

# TENDENCIAS CLIMÁTICAS DE LA CIUDAD DE ZARAGOZA

Francisco ESPEJO GIL<sup>1</sup>, Amadeo URIEL GONZÁLEZ<sup>1</sup>, Joaquín GARCÍA VEGA<sup>1</sup>,  
<sup>1</sup> *Agencia Estatal de Meteorología, Delegación Territorial en Aragón*  
fespejog@aemet.es, aurielg@aemet.es, jgarcia@ aemet.es

## RESUMEN

La ciudad de Zaragoza cuenta con observaciones meteorológicas instrumentales desde, al menos, 1858 para la serie de precipitación y 1869 para la serie de temperaturas. Aunque el emplazamiento de los distintos observatorios ha ido variando con el tiempo, no lo ha hecho durante los últimos 60 años, cuando el crecimiento urbano y la industrialización han sido más intensos. El objetivo de este trabajo es el estudio de las tendencias en el periodo 1951-2009 de varios parámetros de la serie climatológica: temperatura, precipitación, intensidad de la precipitación, nubosidad, insolación, viento y presión, así como la posible explicación de las mismas mediante cambios en la circulación, expresados a través de un índice mesoescalar para el Valle del Ebro.

**Palabras clave:** Tendencias climáticas, Zaragoza, correlación, índices de teleconexión, Valle del Ebro

## ABSTRACT

The city of Zaragoza has instrumental data record since, at least, 1858 for rainfall and 1869 for temperature. Although the location of the different stations has changed in time, it remains the same for the last 60 years, when urban growth and industrialisation have been more intense. In this work we analyse the trends of various parameters of the climatological series: temperature, rainfall, rainfall intensity, sunshine characteristics, wind and pressure for this period 1951-2009. We try as well to explain these trends through circulation changes, expressed by means of a mesoscalar index for the Ebro Valley.

**Key words:** Climate trends, Zaragoza, correlation, teleconnection indexes, Ebro Valley.

## 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La idea del presente trabajo surgió a raíz de la solicitud de un informe, por parte de la Agenda 21 Local del Ayuntamiento de Zaragoza en la primavera del 2009, en el que se plasmaran las evidencias de Cambio Climático en la ciudad. Se hizo un estudio detallado de las variables habituales, temperatura y precipitación en 24 horas, no pudiendo acometerse entonces, por falta de tiempo, tanto el de otros aspectos asociados a las precipitación como el de distintos elementos que aquí abordamos como son la nubosidad, insolación, presión y el viento. El observatorio de referencia es el Aeropuerto de Zaragoza, cuyo entorno inmediato no se ha visto excesivamente modificado en el periodo considerado y que se puede considerar que aparece fuera de la isla de calor urbana (CUADRAT et al., 2005).

El condicionamiento geográfico de la ciudad de Zaragoza dado por su ubicación en el centro de la Depresión del Ebro (Fig. 1) se refleja muy claramente en su clima estepario; seco y con temperaturas muy contrastadas, con un elemento que es el rector fundamental de los demás: el viento. El hecho de que el pasillo que forma el valle del Ebro sea el camino más corto por el norte peninsular para comunicar dos masas marítimas de características bien diferenciadas, la del Atlántico-Cantábrico y el Mediterráneo Occidental tiene un peso enorme en el clima local, lo que implica la necesidad de abordar el estudio de estas circulaciones conjuntamente con los otros elementos “clásicos” (temperatura, precipitación...) para analizar sus tendencias y buscar una explicación a través de un índice que refleje las diferencias estandarizadas de presión entre puntos extremos del mencionado corredor. Ciertamente, no se trata de una idea nueva. La importancia de la diferencia de presiones entre cabecera y desembocadura del Ebro lleva muchos años destacándose como el elemento más importante del clima del Valle del Ebro (BIEL y GARCÍA DE PEDRAZA, 1962; GARCÍA DE PEDRAZA, 1964), por lo que hasta cierto punto es sorprendente que no se haya tenido hasta ahora en cuenta explícitamente este factor a la hora de analizar las tendencias climáticas locales.

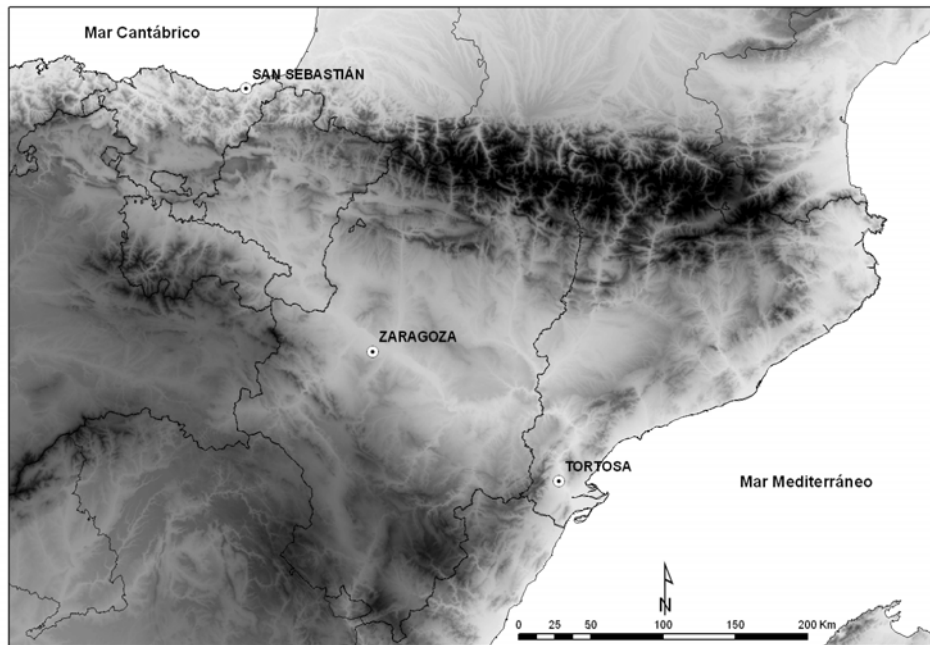


Fig. 1: Localización de la ciudad de Zaragoza y de otros puntos de interés para este estudio.

## 2. TENDENCIAS OBSERVADAS EN LAS VARIABLES

Salvo que se indique lo contrario, todas las tendencias se han calculado para el periodo 1951-2009 y por el procedimiento no paramétrico de correlación bivariada rho de Spearman (WILKS, 1995). El periodo de referencia considerado para el establecimiento de los percentiles es el 1961-1990.

### 2.1. Temperatura

De manera consistente con las estaciones de su entorno, la serie de Zaragoza refleja un calentamiento estadísticamente significativo, que se refleja en los valores medios, en las máximas y en las mínimas mensuales (Tabla 1). Este calentamiento es más acusado en las temperaturas mínimas que en las máximas y en los meses centrales del año. Podría decirse que “el verano crece y se expande hacia por la primavera y el otoño”. Al año y por estaciones,

se registran aumentos estadísticamente significativos, de mayor cuantía en verano, seguidos de cerca por otoño y primavera, que son mucho menores en invierno.

	E	F	M	A	My	J	Jl	Ag	S	O	N	D
Med	0,243	<b>0,304</b>	<i>0,404</i>	<i>0,423</i>	<i>0,336</i>	<i>0,544</i>	<i>0,504</i>	<i>0,542</i>	0,228	<b>0,439</b>	<b>0,307</b>	0,054
Máx	0,234	0,242	<b>0,385</b>	<b>0,356</b>	0,243	<b>0,512</b>	<b>0,438</b>	<b>0,461</b>	0,110	<b>0,333</b>	<b>0,284</b>	0,054
Mín	0,239	<b>0,317</b>	<b>0,361</b>	<b>0,501</b>	<b>0,495</b>	<b>0,602</b>	<b>0,562</b>	<b>0,638</b>	<b>0,368</b>	<b>0,540</b>	<b>0,308</b>	0,053

Tabla 1: Coeficientes de correlación de la tendencia de las temperaturas. En negrita, las significativas al 95%, en negrita y cursiva las significativas al 99%.

Un estudio similar para el número de días de helada refleja descensos en el número anual (coeficiente -0,388 significativo al 99,8%), aunque tienen una significación estadística mucho menor para los meses de diciembre, enero (los que tienen mayor promedio de días de helada) y febrero. En primavera, el descenso es muy significativo.

Un modo más completo de estudiar las tendencias de las temperaturas diarias consiste en el análisis de las tendencias del número de días muy cálidos (con temperatura máxima superior al percentil 95), del número de días muy fríos (con temperatura máxima inferior al percentil 5), del número de noches muy cálidas (temperatura mínima superior al percentil 95), del número de noches muy frías (temperatura mínima inferior al percentil 5), del número de días de media muy cálida (temperatura media superior al percentil 95) y de media muy fría (temperatura media inferior al percentil 5) (Tabla 2).

Periodo	Máx>95%	Máx>5%	Mín>95%	Mín<5%	Med>95%	Med<5%
E	0,162	-0,174	0,105	-0,192	0,139	-0,149
F	0,222	<b>-0,276</b>	0,206	-0,229	0,208	-0,252
M	<b>0,343</b>	-0,185	0,234	<b>-0,318</b>	<b>0,302</b>	-0,159
A	<b>0,377</b>	-0,003	<b>0,425</b>	<b>-0,425</b>	<b>0,535</b>	-0,138
My	0,228	-0,124	<b>0,406</b>	<b>-0,312</b>	<b>0,308</b>	-0,129
J	<b>0,401</b>	-0,254	<b>0,548</b>	<b>-0,424</b>	<b>0,460</b>	-0,235
Jl	<b>0,441</b>	-0,124	<b>0,554</b>	<b>-0,337</b>	<b>0,533</b>	-0,224
Ag	<b>0,369</b>	<b>-0,301</b>	<b>0,559</b>	<b>-0,381</b>	<b>0,400</b>	<b>-0,276</b>
S	0,004	-0,037	<b>0,365</b>	<b>-0,266</b>	0,196	-0,142
O	0,207	-0,139	<b>0,345</b>	<b>-0,426</b>	<b>0,377</b>	-0,247
N	0,178	-0,248	0,016	-0,210	0,108	-0,256
D	0,169	-0,016	0,032	-0,015	0,095	-0,130
INV	0,209	-0,224	0,181	-0,220	0,189	<b>-0,260</b>
PRI	<b>0,430</b>	-0,246	<b>0,490</b>	<b>-0,502</b>	<b>0,515</b>	<b>-0,267</b>
VER	<b>0,575</b>	<b>-0,381</b>	<b>0,652</b>	<b>-0,554</b>	<b>0,663</b>	<b>-0,357</b>
OTO	0,140	-0,223	<b>0,461</b>	<b>-0,481</b>	<b>0,316</b>	<b>-0,375</b>
AÑO	<b>0,589</b>	<b>-0,418</b>	<b>0,684</b>	<b>-0,646</b>	<b>0,675</b>	<b>-0,520</b>

Tabla 2: Coeficientes de correlación de la tendencia de días, noches y medias muy cálidos y muy fríos. En negrita y cursiva las significativas al 99%, en negrita las significativas al 95%.

Los resultados reafirman lo afirmado anteriormente. Los aumentos más significativos se dan en verano, primavera y el mes de octubre, y se marcan más en las mínimas que en las máximas. El invierno, por el contrario, es la estación que experimenta menos calentamiento.

## **2.2. Precipitación**

A diferencia de lo que sucede para las temperaturas, para la precipitación no se han encontrado tendencias apreciables. En realidad, en cuanto al total anual se encuentra que, por ejemplo, en el último treintenio 1981-2009, la media de precipitación en Zaragoza es ligeramente superior (323,9 mm) a la del periodo de referencia 1961-1990 (314,4 mm). Este comportamiento también se observa en otros puntos del eje del Ebro, lo que supone una diferencia con la inmensa mayoría de la Península Ibérica, donde las precipitaciones han tendido a disminuir ligeramente en el periodo considerado. El número anual de días de precipitación apreciable sí que ha registrado un aumento apreciable y estadísticamente significativo (de 75 en el periodo 61-90 a 83 en el 81-09).

Un estudio de la distribución de la precipitación en 24 h por deciles revela aumentos estadísticamente significativos para el decil inferior (por debajo del percentil 10) para los meses de enero, febrero, abril, septiembre, noviembre y diciembre; lo que supone aumentos en este decil en invierno, primavera, otoño y para el total anual. Esta tendencia coincide con la apuntado por algunos autores de aumento de días de precipitación, con menor cantidad de precipitación en cada uno de ellos (GOODESS y JONES, 2002), ya constatada en otros puntos próximos bien estudiados, como Daroca, donde se presenta con aún más claridad (ESPEJO, 2009).

Se ha estudiado la intensidad máxima de la precipitación en 10 minutos, considerando para ello el periodo desde 1986, en el que este tipo de observación es continuo y metodológicamente consistente, para el que se han encontrado aumentos significativos en los meses de marzo y agosto. En la misma línea de estudiar tendencias en la convección, hay un aumento significativo del número de días de tormenta en mayo, especialmente, y también en octubre y, agrupando los meses, en primavera y el total anual. Aparece un aumento significativo para el decil de precipitación 50/60 en mayo que puede corresponder a este aumento de los días de tormenta, aunque en la precipitación total mensual, como se ha mencionado, no se han apreciado tendencias significativas. Tampoco hay ninguna tendencia para los deciles más altos de la distribución (salvo un descenso en diciembre del superior al percentil 90). Analizando específicamente las precipitaciones en 24 h superiores al percentil 99 se repite la ausencia de tendencias significativas.

## **2.3. Insolación y nubosidad.**

El número de horas de sol registra un aumento significativo en el mes de marzo, al igual que el porcentaje diario de horas de sol. El número de días con insolación inferior al 20% de la teórica, por el contrario, aumentan en febrero y aquéllos con insolación superior al 80% no experimentan cambios.

En cuanto a la nubosidad, que se analiza desde 1966, aparece una disminución muy significativa del número de días cubiertos en prácticamente todos los meses y periodos, que se compensa con un aumento del número de días nubosos para gran parte del año y del de días despejados, especialmente en verano y finales de la primavera (Fig. 2). Este comportamiento en la insolación y la nubosidad es concordante con el observado en observatorios próximos (URIEL et al., 2009).

Las nieblas son otro elemento muy importante en la climatología de Zaragoza. Desde 1951 se registran descensos en el número medio de días de niebla para los meses de primavera (marzo y abril) y otoño (septiembre y octubre), que se reflejan en el total anual. El número invernal de días de niebla, más numeroso, no presenta sin embargo tendencias significativas.

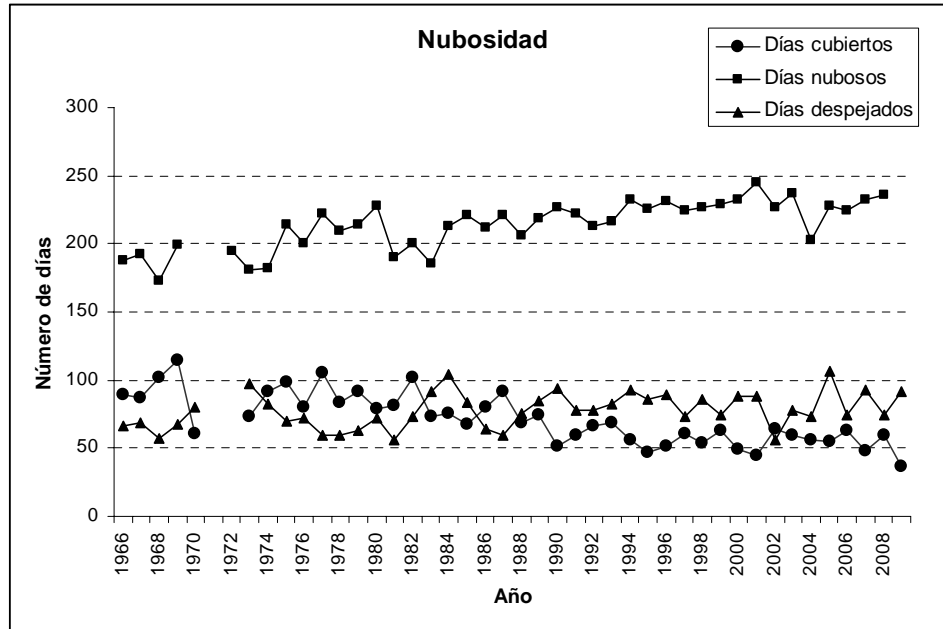


Fig. 2: Evolución anual de la nubosidad en función del número de días cubiertos, nublados y despejados.

## 2.4. Viento

Es bien sabido que éste es seguramente el elemento más definitorio del clima de Zaragoza y el que más claramente refleja la configuración geográfica de su entorno. Muy claramente domina el viento del cuarto cuadrante (cierzo), seguido por el del segundo cuadrante (bochorno). Las otras componentes tienen una representación mucho menor (Fig. 3).

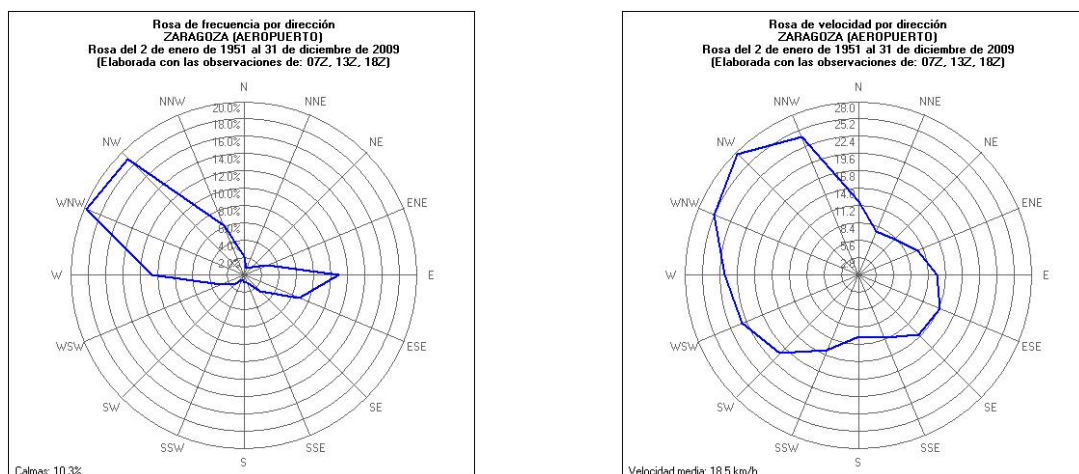


Figura 3: Rosas de vientos por frecuencia y por velocidad promediadas para el periodo 1951-2009 en el Aeropuerto de Zaragoza. Fuente: AEMET.

El análisis de la tendencia de las frecuencias de los vientos por cuadrantes y de las calmas (Tabla 3) arroja algún resultado interesante, que se puede resumir en una disminución de la frecuencia de las calmas y un aumento de la frecuencia de los vientos del segundo cuadrante, es decir, de los surestes o bochornos. La frecuencia de los noroestes no se ve alterada, salvo en el mes de mayo, que es cuando se produce el aumento más significativo de los surestes y que corresponde con el aumento del número de días de tormenta que se registra ese mes, ya que este viento actúa como fuente de alimentación de calor y humedad en los niveles bajos para los sistemas convectivos. La correlación de Pearson entre la frecuencia de calmas y el número de días de niebla revela correlaciones positivas estadísticamente significativas para los meses de noviembre y enero (especialmente). Aunque la disminución de las calmas pueda ser una explicación a la disminución del número de días de niebla, la poca significación estadística del descenso en las calmas hace pensar que es el calentamiento y la menor humedad relativa la principal causa del menor número de nieblas en primavera y otoño.

Periodo	Fr. cuad. 1	Fr. cuad. 2	Fr. cuad. 3	Fr. cuad. 4	Fr. calmas
E	0,070	0,235	0,013	-0,081	-0,149
F	0,023	0,124	-0,068	0,111	-0,059
M	-0,237	0,033	-0,147	0,247	-0,230
A	-0,247	0,158	0,097	-0,013	-0,195
My	0,044	<b>0,569</b>	-0,049	<b>-0,303</b>	-0,119
J	-0,160	<b>0,401</b>	0,036	-0,081	-0,222
Jl	-0,108	<b>0,402</b>	0,110	-0,059	<b>-0,269</b>
Ag	-0,146	0,453	0,000	-0,057	-0,238
S	<b>-0,306</b>	0,265	0,033	<b>0,269</b>	<b>-0,403</b>
O	-0,030	0,169	0,257	-0,057	-0,203
N	-0,008	0,072	-0,041	0,074	-0,255
D	0,118	<b>0,267</b>	0,089	-0,011	-0,111
INV	0,084	<b>0,325</b>	-0,034	-0,050	-0,240
PRI	-0,213	<b>0,330</b>	-0,027	0,013	-0,222
VRN	-0,167	<b>0,539</b>	0,023	-0,092	<b>-0,335</b>
OTO	-0,205	0,253	0,103	0,119	<b>-0,339</b>
AÑO	-0,221	<b>0,471</b>	-0,071	-0,003	<b>-0,320</b>

Tabla 3: Coeficientes de correlación de la tendencia de las frecuencias del viento por cuadrantes y de las calmas. En negrita y cursiva las significativas al 99%, en negrita las significativas al 95%.

El estudio de la intensidad del viento según el número de días que se rebasan ciertos umbrales (91, 55 y 36 Km/h) arroja resultados aún más concluyentes. En todos los casos la tendencia es a la disminución, con coeficientes de correlación del orden de -0,7 y una significación estadística del 100%. Tomando como ejemplo el número anual de días con rachas de viento superior a 55 Km/h, que en su enorme mayoría son de componente NW, se aprecia muy bien este pronunciado descenso (Fig. 4). Esta tendencia se da para todos los meses, con menor claridad en los de pleno verano, debido a que el origen de las rachas más fuertes en este caso se debe más a las tormentas que a efectos sinópticos. Es decir, se puede afirmar con mucha seguridad que la frecuencia del cierzo se mantiene, pero su intensidad ha disminuido claramente, mientras que los surestes, de menos intensidad, ganan en frecuencia en detrimento de las calmas.

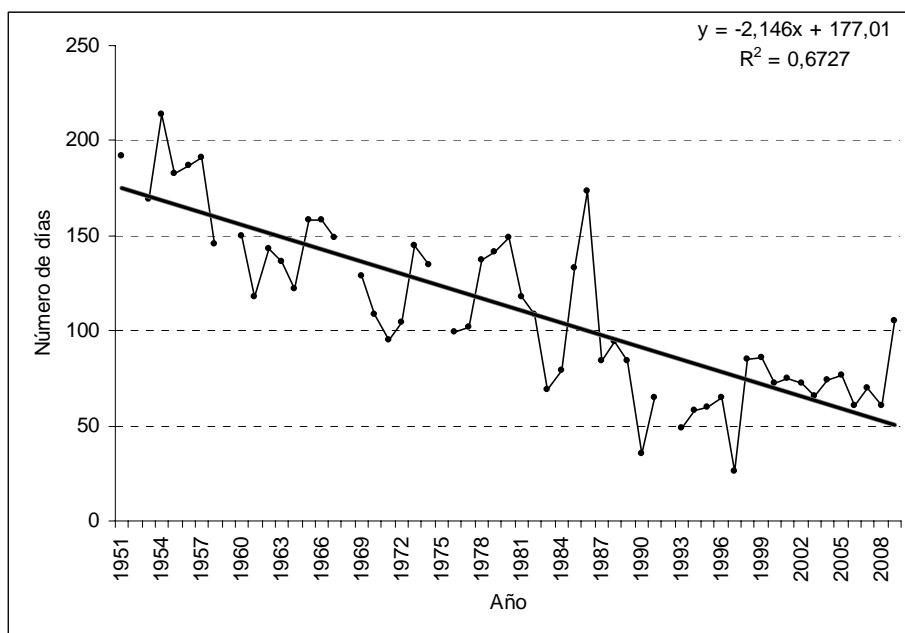


Fig. 4: Número anual de días en que el viento supera los 55 Km/h (1951-2009)

### 3. DISCUSIÓN

En el apartado anterior se han analizado las tendencias de diferentes variables climáticas de Zaragoza. En éste, se propone un índice para la posible explicación de los cambios. El papel y la repercusión de los índices de las distintas teleconexiones en el entorno de la Depresión del Ebro ha sido bien descrito ya en distintos trabajos, normalmente en relación con la precipitación (GONZÁLEZ-HIDALGO et al., 2009). Probablemente el más relevante para explicar las circulaciones del Cantábrico al Mediterráneo y viceversa, que regulan el clima local, sea el índice de la oscilación del Mediterráneo Occidental o WeMOi (MARTÍN-VIDE y LÓPEZ-BUSTINS, 2006). Sin embargo, estos índices se aplican a escala sinóptica y sólo reflejan parcialmente las características de mesoescala, como sucede en el ámbito que nos ocupa. Por ello, retomando la idea conocida por cualquier meteorólogo zaragozano para la estimación del viento previsto de la diferencia de presiones a ambos extremos del Ebro (GARCÍA DE PEDRAZA, 1964), se ha elaborado un índice que refleja la diferencia de las presiones estandarizadas entre San Sebastián-Igueldo y Tortosa, siguiendo para ello una metodología análoga a la del WeMOi (LÓPEZ-BUSTINS, 2007). La elección de estos observatorios se debe a la buena calidad de los datos de origen y a la casi nula necesidad de manipulaciones en los mismos para el periodo 1961-2009, que es para el que se ha realizado esta primera aproximación a un *Índice Ibérico* con resolución mensual. La correlación de Pearson entre el WeMOi y el índice local es del orden de 0,4 y estadísticamente significativa en otoño, invierno y para el total anual.

Conforme a lo esperable, el índice explica bien el comportamiento de los vientos locales (Tabla 4). Es decir, un índice alto implica vientos del cuarto cuadrante y un índice negativo implica vientos del segundo cuadrante, por lo que la correlación es positiva en un caso y negativa en el contrario. La correlación con las calmas es también muy buena, especialmente si se observa mensualmente (no se muestra).

	Fr. cuad. 1	Fr. cuad. 2	Fr. cuad. 3	Fr. cuad. 4	Fr. calmas
Invierno	-0,145	<b>-0,587</b>	-0,274	<b>0,466</b>	0,160
Primavera	-0,254	<b>-0,628</b>	-0,055	<b>0,504</b>	0,266
Verano	-0,062	<b>-0,571</b>	-0,245	<b>0,380</b>	0,278
Otoño	-0,074	<b>-0,682</b>	-0,171	<b>0,402</b>	<b>0,337</b>
AÑO	0,038	<b>-0,706</b>	-0,092	0,206	<b>0,440</b>

Tabla 4: Coeficientes de correlación de Pearson entre las frecuencias de los vientos y el índice definido. En negrita y cursiva las significativas al 99%, en negrita las significativas al 95%.

La correlación del índice con la temperatura también ofrece resultados prometedores. Para el valor medio anual es de -0,561 y significativa al 100%, y por estaciones oscila entre -0,41 en otoño y -0,63 en primavera. Desglosada por meses, es de ese orden y significativa al 100 % entre julio y noviembre. Por tanto, los años más cálidos son aquellos en los que predomina la circulación del sureste y los más frescos, especialmente en verano y como todo zaragozano bien sabe, aquéllos en los que hay predominio de noroestes.

La precipitación no tiene una correlación tan clara, salvo en otoño, por mecanismos análogos a los del WeMOi, que como se ha visto es cuando mejor se acoplan ambos índices. Sin embargo, el análisis de los días de precipitación apreciable ofrece buenas correlaciones, del orden de -0,3 para los meses de abril, mayo, noviembre y diciembre, aunque si se agrupan los resultados hay una correlación de -0,59 en otoño y de -0,38 para todo el año. Una menor diferencia de presiones o bajas presiones en el Mediterráneo suponen más días de precipitación en Zaragoza, aunque la cantidad acumulada no sea especialmente relevante, con la excepción del otoño.

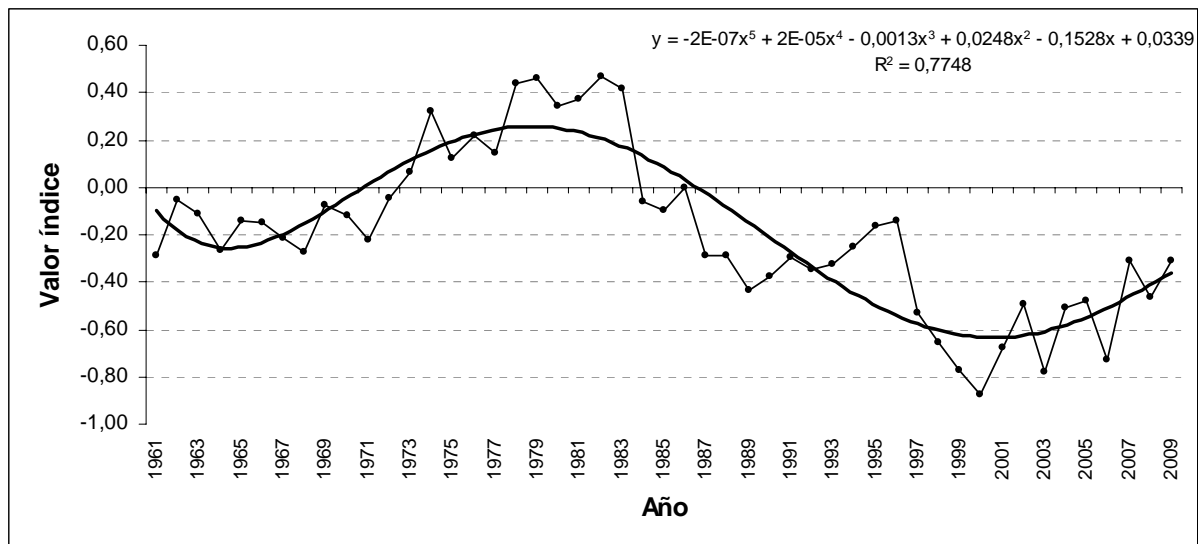


Figura 5: Evolución anual (1961-2009) del índice definido para el Valle del Ebro.

La Figura 5 refleja la evolución anual del índice entre 1961 y 2009. Un análisis estadístico de sus tendencias muestra que éste disminuye para todos los meses y periodos, con significación especial entre abril y agosto y en diciembre. Las tendencias estacionales y anual se muestran en la Tabla 5. La disminución del índice refleja menos gradiente de presión entre el Cantábrico y el Mediterráneo, lo que se traduce en menor intensidad del cierzo, más



predominio de los surestes que suponen más días de precipitación y de tormentas, la ausencia de descenso en la cantidad total de precipitación registrada y un cierto calentamiento adicional.

Invierno	Primavera	Verano	Otoño	AÑO
<b><i>-0,510</i></b>	<b><i>-0,534</i></b>	<b><i>-0,590</i></b>	<b><i>-0,311</i></b>	<b><i>-0,643</i></b>

Tabla 5: Coeficientes de correlación de la tendencia (1961-2009) del índice definido para el Ebro En negrita y cursiva las significativas al 99%, en negrita las significativas al 95%.

#### 4. CONCLUSIONES

Se ha definido un sencillo índice que permite explicar buena parte de las características climáticas observadas en la ciudad de Zaragoza. Además, la evolución de este índice permite dar una primera explicación a las tendencias climáticas registradas, lo que subraya la importancia de las circulaciones dominantes sobre las mismas. Es necesario ir más allá de la constatación de cambios y tendencias en elementos aislados (precipitación, temperatura...) y tratar de estudiar varios factores conjuntamente, sin olvidar que el viento es uno fundamental, para poder tener una visión global que pueda apuntar explicaciones a preguntas que siempre son muy complejas.

En un ámbito restringido, como el del entorno de Zaragoza, cuyos “grados de libertad” están limitados por una orografía muy condicionante, ha sido posible realizar un estudio de este tipo. Además, en el caso de Zaragoza, por la ubicación de su observatorio fuera de la ciudad y además a barlovento de los vientos dominantes es de esperar que los cambios registrados no se deban a efectos de alteración del medio circundante.

Queda por realizar un refinamiento de este índice mesoescalar, ampliándolo hacia atrás en el tiempo, comprobando otros posibles puntos para su mejor definición, así como comprobar su relación con otros patrones de teleconexión a escala sinóptica como la NAO o la OM. El cálculo del índice y la realización de este trabajo a escala diaria es igualmente una evolución lógica de este trabajo inicial.

#### 5. AGRADECIMIENTOS

Ningún trabajo científico de este tipo sería posible sin la dedicación y profesionalidad que a lo largo de los años ha llevado a cabo el personal de la actual Agencia Estatal de Meteorología, tanto los que están destinados en los observatorios y aeródromos, como los que alimentan, depuran, gestionan y explotan los bancos de datos. A todos ellos y con un recuerdo especial al maestro de meteorólogos y climatólogos ya jubilado, D. Lorenzo García de Pedraza, nuestro agradecimiento.

Gracias también a nuestro compañero Francisco José Cortés Rabinad, que siempre complementa nuestra insuficiente formación estadística.

## 10. REFERENCIAS

- BIEL, L. y GARCÍA DE PEDRAZA, L. (1962). *El clima de Zaragoza y ensayo climatológico para el Valle del Ebro*. Publicaciones del Servicio Meteorológico Nacional serie A: número 36.
- CUADRAT, J.M.; VICENTE-SERRANO, S.M. y SAZ M.A. (2005) “Los efectos de la urbanización en el clima de Zaragoza (España): la isla de calor y sus factores condicionantes”. *Boletín de la A.G.E.*, 40, pp. 311-327.
- ESPEJO, F. (2009) “Estudio de la serie climatológica: serie de precipitación. Extremos y tendencias”, en ESPEJO, F. (Coord.). *100 años de observaciones meteorológicas en Daroca*. Agencia Estatal de Meteorología, pp. 127-156.
- GARCÍA DE PEDRAZA, L. (1964). *La predicción del tiempo en el Valle del Ebro*. Publicaciones del Servicio Meteorológico Nacional serie A: número 38.
- GONZÁLEZ-HIDALGO, J. C; LÓPEZ-BUSTINS, J.A.; ŠTEPÁNEK, P.; MARTIN-VIDE, J. y DE LUIS, M. (2009). “Monthly precipitation trends on the Mediterranean fringe of the Iberian Peninsula During the second-half of the twentieth century (1951-2000)” *International Journal of Climatology* , 29, pp. 1415-1429.
- GOODESS, C.M. y JONES, P.D. (2002) “Links between circulation and changes in the characteristics of Iberian rainfall” *International Journal of Climatology*, 22, pp. 1593-1615.
- LÓPEZ-BUSTINS, J.A. (2007). *The Western Mediterranean Oscillation and Rainfall in the Catalan Countries*. Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona.
- MARTIN-VIDE, J. y LÓPEZ-BUSTINS, J.A. (2006) “The Western Mediterranean Oscillation and Rainfall in the Iberian Peninsula” *International Journal of Climatology*, 26, pp. 1455-1475.
- URIEL, A.; TURÉGANO, J.A.; FERNANDES, N.P.; ESPEJO, F. y DÍAZ DE GARAIÓ, S. (2009) “Insolación y radiación solar en Daroca. Aplicaciones”, en ESPEJO, F. (Coord.). *100 años de observaciones meteorológicas en Daroca*. Agencia Estatal de Meteorología, pp. 171-191.
- WILKS, D.S. (1995). *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*. Academic Press, New York.