



# CLIMA

## > ESTADÍSTICA PARA DESCRIBIR Y PREDECIR

La estadística proporciona herramientas fundamentales para estudiar la evolución del clima y para predecir, o al menos obtener algún tipo de información, sobre cómo será el clima dentro de 20, 50 o 100 años. Esta información, aunque tenga asociado un grado de incertidumbre, es de gran utilidad para la toma de decisiones en muchos campos y es necesaria en los modelos de impacto climático. Gracias a la estadística podemos evaluar y cuantificar de forma objetiva el cambio climático

**> EL CLIMA, UN FENÓMENO ALEATORIO** El grado de conocimiento científico que tenemos sobre muchos fenómenos naturales, como los terremotos, olas de calor, inundaciones, etc., es muy incompleto, lo que hace que los observemos como fenómenos con una importante componente aleatoria o de incertidumbre. Conseguir predecir, o al menos obtener algún tipo de información sobre cómo se van a comportar estos fenómenos climáticos, es de gran importancia para tomar medidas que permitan mitigar sus consecuencias. La Estadística proporciona herramientas fundamentales para este objetivo y, en general, para el estudio del clima.

Utilizando herramientas sencillas de estadística descriptiva podemos caracterizar el clima y saber, por ejemplo, que el valor normal de la temperatura máxima diaria en el mes de julio en Zaragoza, es 31,5°C (la media en el periodo de referencia 1971-2000). También podemos caracterizar la evolución del clima observado. Así, si observamos la temperatura máxima diaria de Zaragoza desde 1951 hasta 2004 en los meses de junio, julio y agosto, no se observa un incremento claro de la temperatura del verano. Sin embargo, si mediante herramientas estadísticas extraemos la tendencia subya-

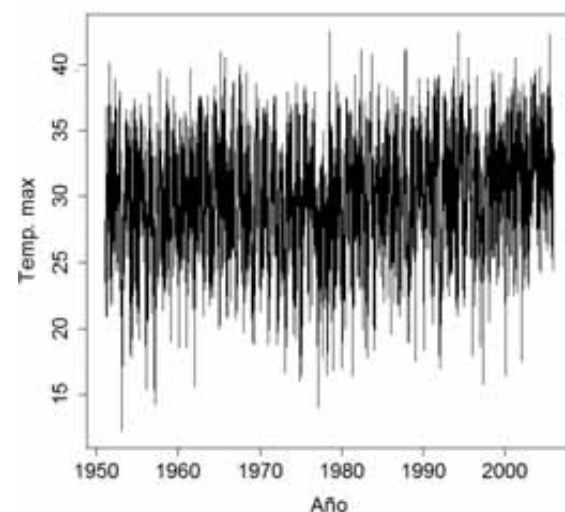
cente en cada mes, se observa que existe un aumento de la temperatura y que este es desigual en cada mes. En julio y agosto, se observa un aumento de 2°C respecto a 1951, que se estabiliza en la década de los noventa, mientras que en el mismo periodo la temperatura de junio se ha incrementado 5°C, alcanzando en los últimos años temperaturas similares a las de julio y agosto.

**LA ESTADÍSTICA PERMITE EVALUAR Y CUANTIFICAR DE FORMA OBJETIVA EL CAMBIO DEL CLIMA, ASÍ COMO ESTIMAR EL CAMBIO PROBABLE EN EL FUTURO**

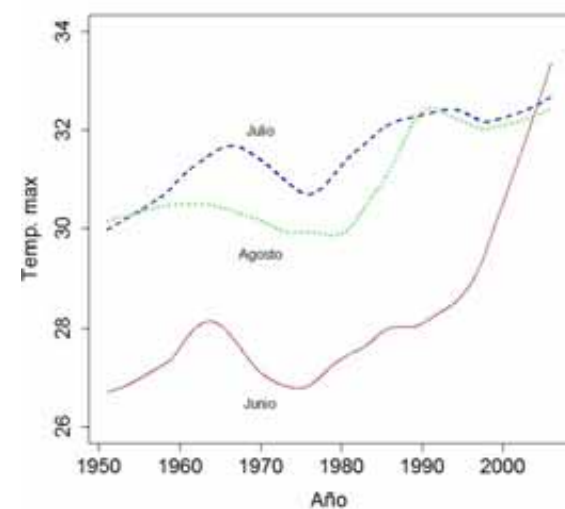
Además de la descriptiva, existen otras muchas ramas de la estadística que proporcionan herramientas para el estudio del clima. La estadística espacial permite la realización de mapas climáticos y existen numerosos modelos probabilísticos y estadísticos que cuantifican la evolución de variables climáticas, como la temperatura o la precipitación, y evalúan la influencia que sobre estas variables tienen distintos factores.

**CAMBIO CLIMÁTICO** Estadística para estudiar el Cambio Climático. Uno de los problemas relacionados con el clima que más preocupa en la actualidad es el cambio climático. Su importancia es innegable, pero seguramente surge la pregunta: ¿qué tiene que ver el cambio climático con la estadística? La respuesta es que nos proporciona herramientas para evaluar y cuantificar de forma objetiva el cambio del clima. Y lo que es más importante, nos permite calcular proyecciones (predicciones) verosímiles para estimar el cambio probable en el futuro, dentro de 20, 50 o 100 años.

Los modelos de circulación general (GCM) representan, mediante métodos cuantitativos, las interacciones entre los sistemas que integran el clima (la atmósfera, el océano y la superficie terrestre) y proporcionan simulaciones de cómo será en el futuro la temperatura, la velocidad del viento, la presión y humedad atmosférica y otras variables climáticas. Las proyecciones deben tener en cuenta que la evolución climática está condicionada al comportamiento humano y a las emisiones de gases de efecto invernadero. Por ello, los GCM proporcionan proyecciones bajo distintos escenarios climáticos, que representan imágenes posibles de la sociedad bajo evoluciones diferentes del crecimiento demográfico, el desarrollo socioeconómico o el cambio tecnológico.



Temperatura máxima diaria de Zaragoza desde 1951 hasta 2004 en junio, julio y agosto.



Evolución general de la temperatura máxima diaria de los meses de verano en Zaragoza.

La principal limitación de los modelos de circulación general es su escasa resolución espacial. Para resolverla existen otras herramientas estadísticas que adaptan estas proyecciones a las características regionales. También mediante métodos estadísticos es posible obtener proyecciones para fenómenos extremos, como las olas de calor o las sequías. En la página web de la Agencia Española de Meteorología, [www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/cambio\\_climat](http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/cambio_climat), se pueden consultar las proyecciones por regiones de la temperatura, la precipitación y otras variables hasta el año 2100.

ANA CARMEN CEBRIÁN DEPARTAMENTO DE MÉTODOS ESTADÍSTICOS. UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

### VERANOS MÁS CALUROSOS

**¿ES CIERTO?** Un comentario frecuente cada verano es: «Cada vez hace más calor!». La estadística nos ayuda a saber si esta afirmación es cierta. Analizando estadísticamente la temperatura máxima diaria de Zaragoza en los meses de verano desde 1951 a 2004 se puede concluir que la intensidad máxima del calor no ha aumentado desde la segunda mitad del siglo XX, es decir, que los días de más calor no tienen temperaturas más altas que antes y que los máximos anuales siguen siendo valores en torno a los 39°C. Sin embargo, las temperaturas del mes de junio son más altas que antes y están alcanzando los niveles de julio y agosto, es decir, los veranos empiezan antes, son más largos y con más días de mucho calor que hace 20 o 50 años.

### DESAFÍOS ESTADÍSTICOS

## LOS NÚMEROS DEL BALONCESTO

**> EL RETO** Un jugador de baloncesto cuya media de lanzamientos de tiros libres es el 70% llega a un partido decisivo, lanza 5 y solo encesta 2 (es decir, ese día solo llega al 40%). Lo normal es que el comentario sea: «¡Le han podido los nervios por la trascendencia del partido!». Pero en realidad puede no ser eso, porque ¿cuál es la probabilidad de que al lanzar 5 tiros falle al menos 3?

Y si en vez de 5 lanzamientos hace 10, la probabilidad de que meta 4 como máximo, ¿es la misma que en el caso anterior? Parece 'lógico' pensar que sí, ya que  $2/5 = 4/10$ , (40%). ¿Es así?

**LA SOLUCIÓN** En estas situaciones, lo fundamental es contar correctamente el número de formas en las que se pueden obtener N aciertos al realizar K lanzamientos. Si bien podemos contar directamente todas las formas posibles de que ocurra eso, una gran ayuda para resolver este conteo la proporcionan los números combinatorios; y, para calcular la probabilidad, la denominada distribución binomial,



### GANADORES

Tras realizar el sorteo entre los participantes en nuestro cuarto desafío estadístico, los ganadores son: Itzcóatl Bueno García, Jorge Velilla Gambó y José Javier Alcalde, que recibirán dos libros de divulgación matemática por cortesía de las editoriales RBA y Graó y del Departamento de Métodos Estadísticos de la Universidad de Zaragoza. Enhorabuena.

que no es más que una forma compacta de escribir todos los casos y su probabilidad.

En el primer caso, se trata de una distribución binomial B (5, 0,7), puesto que hace cinco pruebas (tiros) y la probabilidad de acierto es 0,7 = 70%. Así, si X es el número de aciertos, la probabilidad de tener dos aciertos o menos (3 fallos o más) es:

$$(Probabilidad de que X \leq 2) = \binom{5}{0}(0,3)^5 + \binom{5}{1}(0,3)^4(0,7) + \binom{5}{2}(0,3)^3(0,7)^2$$

Es decir: 0,163 (16,3%), aunque su media de aciertos sea del 70%. Y la de acertar exactamente 2 es 0,1323 (13,23%).

De manera análoga, cuando lanza 10 tiros libres, la probabilidad de que enceste 4 como máximo es 0,047 (4,7%).

Como se ve, con cierta frecuencia se buscan explicaciones 'raras' cuando un pequeño análisis estadístico puede mostrar que lo que sucede es esperable.

FERNANDO CORBALÁN

MÁS INFORMACIÓN  
[estadistica2013.unizar.es](http://estadistica2013.unizar.es)