatorio concreto, ha dominado el flujo del SE. Se observan pequeñas matizaciones entre unos observatorios y otros, como se ha podido ir desarrollando a lo largo del estudio.

En todos los observatorios se sigue la misma pauta de comportamiento, siendo la dirección de flujo dominante la del Sureste (SE) mientras que el resto de componentes aparecen un poco más alejadas como el Noroeste (NW) con variables en función del mes en el que se sucedan.

Por último, en relación a los tipos de tiempo comentados a lo largo de este segundo apartado del trabajo, hacer mención a las condiciones ciclónicas y anticiclónicas que, aunque no se ha realizado un análisis más detallado de ello, han contribuido e influido en el estudio en cuestión, principalmente el ciclónico.

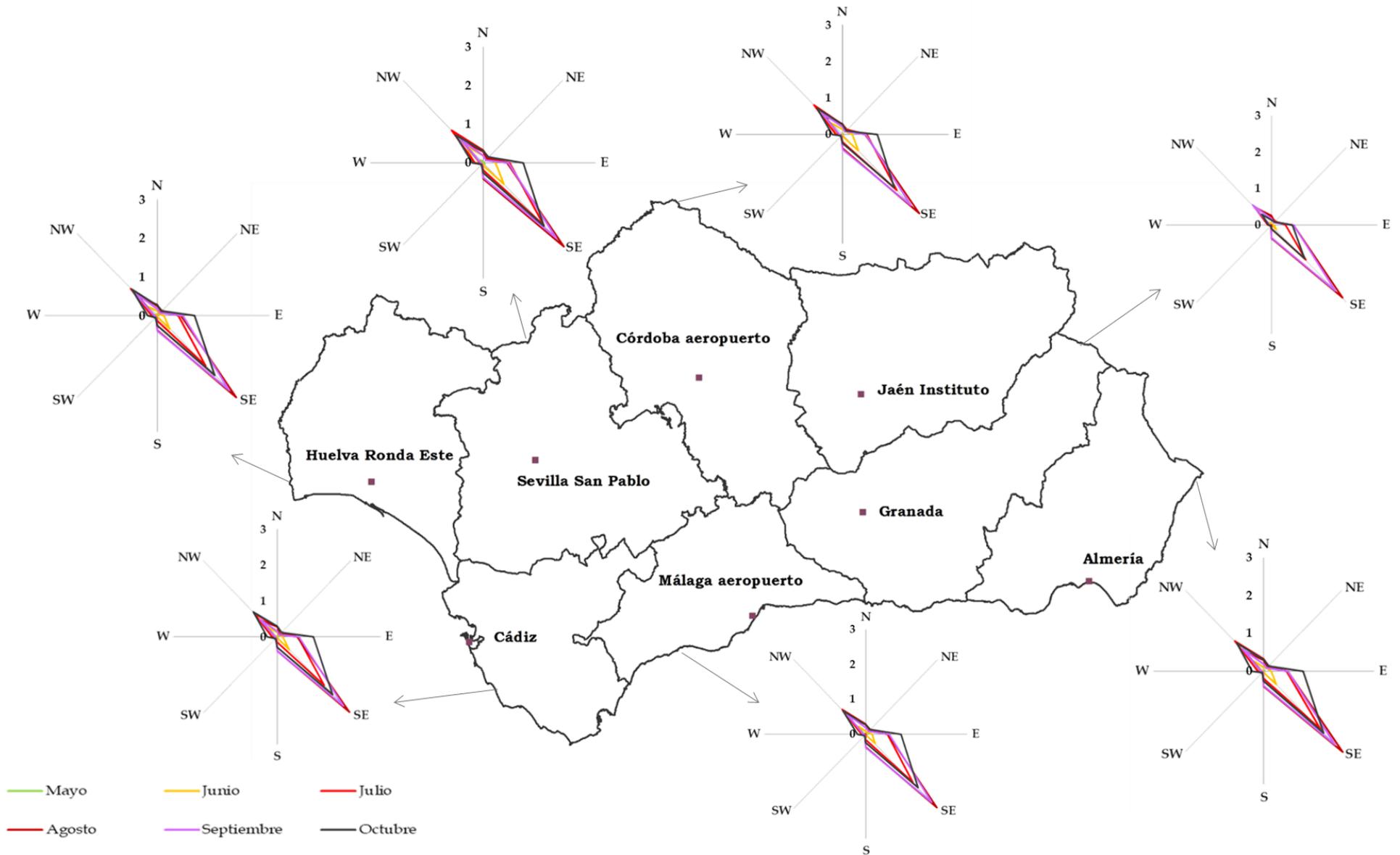


Figura 20: Probabilidades del IC superior a 20 en cada una de las capitales expresadas por tipo de tiempo y dirección del viento dominante

6. Consideraciones finales y conclusiones

El análisis del confort climático en las capitales de la región andaluza, realizado por medio de calendarios diarios, ha detectado los periodos de máximo disconfort y las principales diferencias entre los diferentes observatorios, señalando indicios de patrones espaciales en la Comunidad.

Las conclusiones más importantes que se extraen del presente trabajo son las siguientes:

El patrón del comportamiento de las dos variables que intervienen en el cálculo del IC sugiere diferencias notables entre la costa e interior especialmente en la humedad relativa durante el verano.

En el tiempo el fenómeno de disconfort, evaluado cuando el índice de confort (IC) es superior a 20, comprende desde mediados del mes de Mayo hasta principios del mes de Octubre. Los valores más altos se localizan en el litoral de Almería y en el interior en Sevilla y Jaén; por el contrario, Granada en el interior tiene los valores más bajos del IC.

La variabilidad del IC difiere entre la costa y el interior, es superior en invierno que en verano, y superior en las capitales de interior en la época invernal.

Por último, el análisis de las relaciones de las condiciones atmosféricas dominantes, expresadas mediante los tipos de tiempo, y los valores diarios del IC detectan que los valores más altos de disconfort se producen con los tipos de tiempo de flujos Sur (S) y Sureste (SE), y en condiciones ciclónicas (C).

7. Recomendaciones para futuras investigaciones

Cualquier trabajo de investigación desarrollado con interés y entusiasmo, ayuda a resolver algunas incógnitas sobre el tema tratado, pero a su vez, genera nuevas preguntas, ideas, nuevas vías para su continuidad.

En términos generales, los objetivos planteados en el presente trabajo han sido alcanzados con éxito e incluso se han observado aspectos interesantes para llevar a cabo futuros estudios de la materia en cuestión. A continuación, se presentan algunas posibles líneas de investigación que pueden ser de gran interés.

Estos resultados pueden servir de guía para poder intervenir de forma apropiada sobre la ordenación territorial y planificación turística, ya que existe una estrecha relación entre elementos climáticos y actividades de índole turística, siendo la región de Andalucía una de las mayores atracciones turísticas del territorio español.

También podría profundizarse en la investigación de la relación entre estas características climáticas más allá de la relación clima-confort clima-turismo propuesta anteriormente. En el ámbito socio-sanitario debido a la influencia que ejerce sobre la salud y el bienestar, así como del medio en el que se encuentran. Este estudio, podría ayudar a plantear algún tipo de estrategias de detección y prevención de enfermedades que se podrían llegar a generar como consecuencia de estos periodos y situaciones de disconfort para la población.

Otra posible e interesante línea de trabajo acotada al territorio objeto de estudio, estaría relacionada con la gran influencia que ejerce este tipo de condiciones climáticas y meteorológicas sobre las infraestructuras y edificaciones del área turística principalmente.

Por último, una propuesta bastante interesante estaría en consonancia con la tendencia evolutiva de las condiciones de confort climático durante el periodo de estudio (1961-2017) para de este modo, conocer los periodos donde éstas han sido más significativas e investigar bajo qué caracteres ha sido causado.

8. Referencias Bibliográficas

- Assael MJ., Kakosinos KE., Antoniaris KD. y Assael JAM. (2010). Applying Thermal Comfort Indices to Investigate Aspects of Climate in Greece. *International Review of Chemical Engineering*, 2, (2), pp. 204-209
- Besancenot, JP. (1991). Clima y Turismo, Barcelona, Ed. Masson, pp. 15-20, 33-40
- Capel Molina, JJ. (1987). El clima de Andalucía, en Cano, G. (Ed.): Geografía de Andalucía, Sevilla, Ed. Tartessos, 2, (2), pp. 99-186
- Epstein, Y. y Moran, DS. (2006). Thermal Comfort and the heat stress Indices. *Industrial Health* 44 (3), pp. 338-398.
- Fabbri, K. (2015). A brief History of Thermal Comfort: From Effective Temperature to Adaptive Thermal Comfort. En *Indoor Thermal Perception*, Chapter 2. Springer International Publishing, pp. 7-23
- Fernández García, F. (1994). Clima y confortabilidad humana: aspectos metodológicos. Serie geográfica, ISSN 1136-5277, (4), pp.109-125
- García de Pedraza, L. y Reija Garrido, A. (1994). Tiempo y Clima en España: meteorología de las autonomías, Madrid: Dossat, D.L. pp. 309-326
- Gómez Martín, B. (1999). La relación clima-turismo: consideraciones básicas en los fundamentos teóricos y prácticos. *Investigaciones geográficas* (21), pp. 21-34
- López Ontiveros, A (Coord), (2003). Geografía de Andalucía, Barcelona, Ariel, pp. 137-174
- Martín Vide, J. y Olcina Cantos, J. (2001). Climas y tiempos de España, Madrid, Alianza Editorial
- Stathopouliou MI., Cartalis C., Keramitsoglou I., y Santamouris M., (2005). Thermal Remote Sensing of Thom's Discomfort Index (DI): Comparison with in situ measurements. En *Remote Sensing for Enviromental monitoring GIS*

application and Geology, (M Ehlers y, U Mitchel editores), Proc. of SPIE Vol. 5983 5983K, texto manuscrito 8 pág. doi: 10.1117/12.627541

Tejedor, E., Cuadrat, JM., SAZ, MA., Serrano Notivoli, R., López, N. y Aladrén, M. (2016). Islas de calor y confort térmico en Zaragoza durante la ola de calor de julio de 2015. X Congreso Internacional AEC: Clima, sociedad, riesgos y ordenación del territorio. Instituto Interuniversitario de Geografía, Asociación Española de Climatología, pp. 141-151

Thom, EC. (1959). The Discomfort Index. *Weatherwise* 12: pp. 57-67

Yousif, TA. y Ahir HMM. (2013). Application of Thom's Thermal Discomfort Index in Khartoun State, Sudan. *Journal of Forest Products and Industries* 2, pp. 36-38

Viedma Muñoz, M. (1998). Análisis de las direcciones de los vientos en Andalucía. *Nimbus*,1, pp. 153-168

Referencias electrónicas

<http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/valoresclimatologicos?k=and>

<https://www.ecad.eu/dailydata/>

<https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia>

<http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/portalweb/>

http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/servtc2/visorEstadisticas/es.juntadeandalucia.cma.VisorEstadisticas/index.html?grupo=2011&cod=010002&Modo=TABLA&lr=lang_es

*Fe de erratas advertidas

En la carátula de inicio, en el título en inglés donde pone “types of time”, debería aparecer “weather types”.

En el abstract en inglés, en la línea 5, donde pone “dampness” debería aparecer “relative humidity”.

En el abstract en inglés, en la línea 9, donde pone “types of time”, debería aparecer “weather types”.

En la figura 8, página 20, se indica “probabilidad “, cuando debería ser “coeficiente de variación”.