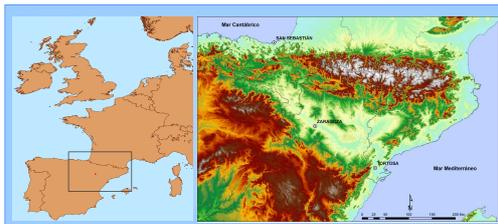


## Introducción y objetivos



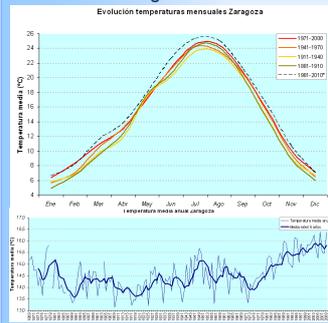
El clima de la ciudad de Zaragoza está muy condicionado por su entorno orográfico: en el centro de la depresión del Ebro, flanqueada por los Pirineos y por el Sistema Ibérico, que forma un pasillo natural para las circulaciones entre dos ámbitos climáticos bien diferenciados, el atlántico-cantábrico y el mediterráneo.

Este estudio del clima local, mediante el análisis conjunto de distintas variables, pretende evaluar sus tendencias a lo largo de aproximadamente los últimos 60 años y, especialmente, ponerlas en relación con otros factores que rigen el contexto mesoescalar. Para ello se ha definido un índice normalizado de la diferencia de presiones Cantábrico-Mediterráneo, que condiciona las circulaciones sobre Zaragoza y, por ende, la evolución del resto de las variables climáticas. La relación de ese índice con las variables y la influencia de la tendencia del índice sobre la de las distintas variables es, asimismo, objeto de estudio.

## Tendencias

### Temperatura

- Correlación bivariada rho de Spearman, periodo 1951-2009.
- Aumento significativo de la temperatura media anual, de la media de las máximas y de la media de las mínimas (especialmente).
- Aumentos más significativos en verano, otoño y primavera, poco en invierno.
- Disminución significativa de los días de helada, especialmente en primavera.

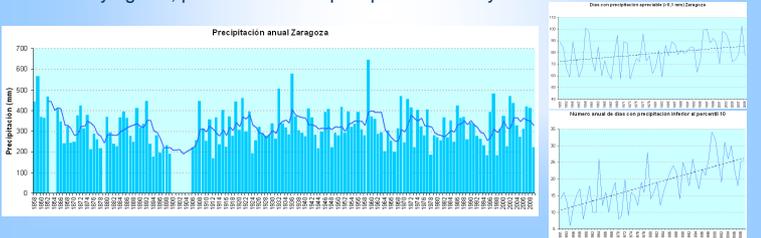


Extremos. Tendencias de los días con temperaturas superiores al percentil 95 e inferiores al percentil 5:

ANO	Temperaturas medias		Temperaturas máximas		Temperaturas mínimas	
	> 95%	< 5%	> 95%	< 5%	> 95%	< 5%
Invierno	▲	▼	▲	▼	▲	▼
Primavera	▲	▼	▲	▼	▲	▼
Verano	▲	▼	▲	▼	▲	▼
Otoño	▲	▼	▲	▼	▲	▼
Enero	▲	▼	▲	▼	▲	▼
Febrero	▲	▼	▲	▼	▲	▼
Marzo	▲	▼	▲	▼	▲	▼
Abril	▲	▼	▲	▼	▲	▼
Mayo	▲	▼	▲	▼	▲	▼
Junio	▲	▼	▲	▼	▲	▼
Julio	▲	▼	▲	▼	▲	▼
Agosto	▲	▼	▲	▼	▲	▼
Septiembre	▲	▼	▲	▼	▲	▼
Octubre	▲	▼	▲	▼	▲	▼
Noviembre	▲	▼	▲	▼	▲	▼
Diciembre	▲	▼	▲	▼	▲	▼

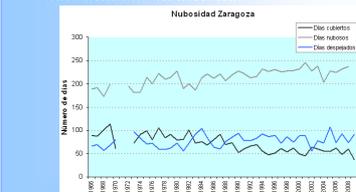
### Precipitación

- Correlación bivariada rho de Spearman, periodo 1951-2009.
- No aparecen tendencias estadísticamente significativas para los valores medios anuales, estacionales ni mensuales.
- Hay un aumento estadísticamente significativo del número de días de precipitación.
- Por deciles, hay un aumento significativo de los días con cantidades recogidas inferiores al percentil 10 en invierno, primavera, otoño y para todo el año.
- El número de días de tormenta aumenta significativamente en mayo y octubre.
- La intensidad máxima en 10' (estudiada desde 1986) registra aumentos con significación en marzo y agosto, pero los días con precipitaciones muy intensas no aumentan.



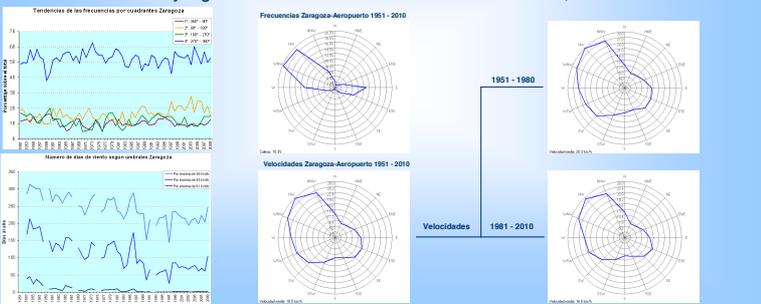
### Insolación y nubosidad

- Insolación (1951-2009):
  - Aumento significativo de horas de sol y del porcentaje diario de insolación en marzo
  - El número de días con insolación inferior al 20% aumenta en febrero
  - El número de días con insolación superior al 80% no cambia significativamente
- Nubosidad (1966-2009):
  - Disminución muy significativa del número de días cubiertos al año, estación y mes
  - Aumento significativo del número de días nubosos que compensa al anterior
  - Aumento de días despejados en verano y final de primavera
- Nieblas (1951-2009):
  - Descenso en primavera (marzo y abril) y otoño (septiembre y octubre)
  - Sin cambios en invierno



### Viento

- Variable más sensible a los cambios en los métodos de observación
- Frecuencia (1951-2009):
  - Disminución de las calmas, aumento de los surestes, noroestes (cierzo) sin cambios (salvo en mayo, que es cuando suben más los surestes)
- Intensidad (1951-2009):
  - Disminución muy significativa de la intensidad de los noroestes, resto sin cambios



## Índice ibérico

### Definición

- Se trata de un índice ad-hoc propuesto como posible explicación de las tendencias locales.
- Se basa en que la diferencia de presiones Cantábrico-Mediterráneo regula las circulaciones de vientos en el valle del Ebro y se inspira en índices empíricos de uso tradicional por los meteorólogos locales.
- El índice refleja la diferencia de presiones mensuales estandarizadas entre San Sebastián-Igueldo y Tortosa.

$$I_{EBRO} = \frac{P_{TS}^m - \bar{P}_{TS} - (P_{IB}^m - \bar{P}_{IB})}{\sigma_{TS} - \sigma_{IB}}$$

- La metodología es análoga a la del índice de la oscilación del Mediterráneo occidental (WeMOI).
- La correlación (Pearson) entre el WeMOI (de escala sinóptica) y el índice ibérico -I<sub>EBRO</sub>- (mesoescalar) es del orden de +0,4; estadísticamente significativa para el total anual, y por estaciones, en otoño e invierno.



### Resultados

- Un valor positivo del índice supone más presión en San Sebastián que en Tortosa, lo que induce circulaciones del NW en el valle del Ebro y un valor negativo la situación inversa, con circulaciones del SE o menos definidas en el valle del Ebro.
- El índice se correlaciona muy bien (Pearson) con las frecuencias de los vientos por cuadrantes. Un alto valor del índice supone vientos del NW y uno bajo, del SE.

Frecuencias por dirección	1º cuadrante (NW)	2º cuadrante (NE)	3º cuadrante (SE)	4º cuadrante (SW)	Calmas
AÑO	▲	▼	▲	▼	▲
Invierno	▲	▼	▲	▼	▲
Primavera	▲	▼	▲	▼	▲
Verano	▲	▼	▲	▼	▲
Otoño	▲	▼	▲	▼	▲

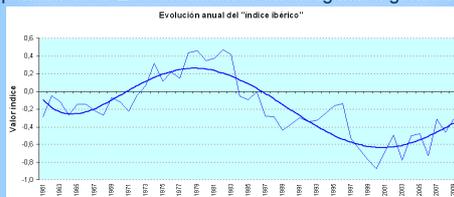
- La correlación con la temperatura también es reveladora. A mayor índice, menor temperatura media, especialmente en el semestre cálido.

Correlación	AÑO	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
Temperatura	▼	▼	▼	▼	▼

- La relación entre índice y precipitación no es tan clara, salvo en otoño: un bajo índice otoñal supone más precipitación, al igual que indica el WeMOI, que es en otoño cuando mejor se correlaciona con el I<sub>EBRO</sub>.
- El número de días de precipitación tiene una mejor correlación con el índice, que es de -0,6 en otoño y de -0,4 para todo el año. Un índice bajo supone más días de precipitación en Zaragoza, aunque la cantidad acumulada en ellos sólo sea relevante en otoño.

### Conclusiones

- La evolución del valor medio anual de I<sub>EBRO</sub> durante el periodo 1961-2009 se muestra en el siguiente gráfico:



- Durante ese periodo, el índice presenta una tendencia significativamente negativa para todo el año y para todas las estaciones, mayor en verano.
- Es decir, la variación de I<sub>EBRO</sub> en este periodo:
  - Refleja un menor gradiente de presión medio entre el Cantábrico y el Mediterráneo
- Apunta a una menor intensidad del cierzo en Zaragoza
- Indica una mayor frecuencia de surestes en Zaragoza, que favorece:
  - Más días de precipitación y de tormenta
  - La ausencia de descenso en la cantidad anual de precipitación registrada
  - Un mayor calentamiento térmico del que podría esperarse, superior al de su entorno