

Procesos de estadística aplicada en AEMET

José A. Guijarro

Agencia Estatal de Meteorología, Delegación Territorial en Illes Balears

La Agencia Estatal de Meteorología (<http://www.aemet.es>) tiene como misión la prestación de servicios meteorológicos y climatológicos a la sociedad. La faceta más conocida por el público es la de la predicción del tiempo, que se apoya fundamentalmente en la simulación del comportamiento de la atmósfera mediante potentes ordenadores que puedan procesar las ingentes cantidades de datos necesarias para ello, que proceden de una gran variedad de fuentes (observaciones en la superficie terrestre con un cada vez más amplio abanico de instrumentos, perfiles verticales de la atmósfera medidos con radiosondas, y observaciones satelitales en diversos canales del espectro electromagnético).

Aunque la mayor parte de este proceso se dedica a calcular los sucesivos estados atmosféricos en cortos intervalos de tiempo y para extensas áreas o el planeta entero, la estadística ya juega aquí cierto papel. Por un lado, las modernas técnicas de predicción no realizan una única simulación de la evolución de la atmósfera, porque su estado inicial nunca puede reproducirse exactamente (por falta de observaciones o por errores en las mismas). Es por ello por lo que se realizan decenas de simulaciones en paralelo, alterando ligeramente ese estado inicial (“predicción por conjuntos”), con lo que se consigue una colección de predicciones posibles y puede evaluarse cuáles de ellas tienen una mayor probabilidad de cumplirse.

Pero por otro lado los estados atmosféricos futuros, previstos por las simulaciones, deben traducirse a valores de temperatura, precipitación y otras variables de interés para el público en puntos concretos como pueblos y ciudades, playas y otros lugares de interés turístico, etc. Para ello se usan métodos estadísticos como modelos de regresión múltiple o de selección de situaciones análogas extraídas de los archivos históricos.

Sin embargo, dado que el clima es el conjunto de estados atmosféricos propios de un lugar, es en el ámbito de la climatología donde la estadística juega un papel fundamental. En efecto, ya no estamos tratando del tiempo que hace hoy o del que hará en alguno de los próximos días, sino del que hizo en los últimos 30 o más años. Se entiende así la necesidad de usar herramientas estadísticas para resumir los aspectos más relevantes de tal cantidad de datos.

Las observaciones meteorológicas pasan un control de calidad básico antes de su ingreso en el banco de datos, y posteriormente también se analiza su consistencia espacial por comparación con los datos de los alrededores. Una vez validados, ya pueden ser usados para obtener fichas climáticas de valores medios y extremos, así como probabilidades de superar ciertos umbrales. Otros índices implican una mayor elaboración estadística, como por ejemplo el SPI (“Standard

Precipitation Index”), ampliamente usado en el seguimiento de las sequías, que precisa para su cálculo ajustar los datos observados a distribuciones teóricas de probabilidad. Todos estos parámetros e índices pueden cartografiarse con ayuda de un Sistema de Información Geográfica y obtener mapas climatológicos de las distintas variables, de gran utilidad para sectores como el agronómico, turístico, energético, etc.

Los parámetros estadísticos básicos pueden calcularse programando los algoritmos correspondientes en herramientas de desarrollo propio, o usarse las funciones implementadas en hojas de cálculo y demás programas de uso común. Sin embargo, para profundizar en el estudio de las relaciones de los distintos elementos climáticos entre sí, su variabilidad en el tiempo y en el espacio, y su posible dependencia de otras variables externas, es preciso recurrir a algún paquete estadístico. Uno de amplia popularidad es el paquete “R”, que además de ser libre y multiplataforma se nutre de las aportaciones de los desarrollos de la comunidad de usuarios. Algunas de estas contribuciones están dirigidas a estudios de meteorología y climatología, y una de ellas se ha desarrollado en el seno de AEMET (<http://cran.r-project.org/web/packages/climatol/>), para permitir la homogeneización automática de series, corrigiéndolas de las alteraciones que hayan podido sufrir a lo largo de su historia por cambios de emplazamiento o de instrumentación, de manera que reflejen mejor la evolución del clima.

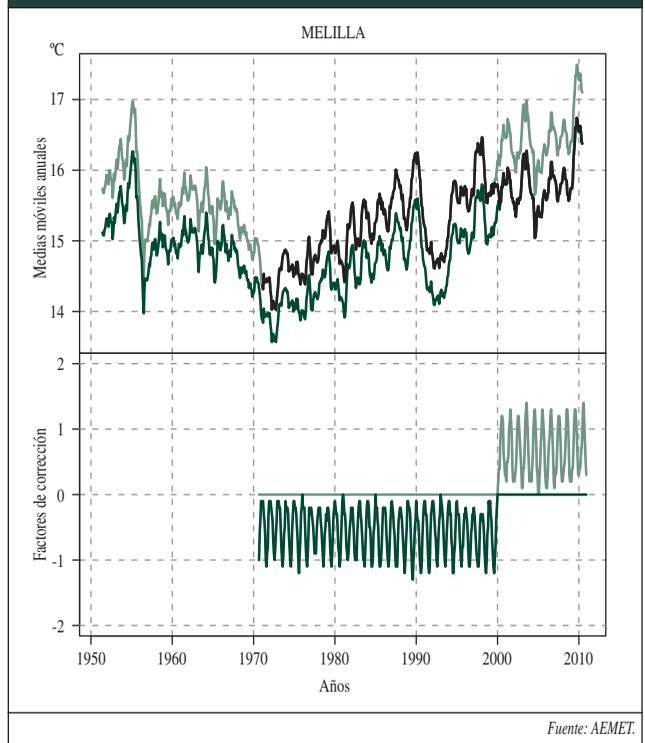
Para terminar, haremos referencia a un aspecto de la investigación climática de gran relevancia hoy en día, como es la predicción de las variaciones del clima a lo largo del presente siglo. Es de sobra conocida la preocupación existente acerca de los cambios climáticos que puede producir el continuo aumento de la concentración de CO₂ en la atmósfera, fruto sobre todo de la quema en pocos decenios de los combustibles fósiles que fueron fijando este gas a lo largo de millones de años. Las propiedades físicas del CO₂ hacen que retenga una parte del calor que la Tierra emitiría al

espacio en forma de radiación infrarroja de onda larga, por lo que su aumento produce el mismo efecto que si se incrementara la radiación solar que alcanza nuestro planeta, esto es, un paulatino aumento en la temperatura media. Pero este aumento no tiene por qué ser uniforme (de hecho está previsto que sea mucho mayor en las zonas polares que en las ecuatoriales), y la complejidad de todos los fenómenos involucrados hace que existan muchas incertidumbres sobre cómo puede evolucionar el clima en zonas concretas.

Para prever esta evolución se usan modelos similares a los de la predicción meteorológica, pero añadiendo el comportamiento de los océanos, la biosfera y las zonas cubiertas de hielo (criosfera). Y también hay que prever distintos escenarios respecto a la concentración prevista de CO₂, desde los optimistas que consideren que se van a adoptar medidas para paliar el cambio climático reduciendo drásticamente el uso de combustibles fósiles, hasta los más pesimistas que presuman un consumo desbocado de los mismos. Como es natural, si la previsión del tiempo deja de ser fiable al transcurrir unos cuantos días, no podemos pretender predecir el tiempo que hará un día determinado dentro de 30, 50 ó 70 años, sino que lo que tratamos de establecer es cuál será la frecuencia de los distintos tipos de tiempo en el futuro: días soleados, nubosos, con lluvia, etc., y qué valores de precipitación, temperatura, viento y demás elementos atmosféricos cabe esperar. Para ello se usan técnicas de adaptación de escala (“traducción” de mapas meteorológicos previstos a valores climatológicos en zonas concretas) similares a las mencionadas en el caso de la predicción del tiempo de los próximos días, técnicas que se aplicarán tanto para el clima futuro como para la simulación del pasado reciente, que servirá de control para validar el comportamiento de los modelos climáticos. AEMET genera y almacena este tipo de previsiones de cambio de las temperaturas y precipitaciones para cada Comunidad Autónoma, y pueden consultarse en: http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/cambio_climat.

Tras este breve repaso a las actividades de la Agencia Estatal de Meteorología, habrá quedado de manifiesto la importancia de las herramientas estadísticas en la mayoría de procesos que llevamos a cabo para la consecución de nuestros objetivos de prestar un servicio a la sociedad, cuya calidad esperamos mejorar día a día.

RECONSTRUCCIÓN DE LA SERIE DE TEMPERATURAS MÍNIMAS MEDIAS DE MELILLA, CORRIENDO UNA INHOMOGENEIDAD. (VALORES ORIGINALES EN NEGRO):



VALORES CLIMATOLÓGICOS NORMALES. MADRID (1971-2000) ALTITUD: 667 METROS; LATITUD: 40° 24' 43" N; LONGITUD: 3° 40' 41" O

Mes	T	TM	Tm	R	H	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I
Enero	6.1	9.7	2.6	37	71	6	1	0	5	6	8	148
Febrero	7.9	12.0	3.7	35	65	6	1	0	4	3	6	157
Marzo	10.7	15.7	5.6	26	54	5	0	1	2	1	7	214
Abril	12.3	17.5	7.2	47	55	7	0	1	1	0	5	231
Mayo	16.1	21.4	10.7	52	54	8	0	3	0	0	4	272
Junio	21.0	26.9	15.1	25	46	4	0	3	0	0	8	310
Julio	24.8	31.2	18.4	15	39	2	0	3	0	0	16	359
Agosto	24.4	30.7	18.2	10	41	2	0	2	0	0	14	335
Septiembre	20.5	26.0	15.0	28	50	3	0	2	0	0	9	261
Octubre	14.6	19.0	10.2	49	64	6	0	1	1	0	6	198
Noviembre	9.7	13.4	6.0	56	70	6	0	0	5	1	7	157
Diciembre	7.0	10.1	3.8	56	74	7	1	0	6	4	7	124
Año	14.6	19.4	9.7	436	57	63	4	16	24	16	97	2769

Legenda: T: Temperatura media mensual/anual (°C). TM: Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C). Tm: Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C). R: Precipitación mensual/anual media (mm). H: Humedad relativa media (%). DR: Número medio mensual/anual de días de precipitación >= 1 mm. DN: Número medio mensual/anual de días de nieve. DT: Número medio mensual/anual de días de tormenta. DF: Número medio mensual/anual de días de niebla. DH: Número medio mensual/anual de días de helada. DD: Número medio mensual/anual de días despejados. I: Número medio mensual/anual de horas de sol.