

# **Estudio sobre la evolución de la temperatura de verano en varios observatorios españoles y su relación con cambios en la circulación atmosférica**

Lomas González, Alejandro<sup>(1)</sup>, Torrijo Murciano, Ricardo<sup>(2)</sup>.

<sup>(1)</sup> AEMET, C/Leonardo Prieto Castro, 8, C. Universitaria, 28071 Madrid, alomasg@aemet.es

<sup>(2)</sup> AEMET, C/La Plata, 25, 45071, Toledo, rtorrijom@aemet.es

## **Introducción y justificación del trabajo**

En el contexto de preocupación por el aumento de la temperatura planetaria registrado durante el último siglo, debido posiblemente a un incremento de la concentración en la atmósfera de gases invernadero y/o a la mera variabilidad climática, cabe preguntarse que parte en ese aumento tiene cada uno de esos dos factores.

Según la propia definición del Panel Intergubernamental para el cambio climático:

“Cada una de las últimas tres décadas ha sido sucesivamente más cálidas en la superficie de la Tierra que cualquiera de las precedentes desde 1850. En el Hemisferio Norte, 1983-2012 fue probablemente el período de 30 años más cálido de los últimos 1400 años” (IPCC, 2013)

Nuestra intención de hacer éste trabajo se apoya en:

- Por un lado el incremento de la temperatura sobre nuestro planeta desde 1951 está entre los 0,08 y los 0,14°C por década, rango de aumento que no se corresponde con el aumento de temperatura que se ha registrado en nuestro país en verano (junio a agosto) desde 1960, por lo que cabe suponer que se debe a cambios en los patrones de circulación atmosférica que intensifican el calentamiento en esos meses
- Entre 1971-2000 y 1981-2010 la temperatura se incrementó 0,46°C en España, más del doble que la observada entre los dos períodos de referencia anteriores, 1961-1990 y 1971-2000, que fue de 0,22°C. Esto es más visible aún en los veranos tanto en lo que respecta al aumento de la temperatura como en su adelanto, con junios más cálidos.
- Por otro lado la evolución hacia temperaturas más altas no es continua, sino que se perciben dos anomalías, una fría en los setenta y otra cálida al principio del siglo XXI. Esta última está muy

significada en los valores de junio, aunque estos últimos años parecen volver a valores más normales en ese mes.

- Además observando la evolución de las temperaturas de verano desde 1960 se observan dos períodos bien diferenciados (1960-1985 y 1986-2011) en los que se observa poca tendencia dentro de ellos, siendo la última más de un grado más cálida que la anterior. Sugiere dos estados o patrones climáticos diferentes.
- Teniendo en cuenta los dos puntos anteriores se buscan explicaciones a través de cambios de la circulación general atmosférica que justifiquen al menos parte de ese aumento extra.
- Los meses de mayor subida de temperatura en la península son los de junio y agosto, con hasta 4°C/siglo (Guijarro, 2013).
- Aparte de la clara señal de incremento térmico, otra razón que facilita el estudio de la circulación general atmosférica en verano es la mayor simplicidad de funcionamiento de la misma con, en el caso de la Península, dos patrones principales de comportamiento en esa estación. Esta mayor accesibilidad en el comportamiento del Sistema Climático en verano se convierte en una buena herramienta para analizar los cambios en su dinámica que se podrían extrapolar a otras estaciones.
- De haberlos, también se investiga cual puede ser su posible causa.

El trabajo que hemos desarrollado se ha elaborado en tres fases:

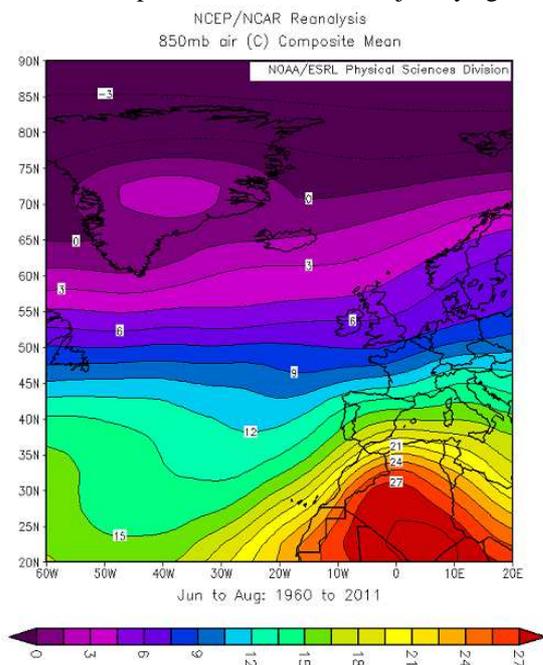
1. Un análisis de los datos de verano de 9 desde 1960 hasta 2011 o 2013, en función de los datos disponibles. Se ha elegido ese período por disponer de datos suficientemente buenos y comparables al reanálisis de NCEP, cuyos datos llegan hasta los años 50 (Kalnay et al. 1996). En esta fase se analizan la evolución de las temperaturas medias de verano (Junio, Julio y Agosto) y el hecho significativo de

un adelantamiento del verano, cuando lo haya, observando lo que ocurre en Junio. El análisis se hace sobre 2 períodos bien diferenciados: 1960-85 y 1986-2011 en los que se observan a simple vista diferencias importantes. Por un lado una anomalía fría en los años 60 y una cálida (sobre todo de los meses de junio al principio del siglo XXI). El puro análisis de los datos se hace en paralelo con los dos patrones de comportamiento dinámico de la atmósfera en los veranos de la Península. Sin ese estudio paralelo carecería de sentido dicho análisis.

2. También para esos dos períodos citados un análisis, con el reanálisis del NECP, de las variaciones de la circulación general atmosférica asociadas y que podrían explicar al menos parte de los cambios en las temperaturas. Se utilizan los niveles de superficie, 850, 500 y 300.
3. Partiendo de las conclusiones de los puntos 1 y 2 se intenta relacionar y explicar esos cambios de temperatura con el contexto del cambio climático, variabilidad interna del sistema climático, variaciones en la actividad solar o volcánica y cubierta de hielo y nieve.

### 1.- Patrones sinópticos característicos de la de los veranos de la Península Ibérica

Anticiclón con centro en el entorno de las islas Azores extendiéndose en cuña sobre el norte de la península que está más o menos encimado con la baja y dorsal térmica del norte de África y del sur de España. Baja debilitada cerca de Islandia. El juego de todos estos sistemas de presión hacen que el verano de la Península sea más o menos caluroso. Cuanto más influencia hay de la componente norte más fresco será el verano y si esa influencia no es importante se forma una gran masa cálida sobre la península. Estos patrones son generalizados para todos los meses de julio y agosto



por lo que en éste trabajo, por esta y alguna razón más, se considerarán en momentos aparte del mes de junio, mes en el que es habitual el mantenimiento de una circulación atmosférica primaveral, aunque debilitada por lo general (figs 1 y 2).

Por otro lado las síntesis del IPCC ya determinan que se detecta un debilitamiento del anticiclón de Azores en los últimos 30 años. Además cabe esperar con un aumento de temperatura natural o antropogénico el ascenso en latitud de los sistemas de presión subtropicales

Fig 1.- Patrón de temperatura en 850 hp en verano 1960-2011-Fuente Reanálisis NCEP/NCAR-NOAA.

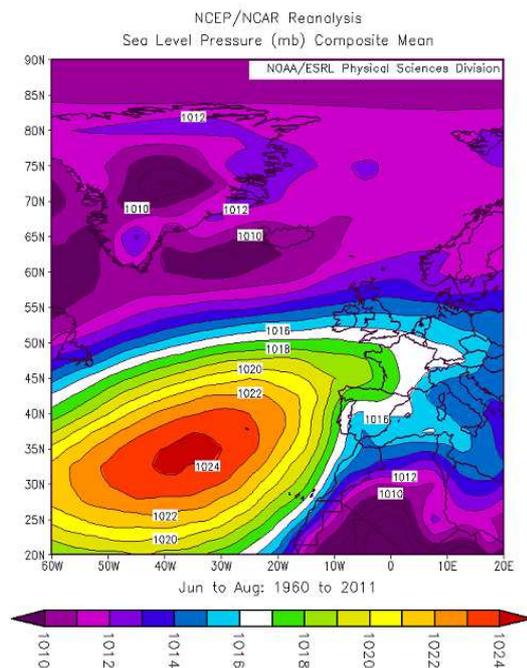


Fig. 2.- Patrón de presión en superficie en verano 1960-2011. Fuente Reanálisis NCEP/NCAR-NOAA.

### 2.- Análisis de los datos de la temperatura de verano (junio, julio y agosto) de las 9 estaciones

Se han elegido 9 estaciones representativas de distintas zonas de la península. Dado que se pretende buscar cambios en la circulación atmosférica no es necesario extrapolar geográficamente para hacer un estudio de la zona completa, sino observar los patrones de temperatura que se van a inferir de distintas situaciones sinópticas. Además la extrapolación podría oscurecer algunas de las características inducidas por las diferentes situaciones sinópticas. Se han utilizado los datos desde 1960 hasta 2013 cuando los haya. En algún caso se utilizan desde 1963 por haber lagunas en los anteriores.

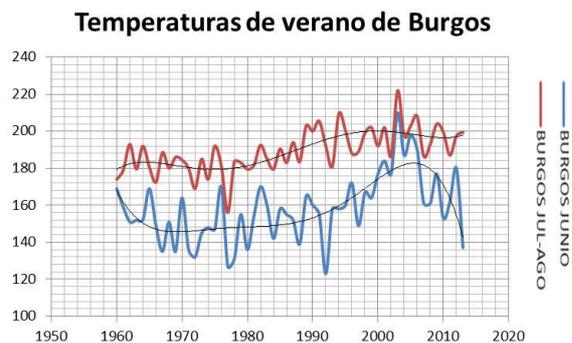


Fig. 3.- Datos de Burgos-Villafra de junio y de julio-agosto desde 1960 a 2013. Fuente: Base de Datos de AEMET.

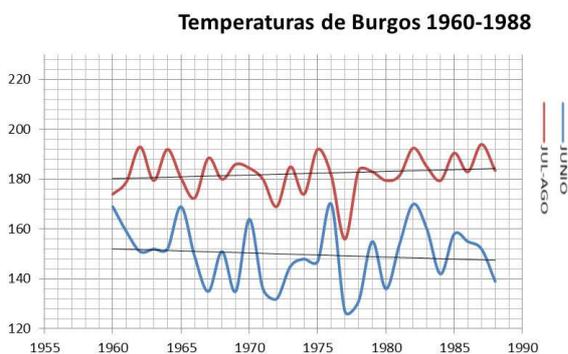


Fig. 4.- Datos de Burgos-Villafra de junio y de julio-agosto desde 1960 a 1988. Fuente: Base de Datos de AEMET. En azul los datos de junio y en rojo de julio-agosto. La línea negra representa el ajuste lineal en el período representado.

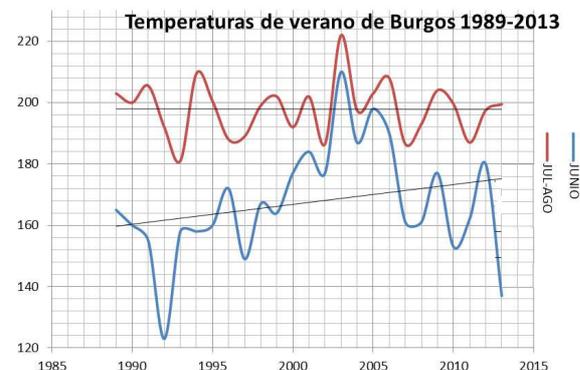


Fig. 5.- Datos de Burgos-Villafra de junio y de julio-agosto desde 1989 a 2013. Fuente: Base de Datos de AEMET. En azul los datos de junio y en rojo de julio-agosto. La línea negra representa el ajuste lineal en el período representado.

El patrón que se observa para el observatorio de Burgos (Figs. 3, 4 y 5) es similar al de los otros observatorios pero con matices mucho más puros. Se pueden resumir en las siguientes características:

- Tendencia claramente ascendente en los 54 años

- Dos períodos 1960-1988 y 1989-2013 sin tendencias o con poca tendencia para cada uno, en conjunto para todo el verano
- Esos dos períodos parecen obedecer a patrones de tiempo diferente, uno más fresco y otro claramente más cálido
- En torno a 1989 hay un salto entre un patrón y otro
- Dos anomalías, una fría en torno a los años setenta y otra cálida al principio del siglo XXI
- Esa anomalía cálida es mucho más clara en los junios de la primera década del siglo XXI, donde los “junios” son casi tan cálidos como los “julios” y “agostos”, aunque parece desvanecerse éstos últimos años esa circunstancia.

El resumen en forma de tabla (tabla 1) de las subidas de temperatura en décimas en cada observatorio y en cada período quedaría como sigue:

	Cor	Bur	Vall	Zar	Nav	Ret	Val	Sev	Mal
Jun 60-85	164	150	165	210	115	205	216	221	220
Jun 86-11	176	166	177	227	133	223	230	235	233
Dif Junio	12	16	12	17	18	18	14	14	13
Julio 60-85	183	183	198	242	158	242	244	256	246
Julio 86-11	192	195	206	253	170	257	257	269	259
Dif Julio	9	12	8	11	12	15	13	13	13
Agosto 60-85	187	180	195	235	155	236	247	260	252
Agosto 86-11	198	198	208	254	171	254	264	271	265
Dif Agosto	11	18	13	19	16	18	17	11	13
Jul-Ag 60-85	185	182	197	238	157	239	246	258	249
Jul-Ag 86-11	194	197	207	253	171	255	261	270	262
Dif Jul-Ag	9	15	10	15	14	16	15	12	13
Verano 60-85	180	171	186	229	143	228	236	246	239
Verano 86-11	190	186	197	245	158	245	253	259	252
Dif Verano	10	15	11	16	15	17	17	13	13
Verano 70-79	180	168	181	225	137	222	234	248	236
Verano 2000-2009	193	194	198	250	162	245	254	267	256
Dif Verano 2000-2009	13	26	17	25	25	23	20	19	20
Junio 70-79	160	159	159	204	106	198	215	209	215
Junio 00-09	182	182	189	240	147	234	239	246	240
Dif Junio	22	23	30	36	41	36	24	37	25

Tabla 1.- Temperaturas de los 9 observatorios en diferentes períodos en décimas de grado. Fuente: Base de Datos de AEMET.

Como se ve, las diferencias son muy significativas entre los dos períodos, tanto en conjunto como consideradas mes a mes, destacando junio y agosto como los que contribuyen más a la subida.

Analizada la comparación entre la década más cálida, 2000-2009, y la más fría, 1970-1979, las diferencias son aún más llamativas, con valores que se acercan o alcanzan los 4°C de diferencia.

En una primera aproximación las diferencias básicas sobre las que se pueden apoyar esas diferencias de temperaturas se pueden justificar por una de las siguientes causas o por ambas a la vez:

- El aumento de la concentración de los gases llamados de invernadero.
- Un cambio en las configuraciones sinópticas que afecten a la península de forma que favorezcan en la misma una subida de temperaturas.

En caso de que ambas circunstancias actuaran a la vez sería imposible determinar cuanto peso dar a cada una, aunque se podría hacer una valoración subjetiva.

### 3.- Razones sinópticas que favorecen junios más fríos o más cálidos

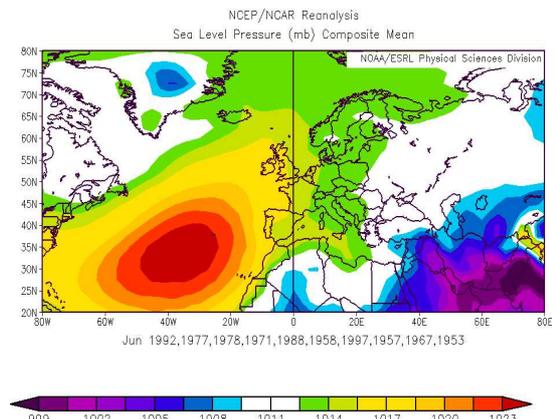
Comparando los años 70 con primera década del siglo XXI, se observan hasta 4°C de diferencia en las temperaturas de Junio en algunos observatorios españoles de la Península Ibérica. Al intentar caracterizar la circulación atmosférica, en esos episodios, se ha tratado de recurrir al conocido índice de la NAO, observando que es inoperante en verano para el problema que estamos estudiando. Las variaciones del índice de la NAO caracterizan bastante bien los centros de presiones característicos del invierno en el Atlántico Norte, pero no es así en verano. Se sugiere a veces el uso del índice de la NAO adaptado al verano, el SNAO, basado en la EOF dominante de presión en superficie en un sector definido del Atlántico Norte (Bladé et al. 2011). En este artículo se ha preferido no usar este índice porque por una parte no funciona bien en junio y, por otra, el dominio que hemos encontrado que se utiliza en la literatura queda por encima de 40° y no nos interesa.

Como el mes de Junio, es un buen punto de partida estudiar los cambios en los patrones de presión superficial, hemos recurrido a una sencilla técnica que consiste en caracterizar las diferencias medias de presión entre los junios más cálidos (2003-2005-2004-2001-2006-2002-2012-2009-200-1981) y más

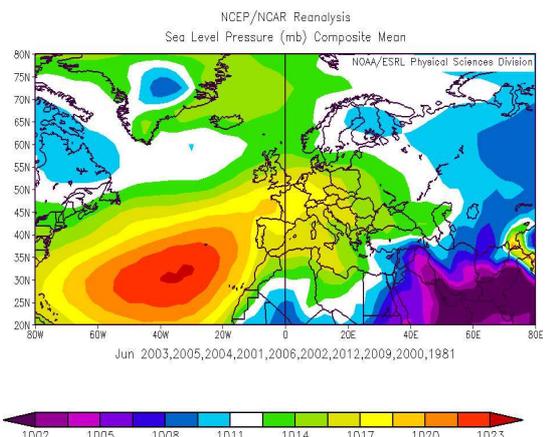
fríos (1992-1977-1978-1971-1988-1958-1997-1957-1967-1953) desde 1950, período en el que se dispone del reanálisis usado en la serie. Esta sencilla forma de abordar el problema, permite obtener interesantes conclusiones sin perder el sentido meteorológico.

Al observar diferencias de temperatura en ambos períodos, se observa este mapa con marcadas tendencias:

Fig. 6.- Diferencia de temperatura en junio entre los años



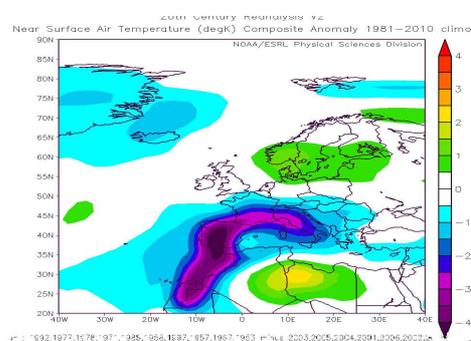
cálidos y fríos de la serie. Fuente 20th Century Reanálisis NCEP/NCAR-NOAA.



Esto se corresponde con una diferencia de presiones medias características años fríos (fig.7-9):

Fig 7.- Presion media en los meses de junio fríos de la serie. Fuente Reanálisis NCEP/NCAR-NOAA.

Fig. 8.- Presión media en los meses de junio cálidos de la serie. Fuente Reanálisis NCEP/NCAR-NOAA.



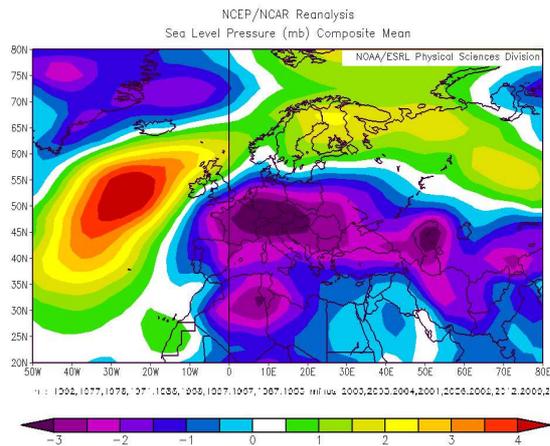


Fig. 9.- Diferencia media de presión entre los años fríos y cálidos de la serie. Fuente Reanálisis NCEP/NCAR-NOAA.

Observando las configuraciones medias de las presiones (figs 7 y 8), se observa que en la década más fría la circulación general (anticiclón de Azores y baja de Islandia) se refuerza, con subida de presión en Azores y bajada de presión en Islandia. Pero lo más notable es que esto va asociado con una subida de la circulación en latitud y un ligero desplazamiento hacia el oeste, de forma que aumenta el flujo de componente norte sobre la península, más teniendo en cuenta que también baja la presión sobre Europa Occidental que refuerza el efecto.

A partir del mapa de la Fig. 9, se propone como índice comparador, para caracterizar el carácter térmico de junio, la diferencia de presión entre 52°N 25°W y 48°N7°E. Utilizando dicho índice se llega a las correlaciones entre diferencias de presión y temperaturas en puntos considerados que dan unos resultados bastante buenos:

navacerrada	0,54
villafria	-0,72
villanubla	-0,68
coruña	-0,54
santander	-0,47
zaragozaaero	-0,70
retiro	-0,70
malaga	-0,53
valencia	-0,65

Tabla 2. Correlaciones entre las series de temperatura y las diferencias de presión entre 52°N 25°W y 48°N7°E en junio en diversas estaciones. Cálculos realizados usando

la Base de Datos de AEMET y datos de presiones del reanálisis NCEP/NCAR de la NOAA desde 1950.

Al realizar algo similar para julio y agosto, se obtienen resultados menos claros, en parte porque la distribución de presiones es algo diferente y en parte porque las diferencias dan patrones menos evidentes. De todas maneras en el siguiente apartado se estudiará de forma cualitativa el conjunto del verano.

#### 4.-Análisis de las configuraciones sinópticas propias de los dos períodos

Una vez evaluadas y cuantificadas las variaciones de temperatura de los meses de verano de las 9 estaciones y su correlación con la variación de la configuración de la presión que facilita o dificulta ese ascenso de la temperatura, procedemos a la siguiente etapa del trabajo en el que, a través del reanálisis del NECP, buscamos las configuraciones sinópticas que expliquen ya definitivamente esos cambios de temperatura entre los períodos 1960-1985 y 1986-2011. Para ello utilizamos básicamente los niveles de superficie, 850, 500 y 300 hpa.

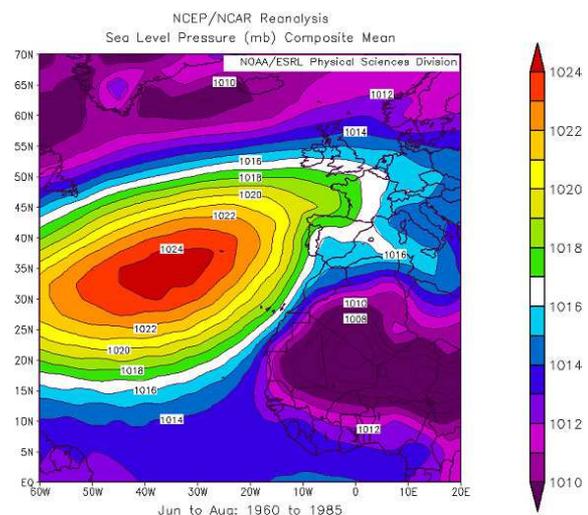


Fig. 10.- Configuración de isobaras en los veranos del período 1960-1985. Fuente Reanálisis NCEP/NCAR-NOAA.

En las figuras 10, 11 y 12 se distinguen los cambios comentados en la distribución de isobaras que han favorecido veranos más o menos cálidos. Los cambios son pequeños debido a las medias extendidas a 26 años.

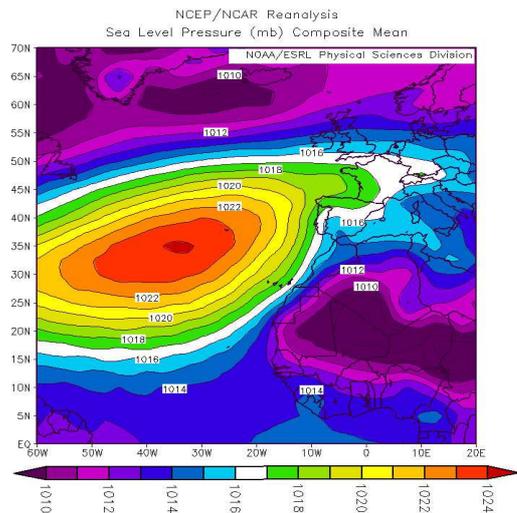


Fig. 11.- configuración de isobaras en los veranos del período 1985-2011. Fuente Reanálisis NCEP/NCAR-NOAA.

de geopotencial superiores. Además, como cabía esperar, el aumento es mayor en junio.

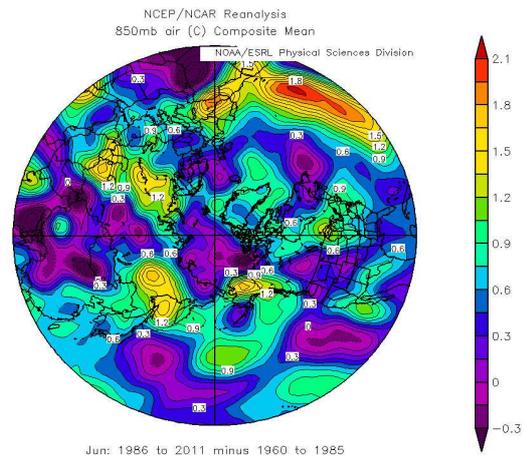


Fig. 13.- cambio de temperatura en 850 hpa entre los dos períodos. Fuente Reanálisis NCEP/NCAR-NOAA.

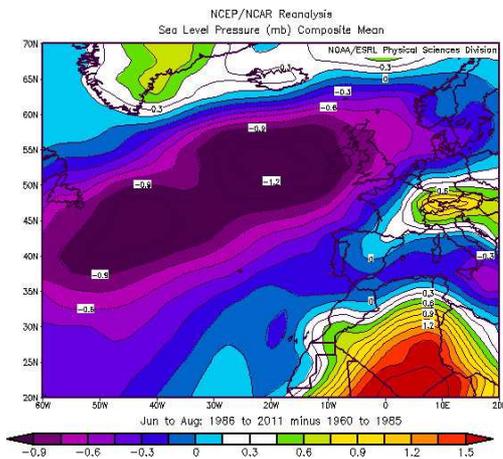


Fig. 12.- variación en la presión en superficie entre los dos períodos. Fuente Reanálisis NCEP/NCAR-NOAA.

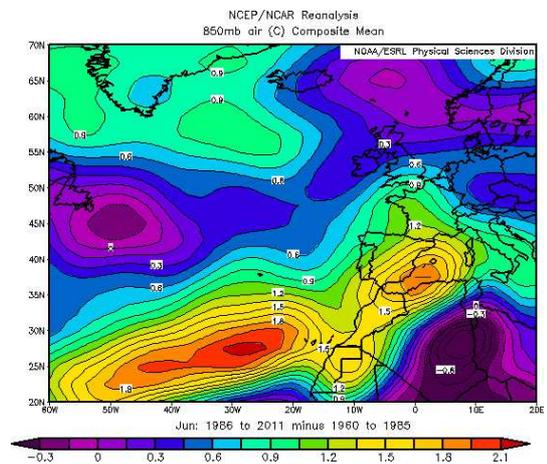


Fig. 14.- cambio de temperatura en 850 hpa entre los dos períodos. Fuente Reanálisis NCEP/NCAR-NOAA.

Estos cambios en la circulación se reflejan primeramente en los cambios de temperatura de 850 hpa. Se utiliza este nivel para evitar cualquier contaminación local que pudiera afectar a la claridad del análisis. El resultado, ya se use un contorno hemisférico o más regional (Figs. 13 y 14) es el de cambios de origen sinóptico superpuesto a otros más débiles debido a un incremento general de la temperatura. Utilizamos el reanálisis NECP de las diferencias de temperatura en 850 hpa. En la imagen hemisférica se observa una clara subida de temperaturas en la península con centro en el sureste asociado con un descenso en el norte de África que indica una condición advectiva de la subida de la temperatura en nuestros observatorios. Además se observa una subida de temperatura asociada a la parte sur del anticiclón de Azores, seguramente condicionada por cambio en la posición del mismo, aparte de otros factores dinámicos que luego contemplaremos en los niveles

Esta reorganización de la circulación es un reflejo de la situación en altura que a su vez será el efecto de causas más complejas que luego analizaremos. En principio observemos como afecta al nivel hemisférico los cambios en el nivel de 500 hpa. Los cambios que se reflejan en 300 son muy similares a los de 500, aunque analizaremos posteriormente el máximo de viento del chorro polar.

Como se ve en la composición (Fig. 15) se observa una reorganización de la circulación con zonas donde el geopotencial disminuye (el corazón de la zona ártica y en el atlántico central entre las latitudes del norte peninsular y el norte de las islas británicas) y donde aumenta (el continente euroasiático y en el entorno del vórtice ártico).

La presión en superficie bascula en función de la situación en altura y esta última estará influida por los cambios en la baroclinidad veraniega, debilitada pero actuante. En este nivel las temperaturas están

directamente relacionadas con el geopotencial por lo que siguen sus variaciones.

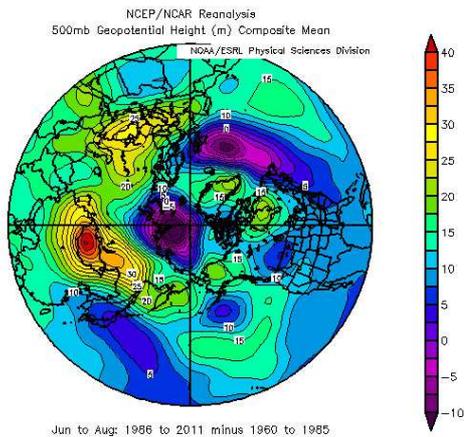


Fig. 15.- cambios en el geopotencial en 500 hpa entre los dos período. Fuente Reanálisis NCEP/NCAR-NOAA.

La última aproximación es observar lo que ocurre con la posición de los máximos en 300 hpa y los cambios en los flujos viendo las diferencias entre los dos períodos (Fig. 16). En una visión regional se aprecian tres circunstancias:

- Disminución de la circulación del oeste en el entorno atlántico de Islandia durante el segundo período
- Correspondiente aumento en la latitud de las Islas británicas
- Cambios en el chorro subtropical

Por otro lado (Figs. 17 y 18) también hay cambios a una circulación más zonal y más baja en latitud durante el período 1986-2011. Se aprecia también mejor comparando las dos décadas más extremas.

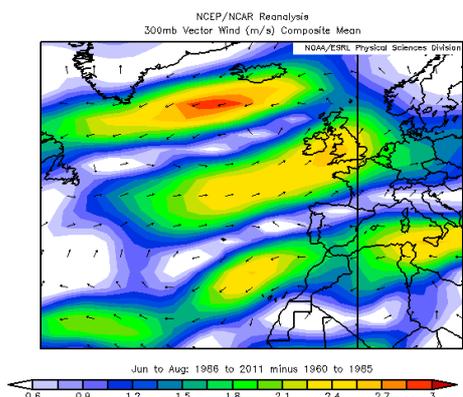


Fig. 16.- cambio de la circulación en 300 hpa entre los dos períodos. Fuente Reanálisis NCEP/NCAR-NOAA.

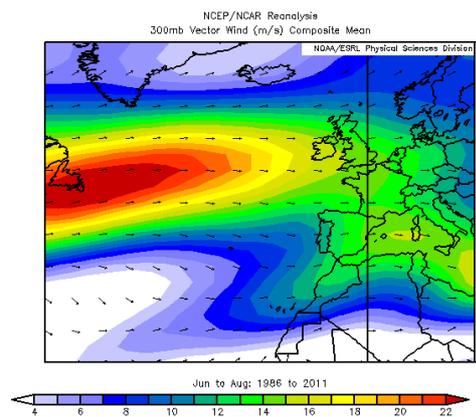


Fig. 17.- Circulación media en 300 hpa en el período 1986-2011. Fuente Reanálisis NCEP/NCAR-NOAA.

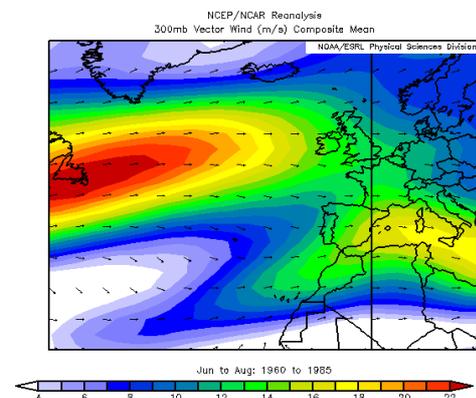


Fig.18.- Circulación media en 300 hpa en el período 1960-1985. Fuente Reanálisis NCEP/NCAR-NOAA.

En cuanto a los cambios de circulación en niveles más bajos (850 hpa y superficie) inducidos por estos cambios en la circulación (figs 19 y 20) se puede ver una disminución en latitud de las corrientes del oeste, es decir mayor zonalidad en latitudes cercanas a nuestra península, aunque muy debilitada por ser verano, a la vez que disminuye a la altura de Islandia. También en el entorno de nuestra península se observa un cambio a situaciones más de componente sur con lo que implica de advección de una masa de aire más cálida de norteáfrica y también del sur de la península, donde en verano persiste una masa de aire cálido.

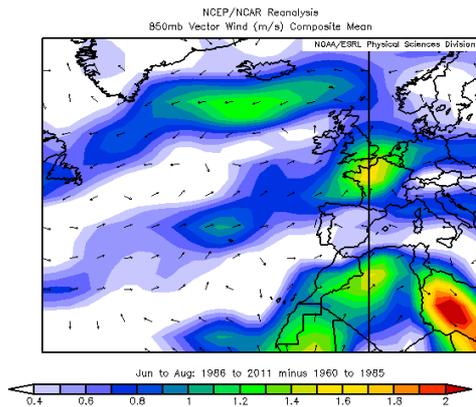


Fig. 19.- Cambios en la circulación en 850 hpa entre los dos períodos. Fuente Reanálisis NCEP/NCAR-NOAA.

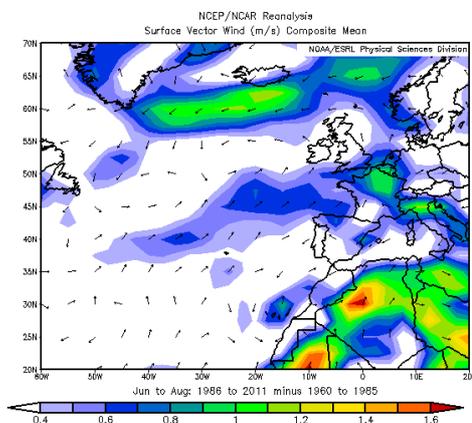


Fig. 20.- Cambios en la circulación en superficie entre los dos períodos. Fuente Reanálisis NCEP/NCAR-NOAA.

### 5.- Búsqueda de correlaciones basadas en la cubierta de nieve o en la extensión de la banquisa

Se ha visto que la diferencia de presión entre 52°N 25°W y 48°N7°E es un buen indicador del carácter térmico del mes de junio en la Península. Sencillos indicadores de ese tipo pueden servir como evaluadores de la bondad de la habilidad de los modelos numéricos de predicción del clima para caracterizar los patrones de Circulación General Atmosférica en las decisivas fechas del comienzos del verano que parecen adelantarse en los últimos años.

En la búsqueda de correlaciones que expliquen esos cambios en la circulación atmosférica hemos tenido en cuenta no sólo los cambios entre los dos períodos de 26 años, si no sobre todo los habidos entre las décadas más significativas, la 1970-1979 y la 2000-2009, y además valorando también el adelanto del verano al mes de junio en ésta última década.

Hemos supuesto que los cambios en la circulación atmosférica del Atlántico norte han de correlacionar bastante con los cambios de baroclinidad inducidos por las cubiertas de hielo o de nieve.

Siguiendo este hilo de razonamiento, también valoramos que los cambios sufridos en la extensión de la banquisa ártica están asociados en el corto plazo a los cambios de las circulaciones atmosféricas y marinas más que a la propia subida de temperaturas a largo plazo.

Partiendo de todas estas consideraciones se constata (Fig. 21) que en los años en los que el mes de junio la temperatura ha sido casi igual a la de julio-agosto, la extensión de la banquisa ártica ha sufrido su mayor deterioro, con una ligera recuperación estos últimos años. El efecto es mayor en junio porque sinópticamente el mes de junio es una transición dinámica hacia el verano, dándose al principio de ese mes los últimos coletazos de la primavera.

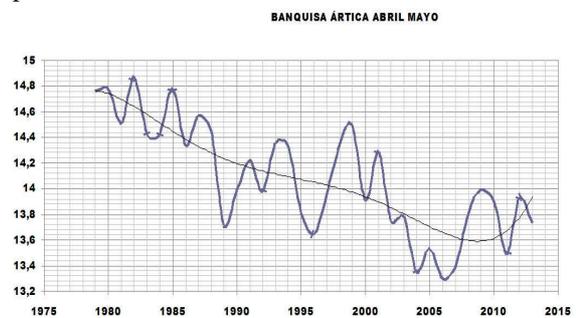


Fig. 21.- Evolución de la media de extensión de la banquisa ártica (1979-2013) en Abril-Mayo. En azul los datos anuales y en negro ajuste polinómico. Datos tomados del NSDIC de NOAA, disponibles online.

Buscando correlaciones (Figs. 22 y 23) se observa una mejor correlación con la media móvil de 5 años.

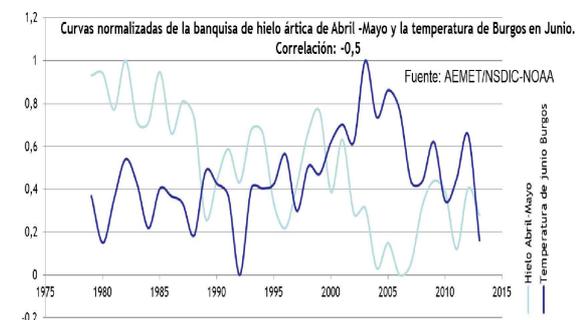


Fig 22.- Correlación entre la media de la extensión de la banquisa en abril-mayo y la temperatura de Burgos en junio. Datos de observaciones en Burgos tomados de la Base de Datos de AEMET. Datos Banquisa tomados de NSDIC de NOAA.

Correlación (media móvil 5 años) entre la extensión de la banquisa ártica en Abril-Mayo y la temperatura de Burgos del mes de junio: -0,71

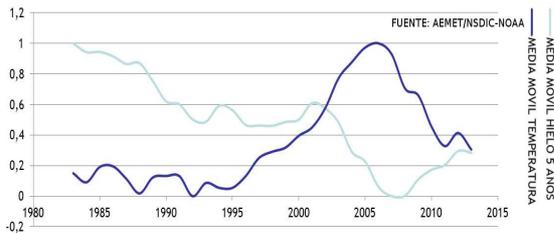


Fig. 23.- Correlación entre la medias móviles de la extensión de la banquisa en abril-mayo y la temperatura de Burgos. Datos de observaciones en Burgos tomados de la Base de Datos de AEMET. Datos banquisa tomados de NSDIC de NOAA.

## 6.- Conclusiones

1. El mes de junio es el mes veraniego en el que se observa mayores aumentos de temperaturas y cambios de la circulación, con un significativo adelanto del verano.
2. Se observan dos “anomalías”, una fría en los setenta y otra cálida al principio del siglo XXI, con gran diferencia de comportamiento de la Circulación.
3. En España el aumento de temperatura en (850 hpa) de verano, según el reanálisis NCEP/NCAR, es de las mayores del HN
4. Ese aumento en 850 hpa se produce desde el SE peninsular, con claro efecto advectivo.
5. En la comparación de los períodos considerados, incluidas las anomalías, se observa en los veranos más cálidos un alta de Azores más débil y con su centro desplazado hacia el S y W.
6. Buena parte de la subida de temperatura se puede achacar al cambio de la Circulación con más flujo de componente S (o menos de componente N).
7. Los cambios de Circulación: debilitamiento de la baja de Islandia y de la alta de Azores. Baja la presión en el entorno de las Islas británicas con situación más zonal en latitudes medias. Esto se traduce en un desplazamiento de la baja de Islandia hacia las Islas británicas, el alejamiento de la alta de Azores hacia el SW y más componente S sobre la península.

8. La diferencia de presión entre 52°N 25°W y 48°N7°E es un buen indicador del carácter térmico del mes de junio en la Península. Sencillos indicadores de ese tipo pueden servir como evaluadores de la bondad de la habilidad de los modelos numéricos de predicción del clima para caracterizar los patrones de Circulación General Atmosférica en las decisivas fechas de los comienzos del verano, que parecen adelantarse en los últimos años.
9. Parece haber una relación entre la extensión de la banquisa de hielo en Abril-Mayo y las temperaturas de junio que por ejemplo explican el adelantamiento del verano.
10. Como hipótesis se puede plantear que la mayor zonalidad inducida por los cambios en la circulación extrapolada a otras estaciones del año pueden explicar la paradoja de los períodos templados y húmedos de la anomalía climática medieval y el período atlántico del Holoceno.

## NOTA:

Mapas de reanálisis obtenidos del NCEP Reanalysis Derived facilitados por NOAA/OAR/ESRL PSD, Boulder, Colorado, USA, a través de su web: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/>

## Referencias

- IPCC. (2013) Climate Change 2013. The Physical Science Bases. Cap 2, p. 213.
- Guijarro, J.A. (2013). “Tendencias de Temperatura”. Fenómenos Meteorológicos Adversos en España. Carlos García Legaz, Francisco Valero Rodríguez. Editores. Cap. 20, p. 321.
- Kalnay et al (1996).,The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project, Bull. Amer. Meteor. Soc., 77, 437-470.
- Bladé, I, Lebnann B., Fortuny D., Van Oldenborgh J. (2011). “Observed and simulated impacts of the summer NAO in Europe: implications for projected drying in the Mediterranean region” Climate Dynamics” August 2012, Volume 39, issue 3-4, pp 709-727