

Problemática de la detección del cambio climático en Baleares

José A. GUIJARRO

SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA
NATURAL DE LES BALEARS

Guijarro, J.A. 2001. Problemática de la detección del cambio climático en Baleares. In: Pons, G.X. i Guijarro, J.A. (Eds.): *El canvi climàtic: passat, present i futur*. Mon. Soc. Hist. Hist. Nat. Balears, 9: 147-158. ISBN: 84-87818-34-X. Palma de Mallorca.

El estudio de las series más largas de Baleares (4 de temperatura y 7 de precipitación) ilustra la problemática de la detección del cambio climático. Tras analizar la influencia de los cambios de emplazamiento de los observatorios en estas series, enmascarado en las pluviométricas por su elevada variabilidad interanual, se ha observado en los últimos años un aumento de la temperatura media a un ritmo de 0,77°C por decenio. Las tendencias observadas en la precipitación desde 1941 son de disminución en el noreste de Baleares (-9% en Mahón) y aumento en el sudoeste (+13% en Ibiza), indicando un posible cambio en las frecuencias de los tipos de circulación atmosférica en el Mediterráneo Occidental.

Palabras clave: series climatológicas, temperatura, precipitación, homogeneización, cambio climático, Baleares.

PROBLEMS IN THE DETECTION OF CLIMATIC CHANGE AT THE BALEARICS. The study of the longest series of the Balearic Islands (4 of temperature and 7 of precipitation) illustrates the problems in the detection of climatic change. After analyzing the influence of the observatory site moves in these series, masked in the pluviometric ones by their high inter-annual variability, an increase in the mean temperature at a rate of 0,77°C per ten years has been observed. The observed tendencies in the precipitation from 1941 show a decrease in the northeast of the Balearics (-9% at Maó) and an increase in the southwest (+13% at Eivissa), pointing at a possible change in the frequencies of the atmospheric circulation types in the Western Mediterranean.

Keywords: Climatological series, temperature, precipitation, homogenization, climatic change, Balearics.

PROBLEMÀTICA DE LA DETECCIÓ DEL CANVI CLIMÀTIC A LES BALEARS. L'estudi de les sèries més llargues de Balears (4 de temperatura i 7 de precipitació) il·lustra la problemàtica de la detecció del canvi climàtic. Després d'anàlitzar la influència dels canvis d'emplaçament dels observatoris en aquestes sèries, enmascarat en les pluviomètriques per la seva elevada variabilitat interanual, s'ha observat als darrers anys un augment de la temperatura mitjana a un ritme de 0,77°C per decenni. Les tendències observades a la precipitació des de 1941 són de disminució al nord-est de Balears (-9% a Maó) i augment al sudoest (+13% a Eivissa), indicant un possible canvi a les freqüències dels tipus de circulació atmosfèrica a la Mediterrània Occidental.

Paraules clau: sèries climatològiques, temperatura, precipitació, homogeneïtzació, canvi climàtic, Balears.

José A. GUIJARRO: Instituto Nacional de Meteorología, C.M.T. en Illes Balears. (pmd@inm.es).

Introducción

El clima de la Tierra ha sufrido grandes variaciones a lo largo de su historia geológica, que abarca unos 4500 millones de años. En los últimos 2 millones de años, la era Cuaternaria en que vivimos, se ha caracterizado por una alternancia de periodos fríos (glaciaciones) y cálidos, de duraciones de decenas a centenares de miles de años, atribuidas a cambios en los parámetros orbitales de nuestro planeta y a posibles cambios en la actividad volcánica y en la radiación emitida por el Sol (Lamb, 1982; Schneider, 1983).

Si centramos nuestra atención en el último milenio, el clima ha sido relativamente estable, si bien entre los siglos XVI y XIX hubo un cierto enfriamiento conocido como la pequeña edad glacial, más o menos coincidente con los mínimos de manchas solares del S. XV y segunda mitad del XVII. Pero, desde la consolidación de la Revolución Industrial en el siglo XIX, el desarrollo económico de una parte de la Humanidad ha ido de la mano de un consumo de energía que se ha ido incrementando de forma exponencial a lo largo del tiempo. La mayor parte de esta energía se obtiene mediante la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas, ...), lo que tiene como consecuencia la liberación de grandes cantidades de CO_2 a la atmósfera y un paulatino pero inexorable aumento en su concentración.

Dado que el CO_2 es un gas transparente para la radiación solar, pero bastante opaco para parte de la radiación infrarroja con que nuestro planeta disipa la energía recibida del Sol, un aumento en su concentración elevará la proporción de energía atrapada en la superficie terrestre, y por tanto su temperatura media. Además, otros gases con un efecto similar también aumentan su concentración

en la atmósfera como consecuencia de las actividades humanas (caso del metano, cloro-fluoro-carbonos, etc).

Predecir las consecuencias de este aumento de la cantidad de energía atrapada en la superficie terrestre se ha revelado como una tarea sumamente ardua, puesto que el sistema climático tiene componentes no sólo atmosféricos, sino también oceánicos, geoquímicos y biológicos, cuyas múltiples interacciones alcanzan grados de complejidad muy difíciles de discernir, y están siendo objeto de un gran esfuerzo investigador en todo el mundo, coordinado por el IPCC (Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático) (Guijarro, en este volumen). Desde un principio las simulaciones con modelos climáticos indicaron que este aumento de temperatura no iba a ser uniforme, sino que en las zonas polares se manifestaría con bastante mayor intensidad que en las ecuatoriales. Pero los cambios en la circulación atmosférica pueden hacer que el clima de regiones concretas pueda cambiar de forma dispar, al variar la frecuencia con que se vean afectadas por las distintas perturbaciones atmosféricas y sus fenómenos asociados, de modo que los cambios afectarán no sólo a la temperatura, sino al resto de las variables que definen el clima de un lugar: nubosidad, precipitación, humedad, viento, etc. Lamentablemente, si demandamos este grado de precisión, los modelos climáticos ofrecen resultados diferentes, según como estén construidos (número de interacciones contempladas entre los diferentes subsistemas, y formulaciones y parámetros empleados en las mismas).

En el caso de las Islas Baleares, la pregunta que se formula el ciudadano es: ¿Está cambiando el clima de nuestras islas? Y, en caso afirmativo, ¿de qué forma? Muchas personas tienen la impresión de que sí, de que el clima está cambiando. Nuestros mayores

recuerdan los charcos helados en invierno, la necesidad de llevar prendas de abrigo, etc. En la festividad de Todos los Santos, el 1 de noviembre, era costumbre estrenar las ropas recién compradas para la temporada invernal, cosa que en los últimos años está resultando bastante incómoda, dadas las todavía elevadas temperaturas que se están dando por esa fecha. En cuanto a las precipitaciones, también se dice que ahora llueve menos, puesto que antes solía correr el agua por los torrentes con mayor asiduidad. En este caso el argumento es claramente incorrecto, porque la actual explotación abusiva de las aguas subterráneas ha hecho descender mucho el nivel de las capas freáticas, y esto basta para explicar la casi permanente sequedad de los torrentes. Si las precipitaciones han cambiado, deberán decirlo las medidas efectuadas con los pluviómetros, de igual modo que los termómetros y demás instrumental meteorológico nos proporcionarán datos más objetivos en que basar análogos afirmaciones.

Sin embargo, el estudio de las series de datos tropieza con serios obstáculos debido al escaso número de observatorios que han funcionado durante un largo periodo de tiempo, y a la falta de homogeneidad de sus registros, por cambios de emplazamiento, de instrumentación, de las condiciones de instalación (en una terraza o en el suelo, con o sin garita termométrica, etc., Parker, 1994), e incluso por cambios en el entorno del observatorio, como los debidos al crecimiento de las ciudades, talas de bosques, cambio de secano a regadío en los cultivos circundantes, etc. (Karl *et al.*, 1995). Más modernamente, los satélites han comenzado a proporcionar valiosos datos que pueden usarse para interpolar lagunas, pero sus errores hacen que sea imprescindible

comparar sus medidas con otras convencionales (Folland *et al.*, 2000).

En los siguientes apartados estudiaremos la problemática particular de las series más largas de temperatura y precipitación de las Islas Baleares, y trataremos de diferenciar la evolución natural de estos elementos climáticos de las perturbaciones que hayan sufrido los observatorios a lo largo de su historia.

Temperaturas

El banco de datos del Centro Meteorológico Territorial en Illes Balears, dependiente del Instituto Nacional de Meteorología, dispone de datos de temperatura de un total de 83 estaciones, pero únicamente un 10 % de las mismas tiene 30 o más años de observación, y no necesariamente consecutivos. La serie más larga es la más antigua de Mahón, que funcionó durante 67 años (1865-1932). El observatorio de Palma inició sus observaciones todavía antes (1862), en el antiguo colegio de Montesión, pero se trasladó al Instituto de Enseñanza Media al terminar el año 1916, por lo que sólo permaneció activo 55 años. La siguiente estación en antigüedad, exceptuando los nuevos emplazamientos de Palma y Mahón, es la de Son Servera, que inició sus observaciones en 1915, pero dejó de funcionar en 1930, y hasta los años cuarenta no encontramos ninguna otra estación termométrica. Para poder estudiar la evolución de la temperatura en Baleares desde una perspectiva temporal amplia, hemos de proceder entonces a construir series largas para Palma y Mahón, combinando las series de sus diferentes emplazamientos.

Tabla 1. Número de estaciones termométricas, según la longitud de sus registros.
Table 1. Number of thermometric stations, following their record length.

Nº. de años	<10	10-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	Total
Nº. de estaciones	28	28	18	4	3	1	1	83

En la Fig. 1 se representa la serie de temperaturas medias anuales de Palma. Se observa una cierta irregularidad que hace que de unos años a otros haya variaciones de alrededor de 1°C. Para suavizar estas variaciones se representan en la misma gráfica las medias móviles de 10 y 30 años (excepto en los extremos, en que el cómputo se ha efectuado con la mitad de dichos años). Lo más notable de la Fig. 1 es un descenso termométrico hasta 1930, seguido de un aumento hasta nuestros días. Sin embargo, si analizamos la gráfica con más detalle, pueden distinguirse periodos con temperaturas relativamente estacionarias, separados por saltos térmicos más bruscos. El primero de estos periodos podría durar hasta 1882, con un promedio de 17,9°C que, tras un descenso de 0,5°C, daría paso a otro periodo que se prolongaría hasta 1916. Después podría considerarse como bastante estacionario otro periodo que abarcaría desde 1917 hasta 1942, al que seguiría otro con una ligera tendencia ascendente de la temperatura hasta 1986, en que el ascenso se acentúa hasta la actualidad.

Estas discontinuidades pueden ser reales o inducidas por cambios en la instrumentación, condiciones de instalación, o entorno del observatorio. En el caso de un observatorio urbano como éste, hay que tener en cuenta la influencia del efecto isla de calor, cuyo impacto sobre las series de temperatura ha sido estudiado tanto a nivel mundial (Jones *et al.*, 1989) como en el ámbito mediterráneo (Quereda y Montón, 1994; Montón y Quereda, 1997), y en Baleares se ha podido detectar tanto en la ciudad de Palma como en poblaciones menores (Guijarro, 1986; 1998). No disponemos de información sobre la historia del observatorio para explicar la presunta discontinuidad de 1882, pero las otras coinciden (o están próximas) con los cambios de ubicación que sufrió el observatorio, señalados mediante líneas verticales en la Fig. 1.

Pero las inhomogeneidades de las series, por causas ajenas a la variabilidad natural del elemento estudiado, se detectan mucho mejor por comparación con las de otras estaciones de referencia, teniendo en cuenta que éstas también pueden haber sufri-

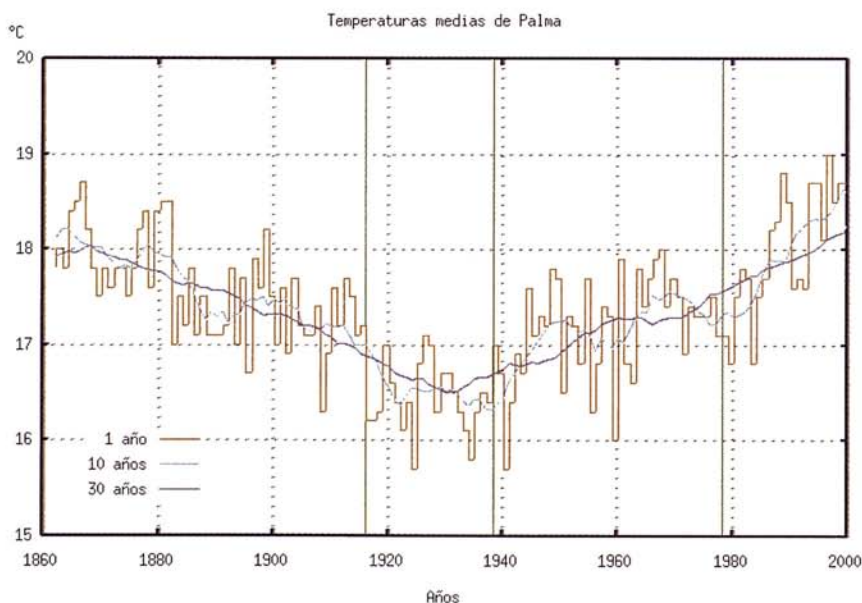


Fig. 1. Temperaturas medias anuales de Palma (varias ubicaciones), y medias móviles de 10 y 30 años.
 Fig. 1. Annual temperature averages for Palma (several sites), plus 10 and 30 year running means.

do discontinuidades (más probables cuanto mayor sea su longitud). En la Fig. 2 se puede observar la evolución anual de las temperaturas medias de las dos series largas (Palma y Mahón), junto con otras de menor duración (aeropuerto de Ibiza y Lluc). Los cambios de emplazamiento de Palma y Mahón se reflejan mediante trazos verticales del mismo color que sus gráficas respectivas.

Las series presentan un elevado grado de concordancia. Los datos más antiguos de Palma (estación situada en la calle Montesión), son casi siempre superiores a los de Mahón, y en ambas se produce un enfriamiento hacia 1882 (aunque el destacado mínimo de Mahón en 1887 no queda reflejado en la serie de Palma) pero, al trasladarse la estación de Palma al nuevo Instituto en 1917, situado en lo que entonces eran las afueras de la ciudad, pasa a tener temperaturas ligeramente más bajas que las de Mahón. En 1932 deja de funcionar la estación de la calle *Prieto* y *Caules* de Mahón, por lo que hasta 1939, año en que comienza a operar la de la plaza de la *Explanada* (muy próxima a la anterior), los

datos corresponden a la Base Naval. En este corto periodo no se observa un cambio claro en las diferencias termométricas entre Palma y Mahón. Muy poco antes de comenzar Mahón *Explanada*, la estación de Palma se traslada a la *Jefatura del Sector Aéreo*, en la calle *Antonio Planas* (nuevamente en pleno casco urbano), y sus temperaturas vuelven a superar a las de Mahón, aunque sólo ligeramente. De 1940 a 1968 se aprecia un ligero incremento en las temperaturas medias que, tratándose de dos observatorios urbanos, podría atribuirse, al menos en parte, al crecimiento urbanístico. Desde 1961 se incorporan a la gráfica los datos del aeropuerto de Ibiza, que resultan ser bastante similares a los de Palma, y a partir de 1968 también los de Lluc, con valores más bajos debido a su ubicación a 490 m de altitud, en plena sierra de Tramuntana.

A finales de 1970 el observatorio de Mahón deja la ciudad, a 43 m de altitud, para trasladarse al aeropuerto, 4 km hacia el sudoeste y a 85 m sobre el nivel del mar. El estudio aislado de la serie de Mahón nos llevaría

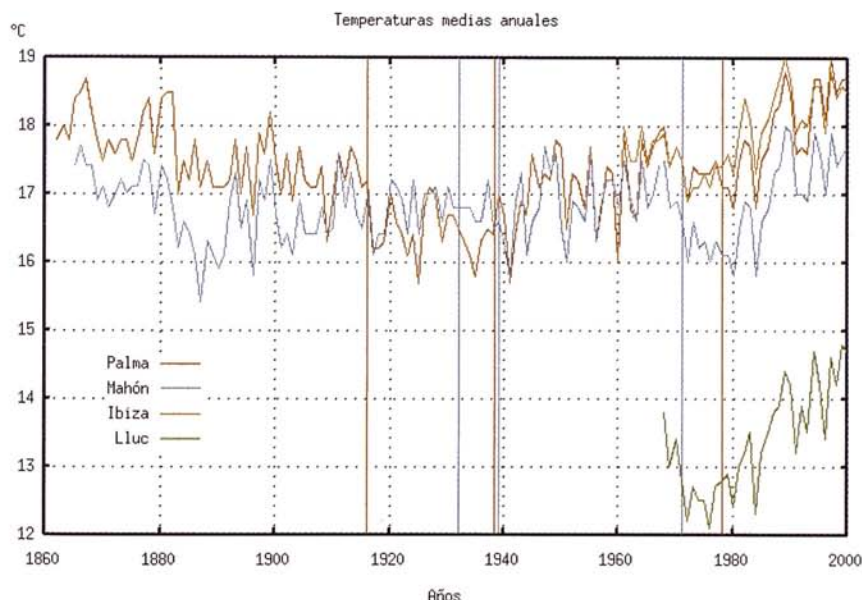


Fig. 2. Temperaturas medias anuales de Palma, Mahón, Ibiza (aeropuerto) y Lluc.
 Fig. 2. Annual temperature averages for Palma, Maó, Eivissa (airport) and Lluc.

Tabla 2. Temperaturas medias (°C) de diferentes septenios (tres consecutivos, y el más reciente) en Mahón, Lluc, Palma e Ibiza.

Table 2. Mean temperatures (°C) of different seven-year periods (three consecutive, plus the most recent one) in Maó, Lluc, Palma and Eivissa.

Periodo	Ibiza	Palma	Lluc	Mahón
1964-70	17,7	17,7	-	17,1
1971-77	17,2	17,3	12,5	16,3
1978-84	17,7	17,3	12,9	16,3
1994-00	18,5	18,6	14,4	17,6

a atribuir a este cambio el notable descenso de temperatura que se observa entre 1968 y 1972. Sin embargo, viendo el paralelismo entre las cuatro series, se deduce que dicho descenso se produjo realmente, si bien un análisis más detallado nos indica que fue 4 décimas de grado más acusado en Mahón (1,0°C) que en Palma (0,6°C). Éste es el resultado de comparar los promedios de temperatura de los 7 años posteriores al traslado de Mahón al aeropuerto (no se pueden tomar más porque después es la estación de Palma la que cambia de emplazamiento) con los 7 años anteriores (primeras filas de la tabla 2).

En febrero de 1978 tiene lugar el último de los cambios, al dejar el observatorio de Palma su ubicación en el casco urbano para ir a situarse en el *Muelle de Poniente* (Portopí), entre el mar y una zona bastante urbanizada, pero lejos del centro de la ciudad. En los años anteriores y posteriores las gráficas de Palma e Ibiza discurren muy próximas, pero mientras que las temperaturas de Palma-Jefatura eran iguales o superiores a las del aeropuerto de Ibiza, las de Palma-Portopí son inferiores. En la tabla 2 vemos como la temperatura media de los septenios anterior y posterior al traslado permanece invariable en Palma, mientras que en Ibiza se produce un aumento de 0,5°C. En Lluc se observa un aumento de 0,4°C, mientras que en Mahón no cambia el promedio. Al estar Palma situada entre Lluc e Ibiza, parece lógico pensar que la temperatu-

ra en Palma-Jefatura debía de ser 4 o 5 décimas de grado mayor que en Portopí.

Desde 1978 parece no haber ya más cambios de emplazamiento, aunque pueden haberse producido algunos cambios menores, pobremente documentados (como sustituciones de instrumental o abrigo termométrico, o incluso pequeños cambios de emplazamiento, como el traslado del instrumental de los aeropuertos de la vecindad de la terminal de pasajeros a una de las cabeceras de pista), pero potencialmente perturbadores de las medidas termométricas. Desde ese año se observa un notable aumento en las temperaturas, que entre los septenios 1978-84 y 1994-00 suponen incrementos de 0,8°C en Ibiza, 1,3°C en Palma y Mahón, y 1,5°C en Lluc (un promedio de 0,77°C por decenio). La mayor parte de este incremento tiene lugar en el periodo 1984-89, de tal forma que, en el caso concreto del aeropuerto de Menorca, hasta 1986 ninguna temperatura media anual supera los 16,9°C, mientras que desde 1987 hasta la actualidad, ninguna ha estado por debajo de ese valor.

Por tanto el aumento de temperatura de los últimos años resulta incontrovertible (los aeropuertos de Menorca e Ibiza no están sometidos a crecimiento de isla de calor urbana), y únicamente cabe preguntarse qué parte del mismo es debido a las actividades humanas, y qué parte a la variabilidad natural del clima.

Hasta aquí únicamente se han estudiado las variaciones de la temperatura media, y aumento observado de alrededor de 1,25°C en 16 años podría parecer poco importante. Sin embargo, aparte de los probables aumentos adicionales en las temperaturas de las próximas décadas, este pequeño calentamiento se traduce en importantes variaciones en las frecuencias de las heladas, acumulaciones de grados-día de calor y horas-frío de vernalización que afectan al desarrollo de los cultivos, necesidades de climatización de los edificios, etc. Estos cambios tienen aspectos positivos y negativos; así, los edificios precisarán menor calefacción en invierno pero mayor uso del aire acondicionado en verano, y los cultivos se desarrollarán más rápidamente y sufrirán menos heladas, pero la falta de frío invernal impedirá la correcta floración de muchas especies de frutales y favorecerá el desarrollo de plagas agrícolas (Monteith, 1981).

Precipitaciones

La problemática de las series de datos pluviométricos es la misma que la de los termométricos, con el serio agravante de que la mayor irregularidad de la precipitación demanda series de datos más largas y de un mayor número de estaciones. Las Islas Baleares poseen una red de estaciones pluviométricas bastante densa; entre las que funcionaron en el pasado y las que lo hacen actualmente totalizan 360 pluviómetros, pero únicamente un 35 % tienen 30 o más años de observación, y sólo un 11 % supera los 50 (tabla 3). Además, es bastante frecuente que hayan sufrido interrupciones en su funcionamiento,

lo que hace necesario recurrir a comparaciones con otras estaciones para rellenar sus lagunas de datos. Por ello, y al igual que sucedía con las temperaturas, para obtener series centenarias de Baleares hemos de recurrir a combinar las de los distintos emplazamientos de los observatorios de Palma y Mahón.

Si representamos la serie de Palma (Fig. 3), observamos que la variabilidad interanual de la precipitación es mucho mayor que la de las temperaturas, con mínimos de unos 200 mm y máximos de alrededor de 700. De los tres cambios de ubicación del observatorio, únicamente el de 1938 parece coincidir con un cambio apreciable en la precipitación, concretamente con una disminución de un 15% (si comparamos los promedios de los 30 años anteriores y posteriores a 1938, que pasan de 491 a 419 mm). Si hacemos el mismo cálculo para Mahón, la media de 30 años cambia de 591 a 639 mm, lo que, lejos de una disminución, supone un incremento de un 8 %. Esta disparidad nos lleva a suponer que la disminución de Palma es atribuible al traslado del *Instituto* a *Jefatura*.

Pero vamos a comparar las series de varias estaciones, representándolas en una misma gráfica. Dado el mayor número de estaciones pluviométricas, se han podido seleccionar 7 estaciones con series más o menos largas y completas. La elevada irregularidad de la precipitación hace que la representación conjunta de las precipitaciones anuales de las estaciones resulte muy confusa (Fig. 4), por lo que procederemos a realizar un suavizado de los datos mediante medias móviles de 10 años. En la gráfica resultante (Fig. 5) se observa así un acusado paralelismo

Tabla 3. Número de estaciones pluviométricas, según la longitud de sus registros.
Table 3. Number of pluviometric stations, following their record length.

Nº. de años	<10	10-19	20-29	39 40	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89	Total
Nº. de estaciones	71	100	62	53	32	30	9	1	2	360

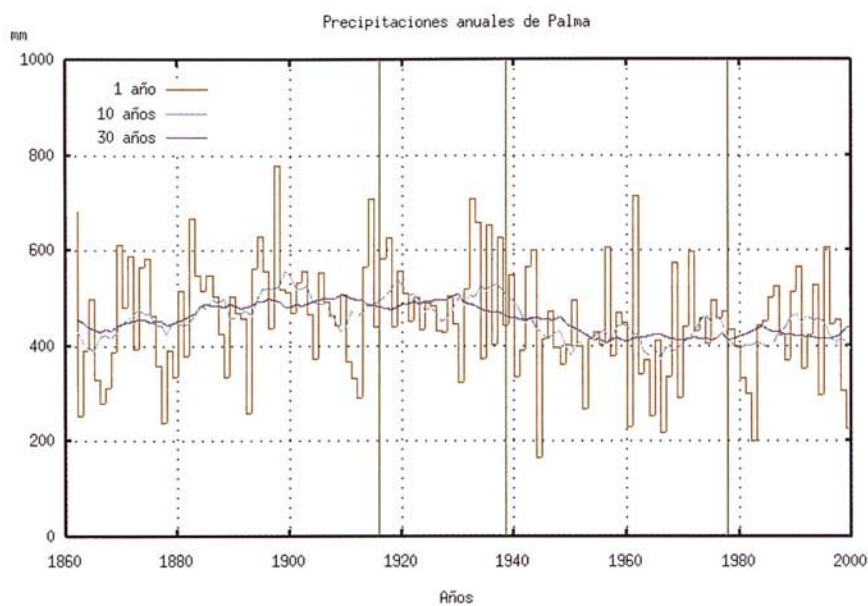


Fig. 3. Precipitaciones anuales de Palma (varias ubicaciones), y medias móviles de 10 y 30 años.
Fig. 3. Annual precipitations from Palma (several sites), plus 10 and 30 year running means.

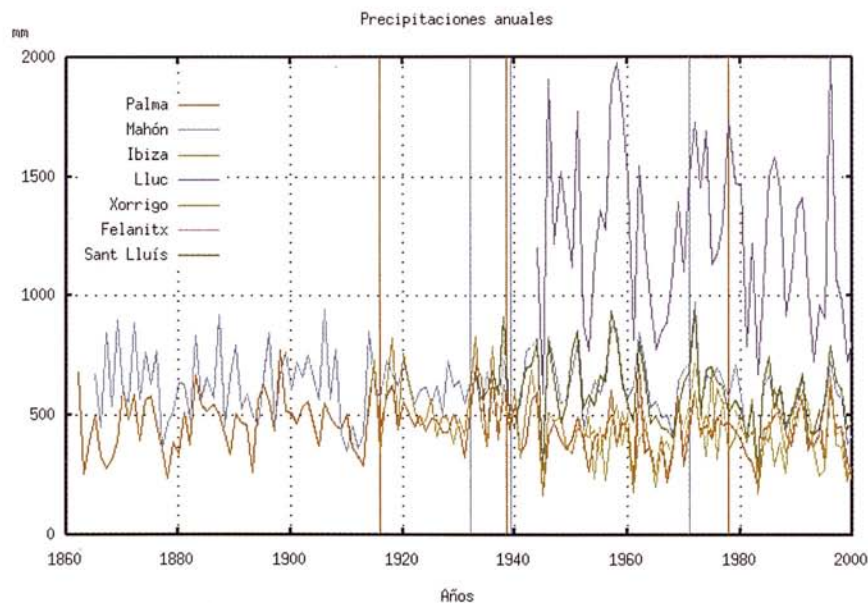


Fig. 4. Precipitaciones anuales de las siete series más completas de Baleares.
Fig. 4. Annual precipitation from the seven most complete series of the Balearics.

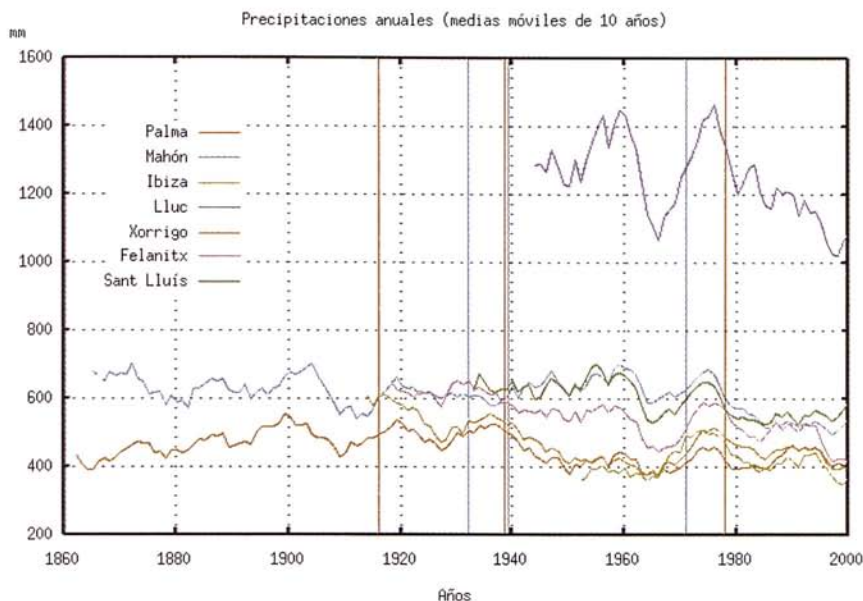


Fig. 5. Medias móviles de 10 años de las precipitaciones anuales de las siete series más completas de Baleares.

Fig. 5. 10 year running means of annual precipitations from the seven most complete series of the Balearics.

entre las 7 series, particularmente notable entre Palma y Xorriego (en el mismo municipio) en los años anteriores y posteriores a 1938. Por tanto hemos de considerar ahora que el traslado de la estación en dicho año no es responsable de la disminución de la precipitación registrada, y que realmente las tendencias de la precipitación de Palma y Mahón eran diferentes en esa época. Los cambios sufridos por estos observatorios, señalados mediante trazos verticales en la gráfica, parecen no influir sensiblemente en los registros; la suavización realizada en la Fig. 5 tiende a disimular esta influencia, pero los datos originales de la Fig. 4 son tan ruidosos que también enmascaran los cambios, por lo que serán necesarios análisis estadísticos más elaborados para dilucidar el efecto real de los mismos. Lo que sí ha quedado ilustrado es la necesidad de contar con una red de estaciones pluviométricas suficientemente densa, pues de lo contrario se puede llegar a conclusiones erróneas.

En cuanto a la evolución general de las series, tras las fluctuaciones iniciales de Palma y Mahón, que tienen lugar en una banda relativamente estable, hacia 1940 se observa una disminución de las precipitaciones en el municipio de Palma (Palma y Xorriego) de alrededor de un 15%, que es mucho menor en Felanitx (también en la isla de Mallorca), pero que en la isla de Menorca (Mahón y Sant Lluís) se convierte en un ligero aumento. Después finalizan las gráficas con una sucesión de descensos y recuperaciones, pero con tendencia general descendente excepto en Ibiza y el municipio de Palma, donde las fluctuaciones son menos acusadas y la tendencia parece ligeramente ascendente. La serie de Lluc, con un nivel de precipitaciones mucho mayor, presenta unas oscilaciones similares a las demás, aunque muy amplificadas.

Si calculamos los promedios de los últimos 30 años y los comparamos con los del treintenio inmediatamente anterior (tabla 4),

Tabla 4. Precipitaciones medias (mm) de los dos últimos treintenarios en las series más largas de Baleares. (* = periodo incompleto)*Table 4. Mean precipitations (mm) of the two last 30-year periods from the longer Balearic series.*

Periodo	Ibiza	Xorriego	Palma	Lluc	Felanitx	S. Lluís	Mahón
1941-70	387*	426	414	1254*	532	611	632
1971-00	437	457	430	1238	516	578	573
Variación (%)	+13	+7	+4	-1	-3	-5	-9

observamos también un comportamiento desigual en la evolución de la precipitación en el medio plazo reciente, con disminución en el nordeste del archipiélago (-9 % en Mahón) y aumento en el sudoeste (+13% en Ibiza). Este desigual comportamiento podría deberse a algún cambio en las frecuencias de las diferentes situaciones meteorológicas productoras de precipitación. De hecho Laita (1995), en su análisis de los campos de presión en el Mediterráneo Occidental durante 1961-90, detecta ligeras tendencias de aumento de los valores medios mensuales de las componentes zonal y meridiana del viento, que apuntan a una gradual disminución de la frecuencia de situaciones con flujo del nordeste y aumento de las del sudoeste, concordante con las variaciones observadas en la precipitación. No obstante, habría que extender dicho trabajo a un periodo de tiempo mayor, analizando las frecuencias de las distintas situaciones, para poder confirmar esta relación. Otro fenómeno concordante con este incremento de las situaciones con flujo de componente sur sería el aumento de la frecuencia de lluvias de barro observado tanto en el sudeste de la Península Ibérica (Quereda *et al.*, 1996) como en Baleares (Fiol *et al.*, 2001).

Además de la evolución de la precipitación anual, básica para la evaluación de los recursos hídricos, otras variables pluviométricas que podrían verse afectadas por el cambio climático serían las frecuencias de días de lluvia por encima de diferentes umbrales, periodos de retorno de las precipitaciones más

intensas, frecuencia y duración de las sequías, etc. Todas ellas necesitarán estudios particularizados, pero siempre habrán de basarse en una adecuada cobertura de estaciones pluviométricas con series largas y fiables.

Otras variables

La precipitación y la temperatura son las variables que primero se analizan en un estudio climatológico regional, por afectar a gran número de actividades humanas; también son las que poseen redes más densas de observación. Sin embargo hay otras variables importantes como las horas de sol, humedad relativa, viento, que habría que estudiar, pero para las que las series de datos son bastante escasas y generalmente más cortas.

Como ejemplo presentamos en la Fig. 6 las medias anuales de las humedades e insolaciones relativas de Palma, Mahón e Ibiza, desde 1961. La insolación relativa es el porcentaje de horas de sol respecto a las máximas teóricamente posibles y varía de forma inversa a la nubosidad. Las tendencias a medio plazo no son muy aparentes, dado que se mueven aproximadamente en la misma banda de oscilación de las variaciones interanuales. No obstante, las humedades parecen descender ligeramente en los primeros años, para luego quedar bastante estabilizadas.

Las insolaciones, por su parte, también parecen descender algo al principio (excepto en Mahón), para aumentar claramente desde

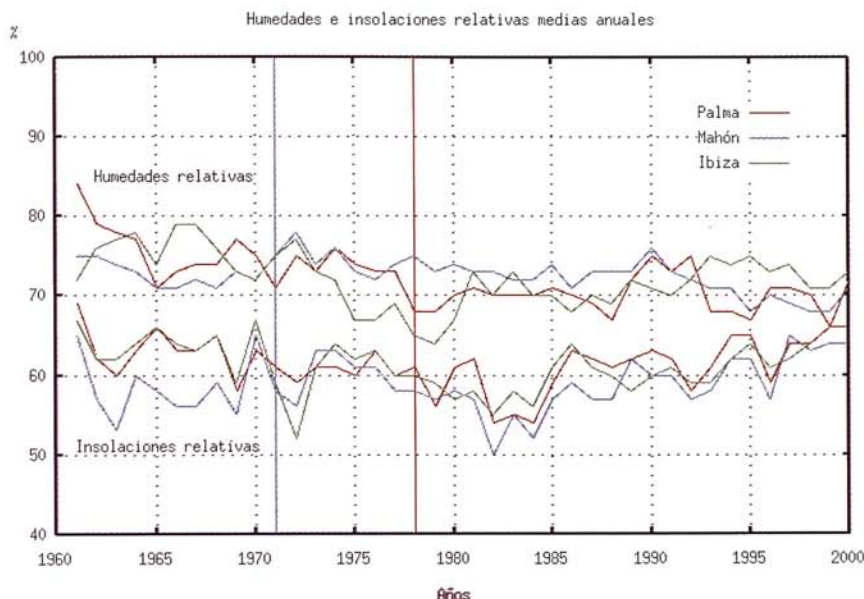


Fig. 6. Humedades e insolaciones relativas medias anuales de Palma, Mahón e Ibiza.
 Fig. 6. Annual averages of relative humidity and sunshine hours from Palma, Maó and Eivissa.

1982, pasando de un 55 a un 65%. Sin embargo, este aumento podría formar parte de un ciclo de periodo largo, puesto que los valores de los últimos términos de la serie son similares a los primeros.

Estas variables muestran así un grado similar de dificultad a la hora de estudiar sus series y tratar de atribuir alguna tendencia al cambio climático antropogénico.

Conclusiones

El análisis de las series más largas de Baleares de precipitación y temperatura ha permitido ilustrar la dificultad de este tipo de estudios, ya que los cambios de emplazamiento, condiciones de instalación e interrupciones de funcionamiento de las estaciones climatológicas, junto con las variaciones en el entorno que modifican su microclima, hace que las buenas series de datos sean muy esca-

sas. La influencia de estos cambios sobre las series se detecta por comparación con otras estaciones próximas, pero la gran variabilidad de la precipitación añade mayor dificultad al estudio de este elemento. Otras variables, tales como la humedad relativa, el viento, la nubosidad, etc., presentan una problemática similar, agravada por el hecho de contar con un número de observatorios mucho más reducido.

En nuestras islas se ha observado un claro aumento de la temperatura media en los últimos años (0,77°C por decenio), especialmente notable entre 1984 y 1989, y también de la insolación relativa (disminución de la nubosidad media). La precipitación media anual descendió en el sudoeste de Baleares alrededor de un 15% durante los años 40, para iniciar posteriormente una ligera recuperación, mientras que en Menorca y nordeste de Mallorca el descenso comenzó más tarde y todavía sigue su curso. Estas diferencias de

tendencia de la pluviometría en el archipiélago apunta a posibles cambios de largo periodo en las frecuencias de las distintas situaciones atmosféricas productoras de precipitación.

Es necesario un mayor esfuerzo investigador para confirmar estas tendencias, y mejorar las técnicas de depuración de datos climatológicos. Asimismo resulta indispensable procurar mantener la calidad de las redes de observación, que en Baleares tienen una densidad superior a la media, y poner especial cuidado en registrar documentalmente cualquier tipo de incidencia que se produzca en los observatorios (*metadatos*), ya que podrían producir discontinuidades en las series.

Aunque el clima ha cambiado mucho a lo largo de la historia geológica de nuestro planeta, el cambio que parece estar produciéndose como consecuencia de las actividades humanas es mucho más rápido que en el pasado, y nos afecta directamente a nosotros, aquí y ahora. A los esfuerzos internacionales por diseñar y poner en práctica políticas tendientes a mitigar las proporciones de este cambio habrá que añadir, a escala regional y local, los encaminados a evaluar sus consecuencias y a estudiar estrategias de adaptación al mismo.

Bibliografía

- Fiol, L., Guijarro, J.A. y Fornós, J.J. 2001. Las lluvias de barro en el Mediterráneo Occidental: El caso de Mallorca. *Rev. climatol.*, 1: 7-20.
- Folland, C., Frich, P., Basnett, T., Rayner N., Parker D. y Horton B. 2000. Incertidumbres de las series de datos climáticos: un reto para la OMM. *Boletín de la OMM*, 49(1): 66-76.
- Guijarro, J.A. 1986. *Contribución a la bioclimatología de Baleares*. Tesis Doctoral, Univ. I. Bal., 282+301 pp. (Inédita).
- Guijarro, J.A. 1998. Influencia de la urbanización en las series termométricas de Baleares. IV Reunión de Climatología (Madrid, 27-28 Feb. 1998), *El clima y el factor urbano*: 305-314.
- Jones, P.D., Kelly, P.M., Goodess, C.M. y Karl, T. 1989. The effect of urban warming on the northern hemisphere temperature average. *Jour. Clim.*, 2: 285-290.
- Karl, T.R., Derr, V.E., Easterling, D.R., Folland, C.K., Hofmann, D.J., Levitus, S., Nicholls, N., Parker, D.E. y Withee, G.W. 1995. Critical issues for long term climate monitoring. *Climatic Change*, 31: 185-221
- Laita, M. 1995. El fenómeno del Niño y su influencia climática en el Mediterráneo occidental. Tesis Doctoral, Univ. de les Illes Balears, 184 pp + Anexos. (Inédita)
- Lamb, H.H. 1982. *Climate history and the modern world*. Methuen&Co. Ltd., Londres. 16: 93-100.
- Monteith, J.L. 1981. Climatic variation and the growth of crops. *Quart. Jour. Roy. Met. Soc.*, 107: 749-774.
- Montón, E. y Quereda, J. 1997. *¿Hacia un cambio climático? La evolución del clima mediterráneo desde el siglo XIX*. Fundación Dávalos-Fletcher, Castellón, 520 pp.
- Parker, D.E. 1994. Effects of changing exposures of thermometers at land stations. *Int. J. Climatol.*, 14: 102-113.
- Quereda, J. y Montón, E. 1994. Calentamiento significativo en el mediterráneo español (1870-1993). In: *Cambios y variaciones climáticas en España* (Actas Iª Reunión del Grupo de Climatología de la AGE), Univ. de Sevilla/Fundación El Monte, pp. 347-360.
- Quereda, J., Olcina, J. y Montón, E. 1996. Red dust rain within the spanish mediterranean area. *Climatic Change*, 32: 215-228.
- Schneider, S.H. 1983. Volcanic dust veils and climate: How clear is the connection?. *Climatic Change*, 5: 111-113.