

# CLASIFICACIÓN COMPLEJA Y OBJETIVA DE LOS ESTADOS DEL TIEMPO DIARIOS SEGÚN LA ESTRUCTURA DEL RÉGIMEN TÉRMICO DEL AIRE Y OTROS INDICADORES BIOMETEOROLÓGICOS

David MARTÍN ESTÉVEZ<sup>1</sup>, Luis Bartolomé LECHA ESTELA<sup>2</sup>, Jorge OLCINA CANTOS<sup>1</sup>,  
Pablo FDEZ. DE ARRÓYABE HERNÁNDEZ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Climatología, Instituto Internuniversitario de Geografía, Universidad de Alicante  
<sup>2</sup>CESAM, Villa Clara, Cuba

<sup>3</sup>Departamento de Geografía, Urbanismo y Ordenación del Territorio, Universidad de Cantabria  
[dme5@alu.ua.es](mailto:dme5@alu.ua.es), [lecha@cesam.vcl.cu](mailto:lecha@cesam.vcl.cu), [jorge.olcina@ua.es](mailto:jorge.olcina@ua.es), [pablo.fdezarroyabe@unican.es](mailto:pablo.fdezarroyabe@unican.es)

## RESUMEN

Recientes estudios han permitido demostrar que la estructura del régimen térmico del aire, definida según el comportamiento predominante de las temperaturas máximas y mínimas diarias, constituye un primer paso para evaluar los efectos potenciales de los cambios bruscos del tiempo atmosférico como factor de riesgo para la salud humana. En el presente trabajo se propone un criterio de clasificación compleja de los estados del tiempo diarios (ETD) para su aplicación biometeorológica en el territorio español. Se pone de manifiesto la estrecha relación existente entre los cambios inter-diarios de elevado contraste en el estado del tiempo y el aumento notable en la ocurrencia diaria de algunas enfermedades crónicas no transmisibles. Los resultados obtenidos permiten diseñar un sistema de alerta sanitaria a partir de pronósticos biometeorológicos con la capacidad de prevenir la ocurrencia de condiciones biometeorológicas peligrosas para la salud humana.

**Palabras clave:** Estructura del régimen térmico del aire, Estados del tiempo diario, Pronósticos biometeorológicos, Sistema de alerta sanitaria.

## ABSTRACT

Recent studies have demonstrated that the time and space variations of the air thermal regime, based upon the behavior of daily extreme air temperatures, constitutes a good approach to evaluate the potential effects of abrupt weather changes on human health, and therefore, they may be considered such a significant risk factor for human health. The present work gives the fundamentals for the development of a complex classification criterium of daily weather types (DWT) for its biometeorological use into the Spanish territory. A strong relationship among the occurrence of inter-daily contrasting weather changes and the remarkable daily increase of some chronic non communicable diseases was found. The obtained results allowed the design of an early health alert system, based upon objective models of biometeorological forecasts. This operational system may inform to the medical institutions up to 7 days in advance on the occurrence of dangerous meteorotropic effects. It will permit to mitigate their impacts on the health of the most sensitive groups of the local population.

**Key words:** Structure of the air thermal regime, Daily weather types, Biometeorological forecasts, Early health warning system.

## 1. INTRODUCCIÓN

El clima de un lugar dado se puede definir mediante la frecuencia de los tipos de tiempo observados durante un largo período de tiempo cronológico. Los tipos de tiempo predominantes se asocian con patrones determinados, que vienen impuestos por situaciones sinópticas concretas derivadas de la circulación general de la atmósfera (CGA). Ello imprime, desde el punto de vista geográfico, unas características concretas que se suelen repetir en el tiempo. Por otro lado, el entorno mayoritariamente urbano y altamente antropizado, imprime, igualmente, unas características concretas con capacidad de influir en la modificación de los estados locales del tiempo diario (ELTD). Por lo tanto, los patrones meteorológicos derivados de la circulación general, permiten identificar las situaciones sinópticas que incidirán, junto a las características locales de los estados del tiempo diarios, en la capacidad de influir tanto positiva como negativamente en la salud de las personas.

La climatología compleja, alude al concepto de estado de tiempo, entendido como la: “*condición compleja, única e irreplicable del conjunto de elementos físicos que integran la atmósfera, para un intervalo de tiempo cronológico y lugar dado*”, y ello es, “el estado del tiempo instantáneo” (Lecha y Florido, 1989). La imposibilidad de clasificar infinitos tipos de tiempos (instantáneos) hace que se aplique el concepto de estado del tiempo diario, definido éste como la característica predominante del complejo meteorológico en un intervalo de 24 horas. Ello permite hablar de: días soleados, muy cálidos, lluviosos, con tormentas, muy fríos o la combinación entre ellos.

Por ello, en principio, se parte de la inexistencia de una clasificación única del estado del tiempo, ni desde un punto de vista cronológico, ni conceptual. En este caso, y teniendo en cuenta que uno de los objetivos es ver la influencia del estado del tiempo diario en la salud de las personas, se utilizan los conceptos de “día y noche”, entendidos como los momentos en que una variable fundamental en el estado del tiempo diario, como es la temperatura, puede experimentar variaciones más notables. Es por ello que esta clasificación del estado del tiempo diario se fundamenta en la variabilidad diaria del régimen térmico. Se pondrá atención a las condiciones extremas del tiempo diario como elemento con capacidad para producir impactos destacables en la salud de las personas; y se intentará establecer patrones biometeorológicos asociados al comportamiento de las temperaturas.

También resulta interesante establecer cómo se ha comportado el clima en el siglo pasado, al objeto de tener una referencia clara que nos de un punto de partida. Para ello se analizó el comportamiento de la temperatura en diferentes espacios de nuestra geografía. Espacios representados por los datos recogidos a lo largo del tiempo en estaciones meteorológicas de referencia. Analizamos las tendencias en las anomalías de las temperaturas máximas medias por períodos de treinta años con relación al promedio general de casi todo el siglo pasado. Todas presentan anomalías positivas superiores a 0.5 °C en los subperíodos más recientes, aunque, unas localidades más que otras.

Las temperaturas mínimas muestran también un comportamiento general encaminado al aumento de la variable; pero esta tendencia no resultó tan evidente en los casos analizados. A partir de los resultados obtenidos, inferimos el comportamiento de las temperaturas para distintas poblaciones hasta el año 2100 cada veinte años, empezando en 2020. En algunos lugares las máximas superarían el umbral de los 2 °C. Respecto a las mínimas, sólo Madrid llegaría a ese umbral de los 2 °C.

Las relaciones entre temperatura y su afección a la salud han sido ampliamente estudiadas en la comunidad científica internacional. Trabajos como el del Eurowinter Group (1997), ponen de manifiesto las relaciones entre el frío y mortalidad en determinadas patologías relacionadas con el sistema circulatorio humano en diferentes regiones de Europa. García y Alberdi (2005) analizan la mortalidad en Madrid durante la ola de calor del 2003. Los impactos del calor y la mortalidad han sido ampliamente estudiados, entre otros (Hajat, 2002; Kalkstein *et al.* 1996; Keatingue *et al.* 2000; Kovats y Koppe, 2005). En lo que refiere al frío y sus impactos en la salud, aunque menos, pero también has sido analizados, entre otros autores por (Keatingue y Donaldson, 2004; Healy, 2003; Díaz *et al.* 2005; Miron *et al.* 2012).

## 2. EL PROCESO DE ADAPTACIÓN NATURAL Y SU RUPTURA

La complejidad del sistema fisiológico ha posibilitado que los procesos de adaptación a los cambios de las temperaturas transcurran de forma natural y, salvo excepciones, resulten carentes de apreciación por el sujeto en cuestión. A lo largo de la existencia del ser humano ha habido diferentes cambios atmosféricos donde las temperaturas han experimentado importantes oscilaciones. Ante esas variaciones temporales, el organismo humano, ha respondido adaptándose a esas nuevas situaciones.

Las variaciones temporales de las temperaturas han ido modificando el sistema termorregulador hasta ajustarlo a la nueva realidad. Las distintas escalas temporales son de difícil apreciación por el hombre. El efecto memoria de esos cambios suele ser escaso, y sólo una parte de ellos, somos capaces de recordar a modo de anécdota. Ese vago recuerdo suele ser concreto en el tiempo, debido, sobre todo, a un determinado episodio específico en algún momento dado de nuestra existencia. Pero las temperaturas están en constante cambio. Y por lo tanto, nuestro sistema termorregulador igual (Lecha, 2007). Esas variaciones temporales de las temperaturas ajustan los umbrales de la escala espacial. Con ello dotan a los diferentes espacios geográficos de peculiaridades concretas y perfectamente datadas y clasificadas en forma de climas. Compuestos ellos por el transcurrir diario de unas situaciones concretas que se dan en la troposfera teniendo su reflejo en configuraciones sinópticas en superficie (Martín Vide y Olcina Cantos, 2001).

El sistema termorregulador del ser humano, igual que la fisiología de plantas y animales, se adapta a la realidad vivida y sentida. Por ello, los cambios a largo plazo de las temperaturas, los asumen de forma natural. Pero ante los cambios bruscos, donde se superan ciertos umbrales, el sistema termorregulador debe hacer un importante esfuerzo de adaptación que muchas personas no soportan. Se produce entonces el impacto meteoro-tropical. Ello supone, en los casos leves, la presencia de lesiones corporales concretas, el agravamiento de patologías previas, e incluso, la incapacidad absoluta para superar esos umbrales y como consecuencia la muerte.

El oxígeno es un elemento vital en nuestro ambiente, por su capacidad para influir en la adaptación o la no adaptación de nuestro organismo ante las condiciones atmosféricas cambiantes. La disponibilidad de este gas integrante de nuestra atmósfera en torno al 21% se puede ver influenciado por distintos elementos. La presencia de otros gases como nitrógeno, o monóxido de carbono por ejemplo, pueden desplazar la presencia del oxígeno con mucha facilidad. Con ello, en los ambientes donde eso se produce, las personas que ahí se encuentran pueden sufrir consecuencias muy negativas, incluso pueden llegar a la muerte cerebral por falta de oxígeno, y por lo tanto, la muerte física. La disponibilidad de oxígeno en aire también se puede ver afectada por la combinación de varios elementos atmosféricos combinados. Distintos estudios han analizado la influencia de la variación del volumen de oxígeno en aire y su afección a determinadas personas con patologías en el sistema circulatorio (Ovcharova, 1981).

Por otro lado, la presencia de altas temperaturas supone una menor densidad de la masa atmosférica en la que se integran, por ello, esa masa atmosférica tiende a expandirse y debido a la menor densidad a elevarse. Ello no hace que se modifique el porcentaje de oxígeno en aire, que sigue en torno a ese 21%, pero sí que, al ser más liviana la masa, existe una menor disponibilidad de moléculas de ese gas y de los demás gases que la componen, con lo que nuestro organismo deberá hacer un trabajo superior para asimilar el oxígeno que necesita nuestro metabolismo. Un ejemplo de ello es la disponibilidad de oxígeno a unos cinco mil metros de altitud, ahí resulta la mitad de la que existe al nivel del mar (Olcina Cantos y Martín Estévez, 2012). El efecto contrario sucede con bajas temperaturas que posibilitan una mayor concentración de moléculas de todos los gases que componen nuestra atmósfera, incluido el oxígeno. Es por ello que la presencia de contrastes importantes en las temperaturas puede posibilitar la modificación en volumen del oxígeno disponible, y ello, suponer impactos a la salud de personas concretas debido a la realización de ese esfuerzo extraordinario para asimilar el exceso o la falta de oxígeno por nuestro organismo.

### 3. METODOLOGÍA Y DATOS

#### 3.1. Método

Se aplica, en este estudio, una metodología fundamentada en la estructura del régimen térmico del aire (Lecha y Florido, 1989) adaptada para España por Martín y Lecha. Se utiliza una tabla de doble entrada donde se recogen las temperaturas máximas en las columnas y las temperaturas mínimas en las filas. Se agrupan las mismas en intervalos de 5 °C. Las filas se nominan de arriba abajo con una letra empezando por la “A” y acabando en la “G”. Las columnas se nominan con números de izquierda a derecha empezando por el “1” y acabando en el “7”. De ello resultan 49 intervalos de interconexión con la combinación de una letra y un número como se aprecia en la tabla 1.

Mínimas	Temperaturas máximas diarias						
	<= 10.0	<=15.0	<=20.0	<=25.0	<=30.0	<=35.0	>35.0
>20.0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
<=20.0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
<=15.0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
<=10.0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
<=5.0	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
<=0.0	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
<= -5	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7

TABLA 1: *Análisis diferencial del complejo temperatura máxima-mínima en España.*

Para aplicar los diferentes resultados se propone la leyenda de la siguiente tabla 2.

Color	Denominación	Intervalos incluidos
	Sofocante	A7
	Muy cálido	A5, A6, B6, B7, C7
	Cálido	A4, B4, B5, C5, C6, D6, D7
	Templado	B3, C3, C4, D4, D5, E5
	Fresco	C2, D2, D3, E3, E4, F4
	Frío	D1, E1, E2, F2, F3, G3
	Muy frío	F1, G1, G2
	Especial	E6, E7, F5, F6, F7, G4, G5, G6, G7
	Imposible	A1, A2, A3, B1, B2, C1

TABLA 2: Leyenda para el procesamiento de los datos.

#### 3.2. Datos

En este trabajo analizamos las temperaturas máximas y mínimas de más de 100 observatorios diferentes a lo largo de la geografía española. Establecemos series temporales de temperaturas, no sólo fundamentadas en los sub-períodos normales de estudio de treinta años según (OMM, 1996), sino que estudiamos períodos decenales, quinquenales y anuales. Nuestro objetivo es intentar datar los cambios acontecidos en los diferentes territorios. Buscamos con ello establecer el período más significativo en cuanto a la modificación del complejo térmico para, a partir de él, establecer umbrales en diferentes entornos territoriales con características físico-geográficas similares.

Las series de datos diarios y mensuales existentes, con más de 90 años de observaciones, desde 1921 hasta el 2010, permitió realizar un detallado estudio de sus tendencias, así como calcular las frecuencias de ocurrencia de los intervalos de interconexión del complejo máxima – mínima por sub-periodos normales de 30 años, decenios, años, meses y estaciones.

Los datos fueron sometidos a un riguroso control de calidad, según los procedimientos básicos establecidos en la Guía de Prácticas Climatológicas de la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 1998) y también aplicando los métodos propuestos por Drozdov (1957), con el fin de detectar posibles errores, por ejemplo: mínimas mayores que las máximas en el mismo día, y muy especialmente, para rellenar las faltas temporales de información y estandarizar los datos a un período común.

Para rellenar los datos faltantes se calcularon los coeficientes de correlación lineal de las temperaturas máximas y mínimas entre grupos de estaciones vecinas Fig. 1. Previamente se seleccionaron entre 3 y 4 años de datos comunes sin faltas de información (aproximadamente 1500 casos), lo que aseguró la confiabilidad de las estimaciones. Cada localidad con faltas de información se rellenó a partir de la ecuación de regresión lineal con la estación vecina que mejor correlación tenía, aunque, en algunos casos, fue necesario utilizar la segunda o tercera estación vecina con mejor correlación, para evitar rellenar una serie de datos a partir de datos, que a su vez, ya habían sido rellenados. No obstante, en todos los casos, la representatividad estadística de los cálculos fue muy elevada, como se demuestra más adelante.

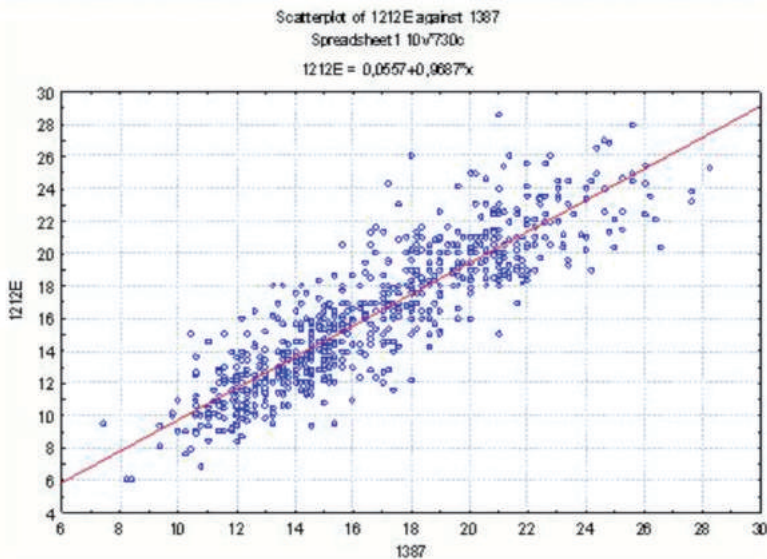


FIG. 1: Diagrama de dispersión y ecuación de regresión lineal para el rellenado de los datos.

En los casos de las series que tenían rupturas o cambios en el emplazamiento de la estación, se aplicó el Análisis de Rachas (Freund, J.E., 1972) para identificar la presencia de saltos o discontinuidades en los registros que pudieran afectar su representatividad. Las series que no presentaron problemas de representatividad y pertenecían a estaciones reubicadas o cercanas fueron unidas en una sola, como sucedió con las estaciones de Gijón (1208 y 1208H), Ávila (2444 y 2444-C), Santander (1110 y 1111), Ceuta (5000-A y 5000-C), Guadalajara (3168-A y 3168-C), Huelva (4605 y 4642-E), Jaén (5270 y 5270-B), Lleida (9771 y 9771-C), Ourense (1690-A y 1690-B) y Toledo (3259 y 3260-B).

De esta forma se ha podido disponer de datos confiables de seis localidades con series muy largas de 90 años de datos diarios de las temperaturas extremas del aire, correspondientes al período estandarizado 1921-2010, a saber: Barcelona, Santander, Madrid, Toledo, Daroca y Tortosa. Con ellas

se hicieron importantes valoraciones sobre las tendencias del régimen térmico en España y sus variaciones multianuales. Las series largas fueron subdivididas en siete sub-períodos más cortos de treinta años por un lado y nueve decenios por otro. Los sub-períodos normales de treinta años quedaron anidados sucesivamente (1921-50; 1931-60;...1981-2010), no así los decenios que se escogieron consecutivamente.

Sin embargo, seis estaciones, es una cantidad muy pequeña de puntos de observación para hacer inferencias sobre el comportamiento del régimen térmico en un territorio tan amplio como el que abarca España, por lo que se preparó otro juego de estaciones de referencia con datos completos y estandarizados para el período 1961-2010, con el cual se pudo evaluar mucho mejor el comportamiento de las tendencias presentes en las series largas y calcular con más precisión la magnitud de las notables anomalías positivas que se observan en los años más recientes.

Ello ha significado procesar una amplia base de datos integrada por 104 estaciones, de las que se utilizaron finalmente 93 emplazamientos con 2 variables y 30 años de datos diarios para el período de trabajo 1981-2010; 26 localidades con 2 variables y 50 años de datos diarios para el período 1961-2010; más 6 estaciones con 2 variables y 90 años de datos diarios para el período 1921-2010, equivalente en total a unos 3.5 millones de números. Durante el procesamiento de la base de datos se utilizó distinto *software*: MS Excel (2010), Statistica versión 8.0 (2007) y un programa propio elaborado por Lugo (2008) en lenguaje C# para el análisis diferencial del complejo temperatura máxima – mínima.

#### 4. RESULTADOS

Se han analizado las tendencias presentes en las series más largas; Barcelona (Fabra), Santander (centro), Madrid (3195), Toledo, Daroca y Tortosa. Las anomalías de las temperaturas máximas medias en los siete sub-períodos normales de 30 años correspondientes a las estaciones con series de 90 años, con relación al promedio general desde 1921 a 2010, muestran una tendencia generalizada al aumento en los dos sub-períodos más recientes, siendo esta tendencia más pronunciada en Toledo y menos en Santander, pero todas tienen anomalías positivas superiores a 0.5°C.

Por decenios, el comportamiento de las anomalías de esta misma variable muestra una mayor tendencia al aumento, y son notables las anomalías positivas de los últimos tres decenios en localidades como Barcelona, Toledo, Daroca y Tortosa.

Para estimar la tendencia general presente en las temperaturas máximas de estas series largas se ha buscado una función de mejor ajuste al comportamiento anual de las anomalías de cada estación, encontrando una respuesta adecuada en el ajuste lineal. Los resultados del modelo obtenido se reflejan en la Tabla 3.

Años	Aumento estimado de la temperatura máxima media anual en °C					
	Barcelona	Santander	Madrid	Toledo	Daroca	Tortosa
2020	<b>0.19</b>	<b>0.13</b>	<b>0.15</b>	<b>0.17</b>	<b>0.19</b>	<b>0.25</b>
2030	<b>0.38</b>	<b>0.25</b>	<b>0.31</b>	<b>0.35</b>	<b>0.38</b>	<b>0.51</b>
2040	<b>0.58</b>	<b>0.38</b>	<b>0.46</b>	<b>0.52</b>	<b>0.57</b>	<b>0.76</b>
2050	<b>0.77</b>	<b>0.50</b>	<b>0.61</b>	<b>0.70</b>	<b>0.76</b>	<b>1.01</b>
2100	<b>1.92</b>	<b>1.25</b>	<b>1.53</b>	<b>1.74</b>	<b>1.90</b>	<b>2.53</b>

TABLA 3: *Anomalías estimadas de la temperatura máxima media anual en diferentes entornos del territorio Español.*

Las temperaturas mínimas muestran también un comportamiento general en los sub-períodos de treinta años mostrando un aumento de la variable, aunque esta tendencia no resulta tan evidente en todos los casos. Por decenios, se mantienen las mismas características de aumento.



El mismo análisis lo repetimos pero ampliado a 26 estaciones durante un período de referencia de 50 años, comprendidos entre 1961 y 2010. Como se observa en la Fig. 2, las anomalías decenales de la temperatura mínima, sin duda, resultan positivas en los decenios más recientes en la gran mayoría de las localidades, incluso, muestran en ciertos puntos valores muy elevados, superiores a 1.4°C como sucede en Sevilla (5783) en el decenio 2001-2010.

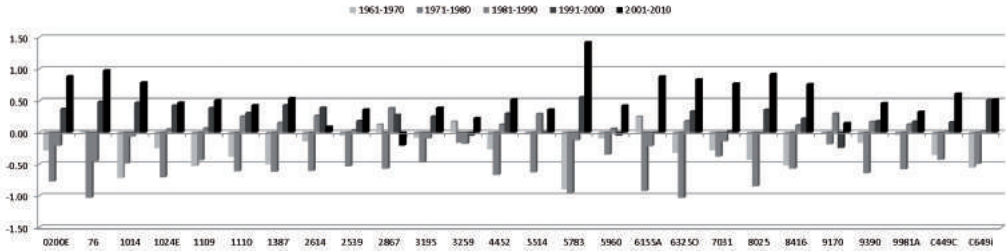


FIG. 2: Anomalías de la temperatura mínima por decenios en localidades de referencia.

El análisis conjunto de las anomalías de las temperaturas extremas del aire para toda España, utilizando las 26 series de referencia, apunta de forma inequívoca la tendencia general al aumento de las dos variables en los tres últimos decenios, pero muy especialmente en el más reciente y estando algo más acentuada esa tendencia en las temperaturas máximas (Fig. 3).

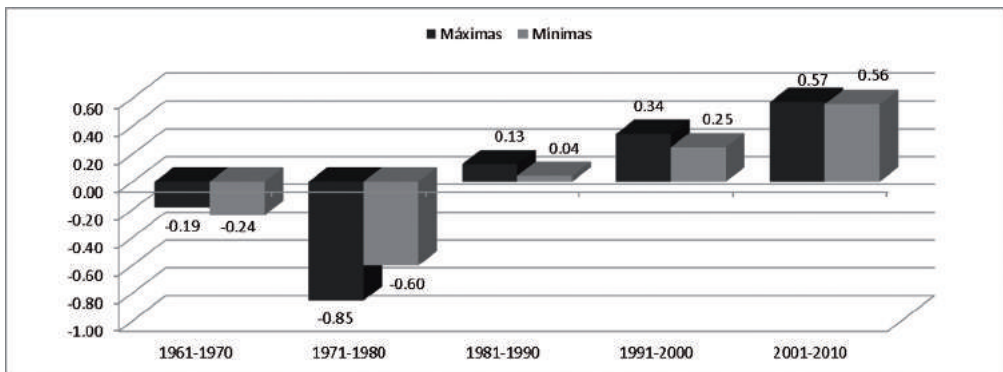


FIG. 3. Anomalías para toda España de las temperaturas máximas y mínimas por decenios.

Igual que para las anomalías anuales de la temperatura máxima, se presenta lo mismo para las anomalías de las mínimas medias anuales como se observa en la Tabla 4.

Años	Aumento estimado de la temperatura mínima media anual en °C					
	Barcelona	Santander	Madrid	Toledo	Daroca	Tortosa
2020	0.09	0.13	0.25	0.03	0.12	0.01
2030	0.18	0.27	0.50	0.06	0.23	0.01
2040	0.27	0.40	0.75	0.08	0.35	0.02
2050	0.36	0.53	1.00	0.11	0.46	0.03
2100	0.82	1.20	2.24	0.25	1.04	0.06

TABLA 4: Anomalías estimadas de la temperatura mínima media anual en diferentes entornos del territorio Español.

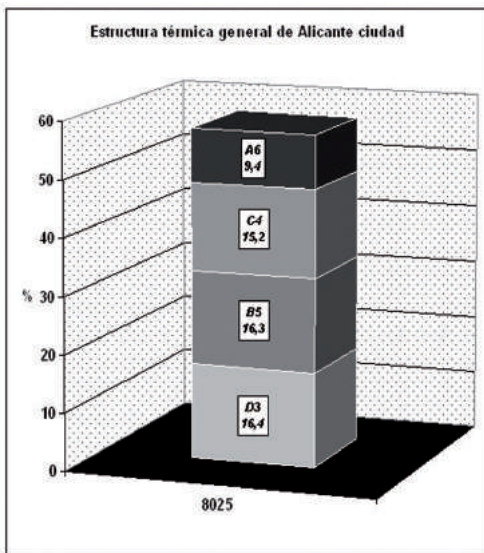
En referencia al comportamiento local de la estructura general del régimen térmico anual en España, se presenta en la tabla 5 la ciudad de Alicante (8025) como ejemplo.

T. Mínimas	Temperaturas Máximas						
	<= 10.0	10.1-15.0	15.1-20.0	20.1-25.0	25.1-30.0	30.1-35.0	> 35.0
>20.0				1	625	1029	43
15.1 - 20.0			14	385	1789	430	7
10.1 - 15.0		20	571	1663	514	9	0
5.1 - 10.0	5	319	1795	773	28	2	0
- 5.0	20	247	614	28	0	0	0
-4.9 - 0.0	6	18	2	0	0	0	0
<= -5.0	0	0	0	0	0	0	0

TABLA 5. Estructura general del complejo máxima-mínima en Alicante.

Ello nos ha permitido diferenciar la variabilidad del régimen térmico característica de esa ciudad. Corresponde a los 10957 casos que hacen referencia a todos los días de los treinta años 1981-2010 tomados como referencia.

La estructura general del complejo máxima-mínima se determina mediante los intervalos de interconexión predominantes que alcanzan el 10% o más de frecuencia, siendo el primero de ellos la categoría dominante; la combinación del primero y el segundo define el tipo; y las combinaciones sucesivas, hasta considerar todos los intervalos que superaron el 10%, conforman los subtipos de la estructura. Así, los resultados de Alicante dan lugar a la siguiente estructura: la categoría (D3), dada por el intervalo predominante, se corresponde con días cuya máxima está entre 15.1°C y 20.0°C y las mínimas están entre 5.1°C y 10.0°C; el tipo se define por la combinación D3-B5 y como subtipo hay uno solo, dado por la combinación D3-B5-C4. Por el momento aún no se puede analizar el comportamiento estacional del régimen térmico, pues sólo se valora la estructura general que predomina en toda la muestra.



<b>MUY CÁLIDO</b> <b>A6</b>	<b>Máximas</b> 30.1-35
	<b>Mínimas</b> >20
<b>TEMPLADO</b> <b>C4</b>	<b>Máximas</b> 20.1-25
	<b>Mínimas</b> 10.1-15
<b>CÁLIDO</b> <b>B5</b>	<b>Máximas</b> 25.1-30
	<b>Mínimas</b> 15.1-20
<b>FRESCO</b> <b>D3</b>	<b>Máximas</b> 15.1-20
	<b>Mínimas</b> 5.1-10

FIG. 4. Estructura general del régimen térmico en la ciudad de Alicante.



Establecida la estructura del régimen térmico para un punto concreto, podemos definir una relación entre esta estructura y el comportamiento de los tipos de situaciones sinópticas que afectan a ese lugar a lo largo del año. Como consecuencia y derivada de ello, en superficie, se presenta un estado del tiempo concreto fundamentado en el régimen térmico. Para el caso de la ciudad de Alicante, se ha incluido el subtipo A6 por la importancia relativa que este intervalo representa cerca del 10%. Podemos identificar, en una primera aproximación, una situación sinóptica que posibilita la presencia de días dentro de cada intervalo de interconexión que conforman la estructura del régimen térmico en Alicante. Se recogen en la Fig. 5 el tipo de situación sinóptica y el estado de tiempo percibido en superficie integrado en cada parte de la estructura del régimen térmico y derivado del mismo.

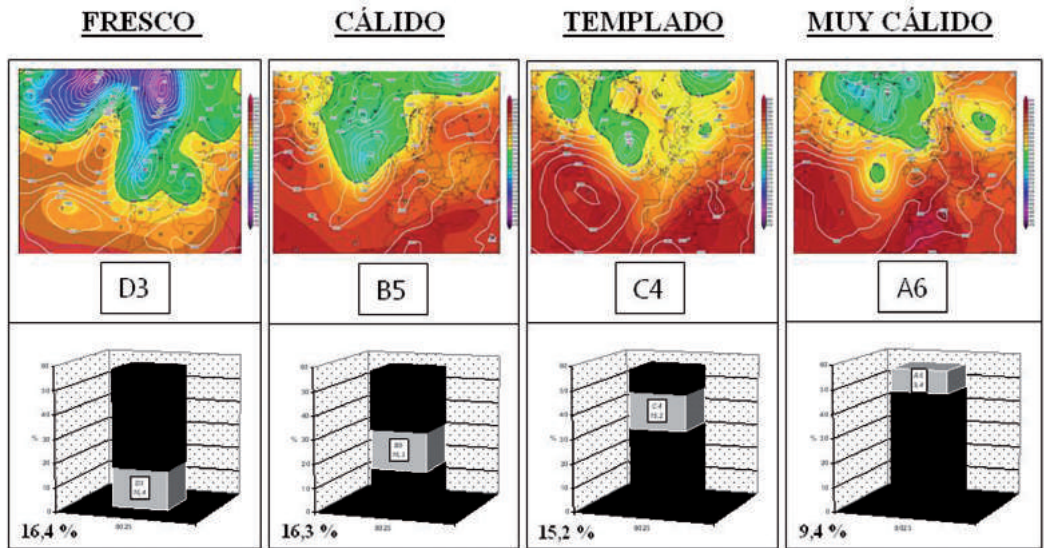


FIG. 5: Tipos de situación sinóptica y relación con la estructura del régimen térmico en la ciudad de Alicante.

## 5. CONCLUSIONES

El proceso de control de calidad realizado a los datos originales permite ahora disponer de datos homogéneos y representativos para 94 localidades de España, de ellos 6 con series completas muy largas de 90 años, 27 con series de referencia, estandarizadas para el período de 1961 a 2010, y el resto con valores del período de 30 años más reciente (1981-2010) que puede utilizarse como representativo del estado actual de adaptación termo-fisiológica de la población local.

Una vez analizado buena parte del siglo XX y vistas las anomalías detectadas se infiere un aumento en las temperaturas hasta el año 2100, tanto para las máximas como para las mínimas. Los datos apuntan a un claro aumento de las mismas en la última parte del siglo en coherencia con otros métodos aplicados en diferentes estudios a nivel global. Ello es coincidente con la dinámica socioeconómica en crecimiento del último tercio de siglo unido a una mayor presencia de materiales utilizados en el crecimiento urbanístico de nuestras ciudades. Hasta el año 2010, la tendencia general al aumento de las dos variables en los tres últimos decenios es clara, estando algo más acentuada esa tendencia en las temperaturas máximas que en las mínimas.

El comportamiento del régimen térmico en Alicante, como área experimental de análisis, es analizado con carácter anual para el período de estudio de treinta años 1981-2010. El mayor intervalo corresponde con la categoría “D3” catalogado como fresco, seguido del “B5” que corresponde a cálido, “C4” templado y “A6” muy cálido. Al objeto de mayor precisión se abordará en próximos

estudios el comportamiento tanto mensual como estacional, ello sin duda, además de presentar un mayor detalle, recogerá un comportamiento más riguroso lo que permitirá hacer análisis cruzados con otras variables al objeto de establecer un índice biometeorológico que relacione estados de tiempo y estados de salud.

Se pone en relación tipos de situaciones sinópticas que pueden derivar en el comportamiento de la estructura del régimen térmico en la ciudad de Alicante. Se corresponderían de la siguiente manera:

- Fresco (D3): vaguadas de aire ártico marítimo; vaguadas de aire polar continental; vaguadas profundas de aire polar marítimo.
- Cálido (B5): dorsales de aire tropical marítimo.
- Templado (C4): situaciones mixtas vaguada/cresta o vaguadas de aire polar marítimo poco profundas.
- Muy cálido (A6): cresta de aire sahariano y situaciones con viento de poniente en el litoral mediterráneo.

Se ha propuesto la temperatura y, concretamente su modificación brusca, como elemento que influye directa e indirectamente en el estado de la salud. La variación del volumen de oxígeno en aire, se convierte en un elemento muy importante que incide directamente en la salud, sobre todo, en personas con patologías previas y relacionadas con el sistema circulatorio. De ahí la importancia de establecer la estructura del régimen térmico. A partir de ello, podremos, una vez aumentada la escala de estudio, y aplicada a los diferentes meses o a los períodos estacionales, establecer patrones directos entre el reflejo de esa estructura térmica en el estado local del tiempo diario de un sitio concreto y los impactos en la salud de las personas incluidas en determinados grupos de riesgo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Díaz, J. *et al.* (2005). Mortality impact of extreme winter temperatures. *International Journal of Biometeorology*, pp. 179-183.
- Drozdv, O.A. (1957). *Métodos para el procesamiento de los datos meteorológicos* [en ruso]. Ed. Hidrometeorológica, Leningrado; 235 pp.
- Eurowinter Group (1997). Cold exposure and winter mortality from ischaemic heart disease, cerebrovascular disease, respiratory disease, and all causes in warm and cold regions of Europe. *Lancet*, 349, pp. 1341-1346.
- Freund, J.E. (1972). Estadística elemental moderna. Ed. Inst. Cubano del Libro, La Habana; 466 pp.
- García, J.C. y Alberdi, J.C. (2005). Mortalidad en la ciudad de Madrid durante la ola de calor del verano de 2003. *GeoFocus*, 5, pp. 19-39.
- Hajat, S. *et al.* (2002). Impact of hot temperatures on death in London: a time series approach. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 56, pp. 367-372.
- Healy, J.D. (2003). Excess winter mortality in Europe: a cross country analysis identifying key risk factors. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 57, pp. 784-789.
- Kalkstein, L.S. *et al.* (1996). The Philadelphia hot weather-health watch/warning system: development and application, summer 1995: *Bulletin of the American Meteorological Society*, 77(7), pp. 1519-1528.
- Keatinge, W.R. *et al.* (2000). Heat related mortality in warm and cold regions of Europe: observational study. *British Medical Journal*, 321, pp. 670-673.
- Keatinge, W.R. y Donaldson, G.C. (2004). Winter mortality in elderly people in Britain. *British Medical Journal*, 329, p. 976.
- Kovats, R.S. y Koppe, C. (2005). Heat waves: past and future impacts on health, *in* Ebi, K. L., Smith, J.B. y Burton, I. (Eds.): *Integration of Public Health with Adaptation to Climate Change*. Taylor & Francis, Leiden, pp. 136-160.
- Lecha Estela, L. (2007). "Pronósticos para la mitigación de los impactos del tiempo sobre la salud humana", *Simposio Cambio Climático y Salud*. VI Congreso Nacional de Epidemiología e Higiene. La Habana, Cuba.

- Lecha, L. y A. Florido (1989). *Principales características climáticas del régimen térmico del archipiélago cubano*. Ed. Academia, La Habana; 56 pp.
- Lugo, D. (2008). Programa en lenguaje C# para el análisis diferencial del complejo temperatura máxima – mínima. Centro de Estudios y Servicios Ambientales de Villa Clara, Santa Clara, Cuba.
- Martin Vide, J. y Olcina Cantos, J. (2001). *Climas y tiempos de España*. Alianza Editorial, pp. 258, Madrid.
- Miron, J.I. *et al.* (2012). Intense cold and mortality in Castile-La Mancha (Spain): study of mortality trigger thresholds from 1975 to 2003. *International Journal of Biometeorology*, pp. 145-152.
- Olcina Cantos, J. y Martín Estévez, D. (2012). Variaciones en la densidad del oxígeno en el aire y su influencia en la salud humana. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, N° 58, pp. 7-32.
- Organización Meteorológica Mundial (1998). *Guía de prácticas climatológicas*. Cap. V; 43:65.
- Ovcharova, V.F. (1981). “*Calculation of oxygen content in the air on the basis of meteorological parameters (pressure, temperature and humidity) for the prediction of the effects of hypoxic conditions*” *Rev. Climatotherapy problems, Physiotherapy and Physical Culture*, 2, Moscú, pp. 29-34, (in Russian).
- Web AEMET: <http://www.aemet.es/es/servidor-datos/acceso-datos>

