

# SEGUIMIENTO DE LAS OSCILACIONES TÉRMICAS EN CATALUÑA EN 2014

Beatriz Téllez Jurado

Delegación Territorial de AEMET en Cataluña

*RESUMEN: En los estudios climáticos que se elaboran a partir de un gran volumen de información se suelen identificar tres partes: obtención y depuración de datos, operaciones y cálculos matemáticos y visualización de los resultados. La importancia de las dos primeras es obvia, ya que de ellas se derivará la calidad del estudio. Sin embargo, la visualización de los resultados no lo es menos. En muchos casos, una determinada presentación permite obtener conclusiones que de otra forma pueden quedar enmascaradas y pasar inadvertidas.*

*Este trabajo presenta las variaciones térmicas de Cataluña en 2014 con diferentes resoluciones temporales. En primer lugar se muestra la variación interanual de la temperatura media entre 1940 y 2014, cuyos valores se obtienen promediando las correspondientes matrices anuales. A continuación, para el año 2014 se representan las diferencias entre las temperaturas medias mensuales y los correspondientes valores de referencia del periodo 1981-2010. Por último, para analizar la variabilidad térmica de 2014 con mayor detalle, se representan las anomalías térmicas de las temperaturas máximas diarias de todas las estaciones de Cataluña ordenadas en función de su altitud. Las anomalías diarias se obtienen a partir del correspondiente valor de referencia diario, obtenido aplicando la transformada de Fourier a los valores de referencia mensuales. Algunos detalles significativos resaltados por esta representación son las irrupciones de masas de aire cálido y frío, los episodios de estabilidad térmica, los eventos extremos y su duración, las inversiones térmicas, etc. La exposición conjunta de varios años permite una rápida comparación entre ellos y la visualización de posibles desfases estacionales de unos años con respecto a otros. Esta representación puede completarse con gráficas similares obtenidas a partir de otras variables, como la amplitud térmica diaria.*

## 1. INTRODUCCIÓN

La península ibérica está situada en una encrucijada de caminos de masas de aire de distinto origen y características. Esto es debido a varios factores: la franja latitudinal en la que se encuentra (frontera entre masas de aire polares y subtropicales), su ubicación al oeste del continente euroasiático (con temperaturas suavizadas por la corriente del Golfo), la proximidad al continente africano, y la situación geográfica entre el océano Atlántico y el mar Mediterráneo. A lo largo del año, la Península, y por ende Cataluña, se ve afectada por masas de aire de origen diverso y de características dispares (JANSÁ, 2002; MARTÍN VIDE, 2010).

La advección de una masa de aire u otra sobre la Península está relacionada con factores muy complejos e interrelacionados entre sí: astronómicos, el emplazamiento de los grandes centros de acción (anticlón de las Azores, depresión de Islandia...), los modos de variabilidad de baja frecuencia (NAO, ENSO...), la oscilación cuasibienal, y otros con un alto porcentaje de aleatoriedad. Todo esto contribuye a que la evolución interanual de los registros de temperatura tenga un alto grado de variabilidad. Por otra parte, la disposición y la orientación geográfica de los elementos orográficos modulan los efectos de las distintas masas de aire sobre la temperatura. Así, en Cataluña, los Pirineos suavizan los efectos térmicos de las masas de aire procedentes de Europa y la doble estructura del sistema litoral y prelitoral actúa como barrera de la influencia marítima hacia las tierras del interior (SIGRÓ RODRÍGUEZ, 2004).

El estudio de la variabilidad térmica de una región debe comenzar con la elección de la escala temporal. Dependiendo de la escala seleccionada quedarán enmascaradas unas características y resaltadas otras. Así, una resolución mensual sintetizará las variaciones térmicas de este periodo, pero ocultará las perturbaciones de periodicidad inferior. Un mismo estudio con escalas temporales distintas permite extraer resultados complementarios y, por tanto, ampliar la óptica del problema (GUTIÉRREZ PUEBLA, 2001).

En este trabajo se muestra la variabilidad térmica en Cataluña a lo largo del año 2014 mediante representaciones gráficas con escalas temporales diferentes: anual, mensual y diaria. Primero se muestra la evolución interanual de la temperatura media en Cataluña desde 1940 hasta 2014. A continuación, para evaluar las variaciones térmicas mensuales se representa la diferencia de las temperaturas medias mensuales con las correspondientes al periodo de referencia 1981-2010. Y por último, se representan las anomalías térmicas de las temperaturas máximas diarias de todas las estaciones

de Cataluña ordenadas en función de la altitud. La exposición de datos diarios resalta las perturbaciones térmicas con orden de magnitud de días y permite visualizar las irrupciones de masas de aire cálidas o frías, los eventos extremos y diferenciar los periodos de estabilidad térmica frente a otros más inestables, así como su duración. En definitiva, se muestran las oscilaciones de temperatura desde ópticas diferentes, obteniendo así una visión de conjunto que ayuda a interpretar la huella termométrica de la dinámica atmosférica sobre Cataluña.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Cálculo de matrices de temperaturas medias mensuales y anuales

En trabajos previos se habían obtenido las matrices de valores mensuales normales de temperatura en Cataluña en los puntos de una rejilla de 0,005° de resolución. A partir de los valores de referencia del periodo 1971-2000 calculados por TERRADELLAS (2008) se elaboraron estas matrices siguiendo la metodología de TÉLLEZ y otros (2008). Esta metodología consiste en una combinación de métodos estadísticos y técnicas geoestadísticas de interpolación en la que se tiene en cuenta la dependencia de las variables climáticas con parámetros fisiográficos tales como altitud o distancia al mar. Con ello se dispone de valores medios mensuales en cualquier punto del territorio.

Partiendo de estos resultados previos, se calculan las diferencias de temperatura de cada estación con los valores normales correspondientes y se interpola a los puntos de rejilla, obteniéndose así una matriz de anomalías. Por último, las matrices mensuales se calculan a partir de la suma de las matrices de anomalías y la de los valores normales, y la matriz anual a partir de las mensuales. Este método ofrece resultados más realistas que la interpolación directa de temperaturas debido a que las anomalías térmicas presentan variaciones espaciales más suaves que las propias temperaturas.

El valor medio anual de temperatura para Cataluña se ha obtenido mediante el promediado de los valores de la matriz de temperatura media anual. El promediado se realiza ponderando los valores con un peso proporcional al área representada, que en un sistema de coordenadas geográficas depende de la latitud.

### 2.2. Cálculo de valores mensuales de referencia para el periodo 1981-2010

Recientemente, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) ha propuesto que el periodo de referencia para evaluar las incidencias climáticas actuales sea el comprendido entre 1981 y 2010. Las matrices de referencia actualizadas se han obtenido promediando las matrices mensuales correspondientes a este periodo. En las nuevas matrices sigue quedando reflejada la influencia de los factores fisiográficos en las temperaturas normales. No obstante, el método para obtenerlas se basa en la hipótesis de que esta influencia no ha variado. Los valores mensuales normales de temperatura se han validado mediante la comparación con otros calculados a partir de series climáticas (AEMET, 2012). Finalmente, el promedio espacial de las matrices de referencia proporciona las temperaturas medias mensuales de referencia para Cataluña.

### 2.3. Cálculo de valores de referencia diarios

En cada estación termométrica se dispone de 12 valores normales mensuales de temperatura media de las máximas diarias (y 12 de temperatura media de las mínimas) interpolados bilinealmente a partir de los puntos de rejilla. Es decir, de un conjunto de datos

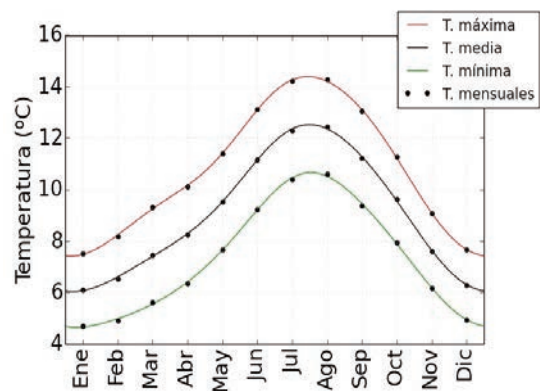


Figura 1. Temperaturas diarias de referencia para la estación de Barcelona obtenidas a partir de los valores mensuales normales del periodo 1981-2010. Los puntos representan las temperaturas medias mensuales y las líneas roja, negra y verde las temperaturas máxima, media y mínima diarias respectivamente.

distribuidos en intervalos regulares a lo largo de un eje temporal que abarca un año. El problema, puramente matemático, consiste en encontrar una función  $f(t)$  que se ajuste a estos puntos. Para resolverlo se ha utilizado el análisis de Fourier y, más concretamente, la Transformada Rápida de Fourier (FFT). Ello implica aceptar la premisa de que la temperatura máxima (mínima) diaria normal es una función periódica y que se puede aproximar a una combinación lineal de ondas sinusoidales. Una vez obtenida la función correspondiente a cada estación, se puede calcular el valor de la temperatura de referencia para cualquier día del año. La figura 1 muestra el ajuste obtenido para la estación de Barcelona.

#### 2.4. Estaciones utilizadas en las gráficas de anomalías diarias

Se han utilizado temperaturas diarias de 2014 procedentes de la base de datos climatológica de AEMET, descartando las estaciones con más del 25 % de días sin datos. De este modo, las gráficas de anomalías diarias se han construido a partir de valores procedentes de 188 estaciones con altitudes comprendidas entre 0 y 2167 m. Estas estaciones no están distribuidas uniformemente en función de la altitud (figura 2). Las estaciones con altitudes inferiores a 250 m representan el 40 % del total. Están ubicadas en la línea de costa, en las proximidades de la depresión litoral, en el interior de Lleida y bordeando el curso bajo del río Ebro. Las estaciones situadas entre 250 y 1000 m representan el 53 %. Están diseminadas por las sierras prelitorales, depresiones del interior y laderas del Pirineo. Por último, las estaciones con altitudes superiores a 1000 m están emplazadas, salvo una en el Montseny, en las comarcas pirenaicas.

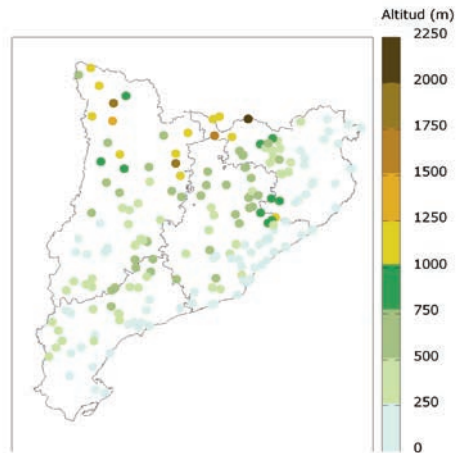


Figura 2. Ubicación y altura de las estaciones utilizadas en la representación de las anomalías diarias.

## 2. REPRESENTACIÓN DE LAS TEMPERATURAS Y SUS OSCILACIONES EN 2014

El año 2014 ha sido calificado por la OMM como el más caluroso del que se tiene registro. Concretamente en Cataluña, ha sido el tercero más cálido de los últimos 75 años, con una temperatura

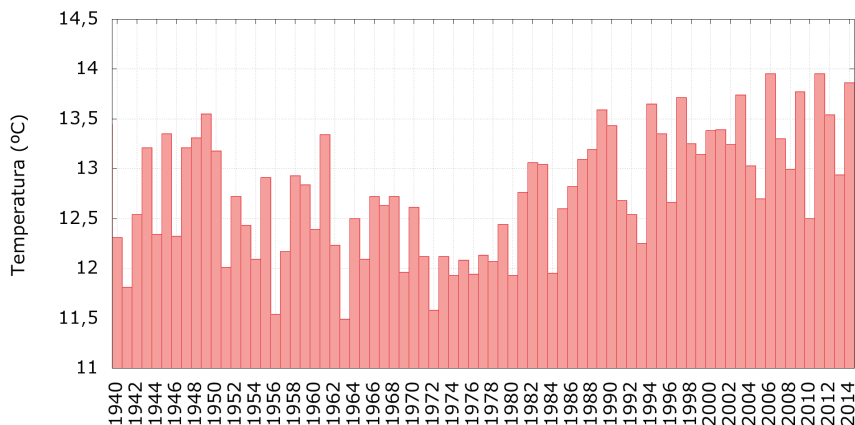


Figura 3. Serie de temperaturas medias anuales en Cataluña.

media de 13,9 °C, ligeramente inferior a la de los años 2011 y 2006. Hay que destacar que los cinco años más cálidos se han dado en el siglo XXI. La figura 3 muestra la variabilidad interanual de la temperatura media de Cataluña desde 1940.

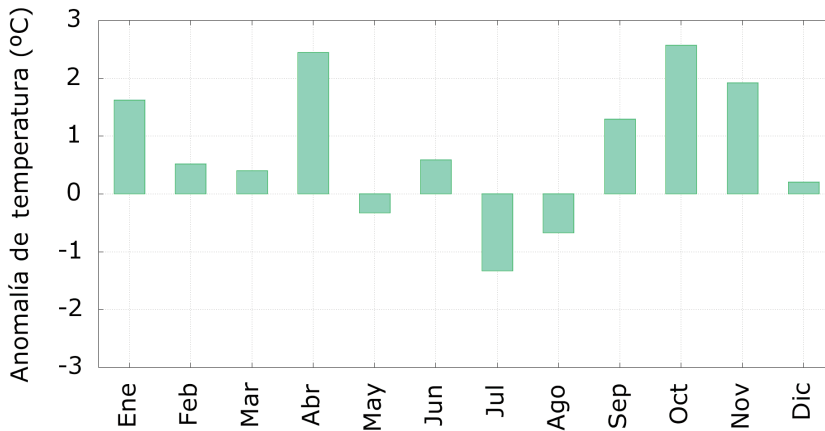


Figura 4. Anomalía de las temperaturas medias mensuales de 2014 con respecto al periodo de referencia 1981-2010.

La diferencia de la temperatura media anual de Cataluña con respecto al valor de referencia del periodo 1981-2010 ha sido de +0,8 °C. A lo largo del año, las diferencias de las temperaturas medias mensuales con los correspondientes valores de referencia varían de unos meses a otros. La figura 4 muestra estas diferencias mensuales a lo largo del año 2014. El rango de valores ha oscilado entre -1,3 °C en el mes de julio y +2,6 °C en el de octubre, superándose nueve meses los valores de referencia del periodo 1981-2010. Octubre, con una temperatura media en Cataluña de 16,7 °C ha sido el octubre más cálido desde 1940 y las temperaturas de abril (13,5 °C) y noviembre (10,9 °C) han sido también unas de las más altas de sus respectivas series mensuales iniciadas el mismo año.

Para obtener una imagen más detallada de las oscilaciones térmicas que se han producido en Cataluña a lo largo de 2014 es necesario ampliar tanto la resolución espacial como la temporal. La

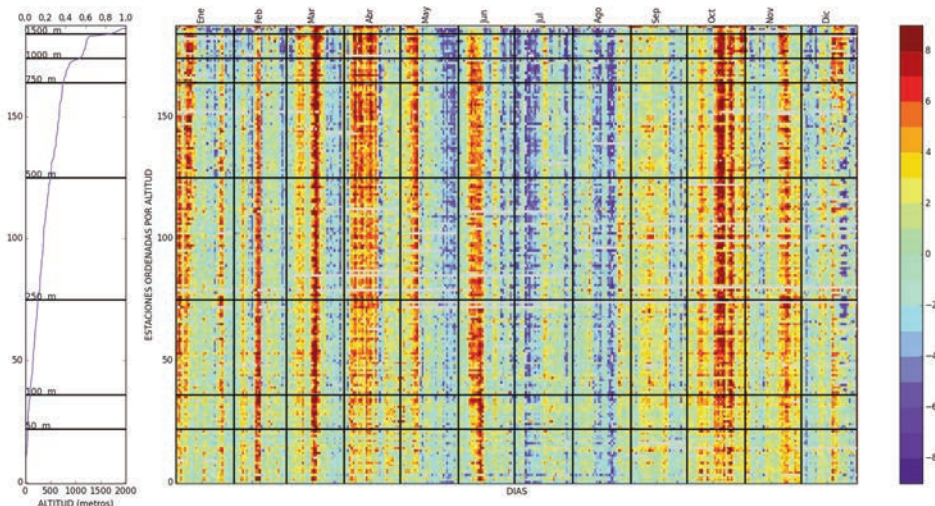


Figura 5. Anomalías de temperatura máxima diaria para el año 2014 en 188 estaciones de Cataluña ordenadas por orden creciente de altitud. Cada columna representa un día y cada fila una estación. A la izquierda puede verse la altitud de las estaciones.

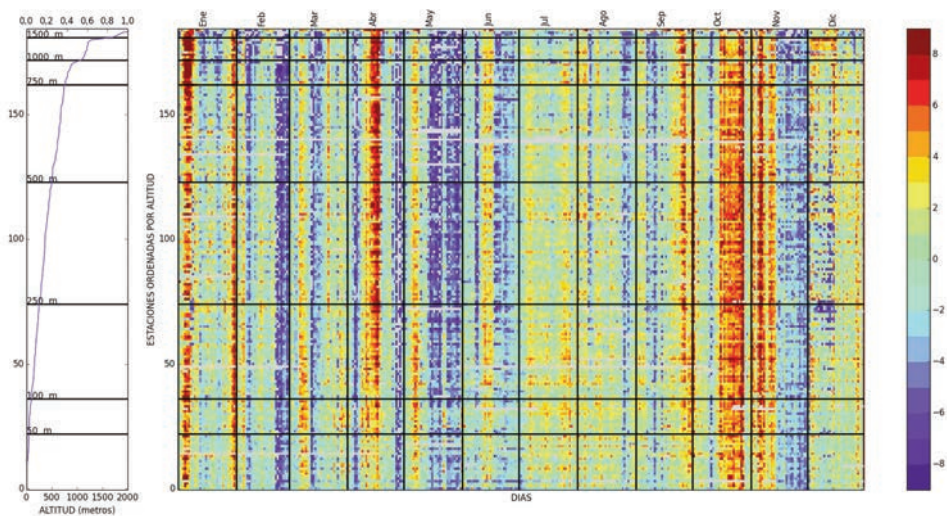


Figura 6. Anomalías de temperatura máxima diaria para el año 2013 en Cataluña.

figura 5 representa las anomalías de la temperatura máxima diaria (en adelante, AXD) para todo el año y para todas las estaciones en orden ascendente de altitud. La gráfica está compuesta por 365 columnas (días del año) y 188 filas (estaciones). Los colores cálidos representan anomalías positivas y los fríos negativos, con tonos verdosos para las temperaturas cercanas a los valores de referencia. El color gris significa ausencia de dato. La parte izquierda de la figura muestra la altitud correspondiente a cada estación.

El rango de colores de una columna muestra la variabilidad de las anomalías de un día. Hay días con una gama de colores muy amplia, es decir, con una gran dispersión de valores de AXD. Uno de los casos más extremos corresponde al periodo 23-24 de diciembre. En este caso, las variaciones observadas son debidas en gran parte a la estabilidad atmosférica que produjo inversiones térmicas y nieblas en amplias zonas de Cataluña. Así, los valores de AXD oscilaron entre valores inferiores a  $-7^{\circ}\text{C}$  en las depresiones del interior (sobre todo entre altitudes de 200 y 500 m) y superiores a  $+7^{\circ}\text{C}$  en zonas de montaña, pasando por valores próximos a cero en zonas costeras. Otros días, la gama de colores es mucho más estrecha (las variaciones espaciales de AXD no son tan amplias). A lo

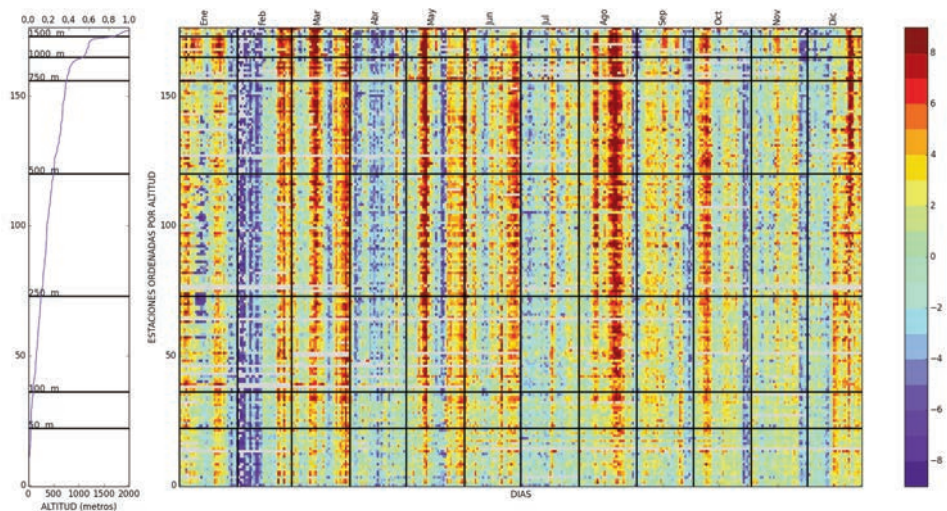


Figura 7. Anomalías de temperatura máxima diaria para el año 2012 en Cataluña.

largo del año se observan muchas situaciones de este tipo. Así, las anomalías del día 13 de junio fueron todas positivas, aunque más moderadas en cotas altas, las del 7 de julio fueron todas negativas, aunque menos acusadas en las estaciones costeras, y las del día 27 de septiembre tuvieron valores próximos a cero.

La variación de color entre dos columnas consecutivas muestra los cambios de temperatura entre un día y el siguiente. Un fuerte contraste de color entre dos columnas contiguas implica una brusca variación térmica, que puede ser indicador del paso de un sistema frontal. Algunos ejemplos los encontramos del 11 al 13 de febrero, con la advección de una masa de aire más cálida, o entre el 3 y el 5 de noviembre, con una entrada de aire polar. A la inversa, la ausencia de contraste de color entre días consecutivos denota una situación térmicamente más estacionaria.

La agrupación de columnas consecutivas con colores similares proporciona información sobre la duración de los eventos. Por ejemplo, episodios breves de temperaturas máximas anormalmente altas los encontramos entre el 14 y el 16 de marzo, y por el contrario, episodios prolongados se han registrado en abril y en octubre, siendo el primero más monótono que el segundo.

Esta representación permite visualizar las oscilaciones térmicas de forma más natural y fluida, sin compartimentarlas en meses o estaciones, y observar cómo la región queda sucesivamente inundada por oleadas de masas de aire de distinto origen y características, alterando bruscamente o no la evolución pausada de la temperatura a lo largo de los días.

Por último, la comparación de esta gráfica con las correspondientes a años anteriores (figuras 6 y 7) ofrece otra visión de la variabilidad interanual, que puede completarse con gráficas similares obtenidas a partir de otras variables, como la amplitud térmica diaria.

## BIBLIOGRAFÍA

- AEMET, 2012. Valores climatológicos normales y estadísticos de estaciones principales (1981-2010). Agencia Estatal de Meteorología, Madrid.
- GUTIÉRREZ PUEBLA, J., 2001. Escalas espaciales, escalas temporales. *Estudios Geográficos*, 62, 242, doi:10.3989/egeogr.2001.i242.295.
- JANSÁ, J. M., 2002. Meteorología de Menorca, Balears i la Mediterrània, IME, Mahón, 489 pp.
- MARTÍN VIDE, J. y otros, 2010. Els climes de Catalunya. Present i tendències recents. Segon informe del Grup d'Experts en Canvi Climàtic de Catalunya, Generalitat de Catalunya, Institut d'Estudis Catalans, Barcelona, 39-72.
- SIGRÓ RODRÍGUEZ, F., 2004. Variabilidad espacio-temporal de la temperatura del aire en Cataluña. Tesis Doctoral. Departament d'Història, Història de l'Art i Geografia. Universitat Rovira i Virgili, Tarragona.
- TÉLLEZ, B., T. CERNOCKY y E. TERRADELLAS, 2008. Calculation of climatic reference values and its use for automatic outlier detection in meteorological datasets, *Adv. Sci. Res.*, 2, 14, doi:10.5194/asr212008.
- TERRADELLAS, E., 2008. Estimación de parámetros de la distribución estadística de temperaturas medias mensuales a partir de ficheros de datos incompletos, XXX Jornadas Científicas de la AME, Zaragoza.