

# EL TEMPORAL DE 1826: RECONSTRUCCIÓN DE SUS CAUSAS Y SUS CONSECUENCIAS EN LA ISLA DE TENERIFE

José BETHENCOURT GONZÁLEZ, Pedro DORTA ANTEQUERA y Constantino CRIADO  
HERNÁNDEZ

*Departamento de Geografía, Universidad de La Laguna*  
jfbethencourt@yahoo.es, pdorta@ull.es, ccriado@ull.es

## RESUMEN

El presente trabajo analiza un temporal de viento y lluvia ocurrido en Canarias a principios de noviembre de 1826. A través de un estudio de Climatología Histórica se exponen los principales efectos, haciendo hincapié en algunos sectores de la isla de Tenerife, y se sugieren sus posibles causas.

El estudio atmosférico, cartográfico y de daños permite reconstruir, de forma aproximada, un evento catastrófico de gran importancia para las islas. Además, su análisis nos lleva a enlazarlo con un reciente e importante acontecimiento meteorológico ocurrido en noviembre de 2005, la tormenta tropical Delta, de amplia repercusión mediática ese mismo año, especialmente activo en el Atlántico, en fenómenos meteorológicos extremos de origen tropical como tormentas y ciclones tropicales.

En este contexto, el estudio del temporal de 1826 permite, por un lado, revisar su origen y, por otro, comprobar y demostrar la hipótesis de que perturbaciones de gran violencia no sólo se han producido en otras ocasiones sino que, incluso, su intensidad y efectos han sido sensiblemente más graves que los de Delta. Se apunta así la idea de que ya haya habido otras perturbaciones de origen tropical en la región de Canarias.

Tomando como ejemplo un sector del Sureste de la isla de Tenerife se reconstruyen sus consecuencias en función de crónicas y documentación de diverso tipo y se sugieren los efectos que podría tener un fenómeno de similar intensidad con la planificación urbanística y la densidad de población actual.

**Palabras Clave:** Tenerife, riesgos climáticos, climatología histórica, tormenta tropical

## ABSTRACT

This paper analyses a wind and rain storm which occurred in the Canaries at the beginning of November in the year 1826. By means of a historic climatology study we are able to show its main effects, with special emphasis on the island of Tenerife, and suggest its possible causes.

The combination of an atmospheric and cartographic study together with a damage analysis enables us to put together an approximate reconstruction of a catastrophic event which is of great importance to the islands. Moreover this analysis leads to us to link it with an important recent meteorological phenomenon, the Tropical Storm Delta which occurred in November 2005 causing great media impact that year. That year also saw many other extreme weather conditions (worldwide), especially in the Atlantic in the form of tropical storms and tropical cyclones.

In this context, the study of the storm of 1826 allows us to revise its origin and to verify and demonstrate the assumption that atmospheric perturbations of great violence have occurred on other occasions and even their intensity and effects have been considerably more serious than Delta. These reasons lead us to believe that there have already been other tropical disturbances in the region of the Canary Islands

We have made a reconstruction of its consequences in accordance with various documented information of that time which shows us the effect that a phenomenon of similar intensity could have on urban planning and our present day population.

**Key words:** Tenerife, climatic hazards, historic climatology, tropical storm

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el Archipiélago Canario ha aparecido de forma reiterada en los medios de comunicación como consecuencia de los graves efectos producidos por una serie de fenómenos meteorológicos adversos. Algunos de ellos han producido víctimas mortales y los daños económicos han sido muy cuantiosos (DORTA, 2007). El cambio climático se ha esgrimido como la principal causa de muertos y daños.

Uno de los episodios más graves y recientes ha sido la tormenta tropical Delta que pasó por Canarias entre los días 28 y 29 de noviembre de 2005. A pesar de tratarse de un acontecimiento muy cercano en el tiempo, son ya numerosas las publicaciones que, desde diversos puntos de vista, se refieren a éste (MARTÍN, 2006; LUIS, QUIRANTES y PELLO, 2006; AROZENA et. al. en prensa; VERNIÈRE et al., 2006; ÁLVAREZ y VERNIÈRE, 2007). Este hecho nos da idea de la gran relevancia, no sólo desde una óptica meteorológica o climática sino también social.

Sin embargo, a pesar de su aparente excepcionalidad, el propio Instituto Nacional de Meteorología (actual Agencia Estatal de Meteorología) señalaba, hace unos meses, en una amplia nota técnica, la posibilidad de un fenómeno similar en diciembre de 1975 (MARTÍN, 2006). Con esas premisas, la bibliografía consultada y todos los datos analizados, las conclusiones a las que hemos llegado, indican que, de manera muy probable, Delta no sólo no es la primera tormenta de origen tropical que toca el archipiélago, sino que ni siquiera ha sido la más intensa. En noviembre de 1826 se produjo un evento meteorológico de consecuencias fatídicas para las islas, teniendo, posiblemente, también un origen tropical. Esta es la hipótesis que trataremos de demostrar en las siguientes páginas y nuestra principal aportación.

Se trata, por tanto, de presentar un exhaustivo análisis que contribuya a conocer el propio evento, una aproximación a sus causas nunca explicadas y mostrar, exponiendo un ejemplo concreto, el peligro evidente que corren numerosos puntos de las islas en la actualidad si un fenómeno similar se repitiera.

Para ello se presentarán, en primer lugar, los objetivos, posteriormente se analizarán los antecedentes en función de la abundante cantidad de fuentes documentales -sin duda, debido a la extrema gravedad del fenómeno- y las publicaciones al respecto. Luego se expondrán los efectos catastróficos que produjo el temporal y, por último, se planteará el posible origen tropical del fenómeno.

## 1. OBJETIVOS Y MÉTODO

Los principales objetivos que se persiguen en este trabajo son, en primer lugar, realizar un estudio de Climatología Histórica de Canarias. En segundo lugar, dar la importancia real de este evento (temporal de 1826) en la larga lista de fenómenos meteorológicos adversos y demostrar que se trata del peor acontecimiento catastrófico, de origen atmosférico, en la Historia del Archipiélago. En tercer lugar, revisar algunos de sus efectos. En cuarto lugar, intentar reconstruir el fenómeno para demostrar la hipótesis de que 1826 ha sido, con bastante probabilidad, al menos, una tormenta tropical. Y, por último, exponer de manera somera cuáles pueden ser las consecuencias de la posibilidad, cada vez más real, debido sobre todo al incremento de la vulnerabilidad, de que acontecimientos atmosféricos de efectos catastróficos aumenten en las islas.

Actualmente, una de las principales líneas de investigación, dentro de los estudios generales sobre el calentamiento global, es el análisis de todo tipo de datos *proxy* con el fin de reconstruir el pasado climático y poder así comprobar las transformaciones actuales y futuras. Su relevancia se pone de manifiesto, por ejemplo, al comprobar que incluso hoy, gracias al trabajo de archivo, se siguen descubriendo nuevos ciclones tropicales de los que nada se sabía (GARCÍA-HERRERA, et al., 2005).

Canarias es una región con muy poca información meteorológica anterior a los años 40 ó 50 del siglo XX, lo cual hace muy difíciles los estudios de tendencias o relacionados con el cambio climático. Es por ello por lo que los datos *proxy* son imprescindibles y muy útiles, especialmente, en los eventos más extremos, para conocer lo que ha pasado en la realidad del clima de las islas. Sin embargo, este tipo de investigaciones de Climatología Histórica sólo se han llevado a cabo de manera parcial y muy reciente (MAYER, 1999, 2003; ROMERO y MÁYER, 2002; MARZOL, 2002). En esta línea, el presente trabajo parte de fuentes históricas. Unas han sido sintetizadas en numerosas referencias bibliográficas, aunque las informaciones extraídas son marginales puesto que proceden de trabajos adscritos a publicaciones no específicas de Climatología. Y otras de dos de los principales archivos de la isla de Tenerife: el Fondo Documental del Archivo Municipal de Santa Cruz de Tenerife y el Archivo Histórico Provincial, lo que nos ha permitido tratar los documentos originales en los que se encuentra abundante información de lo que ocurrió, dónde ocurrió y cómo ocurrió. Con los datos extraídos de los archivos y de los textos hemos organizado una base de datos para intentar reconstruir el comportamiento del temporal en Tenerife y en especial en el sector de ejemplo empleado en este trabajo: el Valle de Güímar, en el Sureste de la isla. Toda esa información histórica se combinó, posteriormente, con trabajo de campo con el fin de proceder a una reconstrucción cartográfica para representar los daños y las posibles consecuencias en la actual planificación territorial.

## 2. ANTECEDENTES

Los eventos de precipitaciones muy intensas o torrenciales no son algo nuevo en el Archipiélago Canario. Existen numerosas referencias de desastres ocasionados como consecuencia directa de la lluvia y también, aunque en menor medida, del viento. Algunos de los más destacados, de los que se tiene noticia hasta la actualidad son, por ejemplo, los de diciembre de 1645, octubre de 1722 o enero de 1957, que afectaron cada uno de ellos a diversos sectores de las islas y ocasionaron cuantiosos daños y numerosas víctimas mortales.

No obstante, ninguno ha tenido, según toda la información con la que contamos, las repercusiones del acaecido en noviembre de 1826. A pesar de su magnitud, su antigüedad ha dificultado el estudio desde una óptica climática y las fuentes publicadas, incluso, muestran algunas contradicciones en cuanto a sus efectos. Su análisis había sido llevado a cabo, fundamentalmente en el seno de un proyecto general sobre los aluviones en Canarias desarrollado a principios de los años noventa del siglo XX (QUIRANTES et al., 1993), así como por algunas publicaciones de tipo histórico (BARROSO et al., 1983; HERNÁNDEZ, 1968-69; COLA BENÍTEZ, 1986). Sin embargo, nunca ha sido, desde nuestro punto de vista, lo suficientemente investigado. Incluso la redacción del presente trabajo sólo supone el comienzo en el conocimiento exhaustivo del fenómeno.

### 3. PRINCIPALES EFECTOS

El temporal de 1826 es, como ya hemos señalado, con toda probabilidad, el peor acontecimiento catastrófico de origen natural que ha sufrido Canarias a lo largo de sus cinco siglos de Historia. Esta afirmación, compartida por otros autores (QUIRANTES et al., 1993), no es una apreciación personal, sino que se basa en una larga lista de referencias documentales que, por supuesto, hoy no son del todo conocidas puesto que es seguro que debe existir información aún sin explorar en multitud de archivos. Las publicaciones previas sobre acontecimientos meteorológicos con efectos catastróficos muestran, de manera nítida, la extraordinaria importancia de 1826 a pesar de que existen referencias de otros muchos temporales, como ya hemos señalado. Es prácticamente seguro que ha sido el que más víctimas ha causado y el que ha dado lugar a pérdidas más generalizadas. Tenemos constancia de la abundante información en actas municipales, documentos eclesiásticos, referencias periodísticas posteriores<sup>1</sup> y, más recientemente, en publicaciones ya citadas. Concretamente en la isla de Tenerife, la más estudiada y la que cuenta con más información (seguramente también por ser la más poblada y la más afectada), resulta evidente la catástrofe a todos los niveles y escalas a consecuencia de los efectos del viento muy fuerte y las precipitaciones de gran intensidad.

Las rachas máximas de viento probablemente superaron los 120-150 km/h. Esto explicaría los daños narrados que afectaron a las estructuras de edificaciones como muros y casas así como, de manera muy severa, a los bosques de la isla. Estos efectos sólo son posibles con vientos de intensidad muy elevada: "...Cayeron millares de pinos en Anocheza que era uno de los más famosos y poblados montes de la isla y voló el campanario de la ermita de San Juan."<sup>2</sup>

Su velocidad también queda reflejada en el temporal en el mar, de gran magnitud: "Seis barcos se perdieron en el puerto de estas costas (...) se hicieron pedazos en las riveras y se perdieron sus cargamentos"<sup>3</sup>.

La lluvia, sin embargo, fue la que causó más estragos y la mayoría de las víctimas. Teniendo en cuenta que en Canarias son muchos los lugares que han rebasado los 250 mm en 24 horas a lo

---

<sup>1</sup> Por ejemplo en la prensa ("La Gaceta" y "La Prensa") de 1926, centenario de su ocurrencia.

<sup>2</sup> Biblioteca municipal de Santa Cruz de Tenerife, Fondo Documental. Informe de Güímar

<sup>3</sup> Biblioteca municipal de Santa Cruz de Tenerife, Fondo Documental. Informe de Santa Cruz de Tenerife

largo de las últimas décadas<sup>4</sup>, es de suponer que las cantidades de los días siete y ocho de noviembre de 1826, obviamente muy difíciles de calcular, pudieron llegar a valores máximos, al menos, similares a esa cifra en numerosos puntos con intensidades torrenciales (más de 100 mm/24 horas) en extensos sectores. Además, analizando profundamente las crónicas, nos atreveríamos a señalar que es probable que se superasen los 500 mm en algunos puntos ya que no es la primera vez que se registran en las islas –como ya ocurrió en enero de 1957 en la parte oriental de La Palma (MARZOL, 1988)- La fuerza de las escorrentías formó depósitos aluviales de dos metros de potencia en el casco urbano del Puerto de La Cruz. Una muestra de lo ocurrido aparece reflejado en la siguiente cita: “El agua seguía extremada, las calles eran ríos y la consternación del choque de los elementos espantosa (...)”<sup>5</sup>

Las consecuencias económicas son un aspecto que merecerían otro trabajo dado que la relación de daños es muy amplia y afectó a todo tipo de infraestructuras, al comercio, la agricultura y la ganadería de todo el archipiélago. Un ejemplo: en la isla de Tenerife hemos contabilizado 603 casas destruidas (“arrasadas”, “destrozadas”) y muchas más dañadas, además de numerosos puentes, construcciones militares, daños en conventos e iglesias, edificios públicos, etc.: “Para dar un exacto conocimiento á S.M. de las desgracias, naufragios, avenidas y considerables pérdidas de vienes rurales y de la desolacion y miseria en que han quedado la mayor parte de estos havitantes de resultas del horroroso temporal (...)”<sup>6</sup>

Sí nos detendremos más en las víctimas mortales. Lo cierto es que no es posible conocer con exactitud el número de muertos ya que, en algunos casos, no se detallan y simplemente se habla de “cadáveres flotando” o “infinidad de muertos”. Lógicamente, los medios para el control demográfico en los censos de población y en las comunicaciones en las Canarias de principios del siglo XIX no permiten saber con exactitud todos los datos. En cualquier caso, se expone un cuadro de víctimas aproximadas extraídas del análisis del Archivo Municipal de Santa Cruz de Tenerife (tabla 1). El cálculo exacto resulta muy difícil y seguramente será revisado en investigaciones posteriores, sobre todo porque gran parte de los cuerpos se encontraron días después flotando en las cercanías de la costa, lo que también da idea de la fuerza del agua en la mayor parte de los barrancos de la isla. El total de víctimas mortales en Tenerife ascendió a 284 (tabla 1). Los devastadores efectos del temporal se hacen evidentes con el hecho de que algunas empresas inglesas “abrieron una suscripción para socorrer a los pobres isleños” (BERTHELOT, 1980). Por otro lado, tal circunstancia, provocó suspicacias en la Corona española que no accedió a la concesión de ayudas ni a la supresión de impuestos como habían demandado las autoridades insulares.

---

<sup>4</sup> Además, los períodos de retorno para 500 años señalan cantidades superiores a los 400 mm/24 horas en los sectores habitados de las islas, tal y como señala el principal documento de planificación insular sobre inundaciones (CABILDO INSULAR DE TENERIFE, 2005)

<sup>5</sup> Biblioteca municipal de Santa Cruz de Tenerife, Fondo Documental. Informe del Puerto de la Cruz

<sup>6</sup> Extracto de la carta enviada por el Teniente Coronel Isidoro Uriarte, Gobernador y Comandante General de la Provincia de las Islas Canarias, a todos los alcaldes con el fin de evaluar los daños ocasionados por el temporal.

Pueblo		Arico	Güímar	Arafo	Candelaria	Santa Cruz de Tenerife	La Laguna	Puerto de la Cruz	Villa de La Orotava	Realejos	San Juan de la Rambla	La Guancha	Garachico	Icod	Los Silos	Santa Úrsula	Isla de Tenerife
Muertos	Contados	4	7	1	8	9	9	32	104	39	12	52	-	6	-	1	284
	Flotando	3	-	-	-	-	-	71	-	-	-	-	varios	-	4	-	78
Sector		Sureste			Centro*			Norte y Noroeste									

\*Actual área metropolitana

Tabla 1: CUADRO DE VÍCTIMAS MORTALES EN LA ISLA DE TENERIFE EN EL TEMPORAL DE 1826

### 3.1. Un caso concreto: el valle de Güímar

El temporal de noviembre de 1826 ha sido, a diferencia de otros episodios de consecuencias catastróficas en Canarias, un fenómeno de gran extensión. Sus efectos son claros y evidentes en todas y cada una de las islas. Ahora bien, es cierto que algunos sectores fueron especialmente afectados, bien por cuestiones de la propia vulnerabilidad social, al ser sectores de concentración de la población, bien por los grandes desniveles topográficos responsables de fuertes escorrentías capaces de generar enormes daños. La conjunción de ambos factores dio lugar a que una de las zonas más afectadas fuese el valle de La Orotava y buena parte del Norte y Noroeste de Tenerife y es en ese sector en el que se concentran los trabajos publicados.

El valle de Güímar, en el Sureste, presentaba una menor densidad de población, con un poblamiento más disperso, pero con similares pendientes, lo que ocasionó grandes desperfectos aunque un menor número de muertos. El análisis de bibliografía y archivos permite reconstruir, de forma aproximada, lo que ocurrió en los barrancos de este amplio sector. Asimismo, con la superposición del actual planeamiento urbano podemos estimar las consecuencias en este territorio de un evento similar (Fig. 1).

Hemos señalado algunos puntos importantes en la denominada Cuenca Histórica (Fig.1). Para el punto 1, sabemos que “La altura del agua en el torrente del Luchon fue de seis varas<sup>7</sup>” (en torno a los 5 mts). Asimismo, en el punto 2, en la zona de la desembocadura, la documentación señala que al unirse los cauces de los barrancos “entrando juntos en el mar, componen una estension de mil setecientas varas castellanas” (más de 1.400 mts). Estos dos datos, por sí solos, además de otros para este sector, nos dan idea de la excepcional virulencia del caudal de avenida y del grado de exposición y vulnerabilidad al que están sometidas algunas de las edificaciones e infraestructuras del núcleo costero del Puertito de Güímar.

Otra cuestión es el grado de transformación que esta cuenca ha sufrido en la segunda mitad del siglo XX y que continúa en la actualidad (Fig.1 Cuenca Actual).

<sup>7</sup> Una vara castellana son 835,9 milímetros.

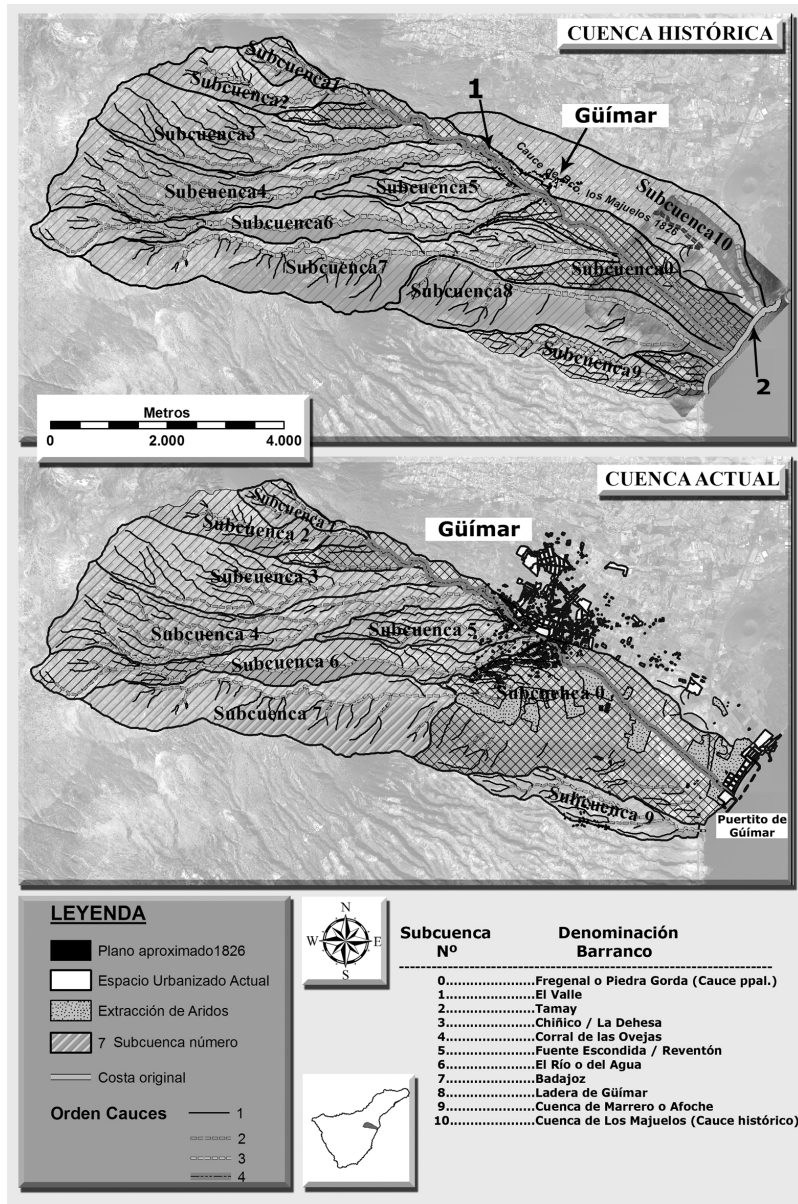


Figura 1: Red hidrográfica del sector sur del valle de Güímar (municipio de Güímar, Tenerife). Red histórica (como se encontraba hacia 1826) y red actual.

Estas transformaciones tienen dos causas fundamentales: por un lado el crecimiento demográfico y el consiguiente desarrollo urbanístico y, por otro, la extracción de áridos, que ha producido profundos y amplios socavones, cuyo resultado es la desestabilización del cauce a diferentes niveles. A simple vista se observa que en la actualidad han desaparecido dos

subcuencas, la 8 absorbida por la extracción de áridos, y la 10 sepultada por el desarrollo urbano y agrícola de esa zona. En el estudio morfométrico de las dos situaciones, la cuenca histórica y la actual, hemos obtenido similares resultados para las subcuencas de la 1 a la 6 y en la 9. Sin embargo, la subcuenca 7, conocida como Bco. de Badajoz, la más peligrosa dado que cuenta con una importante escorrentía de ladera<sup>8</sup>, se ha visto alterada de forma significativa, reduciendo la longitud del cauce principal en unos 3 km, así como su superficie en más de 1 km<sup>2</sup>. También la que hemos denominado subcuenca 0, que engloba el cauce de orden máximo de todo el sistema de drenaje, ha quedado alterada, como consecuencia de las extracciones de áridos. Así los cauces de estas dos subcuencas han visto roto su perfil de equilibrio, presentado una media docena de grandes socavones y, lo que es peor, encauzando el cauce principal en un estrecho pasillo de una decena metros que circula en su tramo final por encima de uno de estos socavones.

Ante esta situación el riesgo para la población ha crecido de forma evidente, al aumentar su vulnerabilidad y su exposición ante una amenaza climática como la que estamos estudiando y cuyo periodo de retorno desconocemos por carecer de una serie de datos suficiente.

#### 4. POSIBLES CAUSAS

Hasta el día de hoy, la posible causa meteorológica no se había considerado o se había hecho de manera muy vaga. En los siguientes párrafos, por tanto, plantaremos un probable origen, aunque debido a la extensión de este tipo de trabajos, sólo haremos un esbozo del mismo.

Dada la fecha en la que se basa este estudio, no existen datos numéricos que hayan medido los elementos del clima durante el evento y sólo es posible realizar una aproximación. Aún así, creemos que los datos *proxy* con los que contamos son muy útiles, sumados a los antecedentes meteorológicos de temporales similares como ya hemos señalado.

En esta línea, la aparición de Delta, e incluso de Vince en las cercanías de Canarias, durante el otoño de 2005 –al año siguiente también de Gordon aunque a mayor latitud<sup>9</sup>–, supuso la toma en consideración de que fenómenos meteorológicos extremos de génesis tropical eran posibles en las coordenadas geográficas de las islas<sup>10</sup>. Las hipótesis de la aparición de estas citadas perturbaciones podrían ser dos: en primer lugar su origen estaría en el cambio climático. En segundo lugar, fenómenos muy poco frecuentes, pero posibles –con largos periodos de retorno– Este último caso requería estudiar y verificar datos de todo tipo para buscar situaciones similares en el pasado. A pesar de que buena parte de la prensa, de la clase política gobernante y de alguna empresa eléctrica con determinados intereses se inclinaron por la primera de las hipótesis, la opinión de los expertos, sin descartar en ningún momento el cambio climático, fue algo más cauta. Las primeras investigaciones llevadas a cabo por el entonces Instituto Nacional

<sup>8</sup> La Ladera de Güímar es una pared basáltica, límite S del Valle de Güímar, desde el nivel del mar, hasta casi 2.300 m.s.n.m., su longitud aproximada es de 11 km, llegando a alcanzar desniveles de entre 700 y 1.000 mts.

<sup>9</sup> Ciclón tropical formado en septiembre de 2006 en el centro del Atlántico y de trayectoria similar a Vince en cuanto que se acercó de manera muy apreciable a las costas de la Península Ibérica e incluso generó, ya como ciclón extratropical, importantes daños en Galicia

<sup>10</sup> Fon Tullot, también señala la posibilidad de la llegada de depresiones tropicales, aunque no formadas sobre el Atlántico, sino al Sur del Sáhara. Asimismo apunta la posibilidad de ondas del Este sobre las Islas (1955)



de Meteorología algunos meses después, llegaron a la conclusión de que en diciembre de 1975 se produjo un fenómeno muy similar a Delta y que “matiza las interpretaciones que pueden surgir sobre la responsabilidad del cambio climático en su génesis” (MARTÍN, 2006, 90), fenómeno -1975- que originó, por ejemplo, rachas máximas de viento en Santa Cruz de Tenerife (162 km/h) superiores a las de noviembre de 2005.

En esta misma línea nos planteamos buscar eventos similares en el pasado y es cuando surge noviembre de 1826. La hipótesis que tratamos de exponer aquí enlazaría con Delta y con diciembre de 1975, ya que la aparición de aquella hace revisar algunos de los fundamentos sobre el estudio del clima de Canarias, al constatarse que fenómenos de origen tropical no sólo son posibles sino que su poder destructivo es muy considerable. En función, por tanto, de esos dos acontecimientos partimos de la base de que este tipo de perturbaciones no sólo son debidas al cambio climático puesto que ya se han producido en el pasado más o menos lejano.

Delta, Vince, Gordon y diciembre de 1975 se produjeron en el otoño astronómico, al igual que 1826. Asimismo, los datos facilitados por los archivos consultados y la extensa destrucción en todas las islas y en todas las orientaciones, nos permite eliminar fenómenos convectivos locales. Éstos se han repetido en las islas en los últimos años como consecuencia de circulaciones del Oeste con embolsamientos de aire frío y con daños importantes pero, repetimos, locales, como consecuencia, sobre todo, de inundaciones relámpago y con numerosos ejemplos como diciembre de 1999 en el oriente de La Gomera (HORCAJADA et al., 2000), marzo de 2002 en la ciudad de Santa Cruz de Tenerife (MARZOL, 2002), noviembre de 2001 en el Parque Nacional de Taburiente en la isla de La Palma o, el ya citado, de enero de 1957 también en La Palma. Los frentes asociados a borrascas que barren las islas suelen dejar precipitaciones generalizadas aunque no con la intensidad de las de noviembre de 1826.

Los temporales de viento pueden tener diversos orígenes y direcciones. Son frecuentes borrascas del tercer o cuarto cuadrante con rachas máximas que superan los 100 km/h en las costas. También determinadas configuraciones isobáricas que dan lugar a invasiones de aire sahariano pueden generar, sobre todo, vientos catabáticos de alta rafagosidad en las laderas septentrionales y occidentales de las islas dando lugar a importantes daños, aunque las velocidades máximas rara vez superan los 100 km/h. En 1826 las referencias hablan, sobre todo, de vientos muy fuertes del SE, SW y NW –según el sector y el momento-, dirección similar a Delta y son definidos como de intensidad extrema.

Uno de los elementos que mostró con más claridad la presencia de Delta fue el acusado descenso de la presión, proceso especialmente claro en la isla de La Palma, en la que se alcanzaron 991 hPa a las 19:50 del día 28 de noviembre de 2005 (MARTÍN, 2006). Las borrascas que arriban a las islas no presentan una caída en la presión tan rápida y acusada como la que se registró con Delta. Los descensos en los barómetros de la época que señalan algunas fuentes, durante el temporal de 1826, también siguen idéntico comportamiento que en Delta. Hablamos de una disminución en la presión de aproximadamente 20 hPa en tres horas:

“(…) el barómetro marcaba 28,532 pulgadas, a las 10-11 de la noche el viento cambió al NW y a las 12 era como un huracán, y en una hora la lluvia desbordó todos los barrancos. A la una de la noche el barómetro había descendido a 27,87 pulgadas y el viento no era a ráfagas sino continuo (árboles arrancados y edificios dañados). A las 7 de la mañana del 7 de noviembre el barómetro subió 0,1 pulgada (27,97). El viento y el agua comienzan a calmarse. A las 10 el

barómetro sube algunas milésimas, aunque la lluvia persistía fuerte hasta la noche. En el tránsito del 7 al 8 el barómetro marcaba 28,42 y llega la calma”<sup>11</sup>

Por último, algunos habitantes de las islas en esas fechas califican el temporal literalmente como “huracán”. Tal vez el caso de mayor relevancia sea el del naturalista francés Sabino Berthelot que se encontraba en Tenerife durante el evento y cuyo testimonio adquiere especial relevancia debido a su formación y su experiencia en regiones donde los ciclones tropicales sí son frecuentes. Por ello, aún siendo muy cautos en su interpretación, sus viajes y experiencias en América le dan cierta validez científica a sus observaciones, de manera que se refiere a 1826 con las siguientes palabras: “Entre esos inquietantes anuncios percibí un fenómeno del que había sido testigo en América: se trataba del huracán de las Antillas... que llegaba con sus señales precursoras (...)” (BERTHELOT, 1980).

Por todo ello creemos que el temporal de noviembre de 1826 podría ser calificado en origen como tormenta tropical o, incluso, como ciclón tropical, dada su virulencia, aunque, como en el caso de Delta, llegase como ciclón extratropical. En esa época a los ciclones tropicales en el Atlántico Norte se les denominaba con el nombre señalado en el santoral, por lo que el del 7 de noviembre de 1826 podría haber sido el huracán (o tormenta) de San Florencio.

## 5. CONCLUSIONES

Con la información de la que hoy disponemos podemos señalar que los días 7 y 8 de noviembre de 1826 han supuesto un hito meteorológico en Canarias similar, por ejemplo, a “lo any del diluvi” en Cataluña (BARRIENDOS, 1995 y 2002) en cuanto a la extensión y la gravedad de los efectos.

Probablemente, el cambio climático no esté desligado de la llegada de Delta a Canarias o, incluso, de ciclones tropicales más recientes como Vince o Gordon a las costas peninsulares, pero su aparición no sólo se explica como consecuencia del calentamiento actual del planeta. En este sentido resulta imprescindible analizar de forma exhaustiva, con los métodos de la Climatología Histórica, los datos *proxy* para intentar reconstruir, al menos, los eventos con efectos catastróficos. Es evidente que el cambio climático no puede convertirse en la excusa para eximir de responsabilidades a quienes las ostentan. Si conocemos el pasado de nuestro clima sabremos las amenazas a las que estamos ya expuestos. En cualquier caso el calentamiento global sólo podrá intensificar aún más esos peligros. Todo ello obliga a la realización de planes de emergencia y mapas de riesgo con una información mucho más real que tengan en cuenta los fenómenos extremos históricos y, desde luego, más fiable que los periodos de retorno, puesto que la reconstrucción de las causas y efectos no son estimaciones estadísticas sino impactos reales sobre un territorio con una extraordinaria irregularidad pluviométrica.

En el caso, del Archipiélago Canario la intensa ocupación del espacio, sobre todo en los últimos 25 ó 30 años, genera una situación ciertamente inquietante al comprobar los daños que

---

<sup>11</sup> Informe del Ayto. de La Laguna dirigido a Isidoro Uriarte, Gobernador y Comandante General de la Provincia de las Islas Canarias. La presiones medias de esta localidad son bajas puesto que se localiza a unos 550 m.s.n.m. 28,532 pulgadas son, aproximadamente, 966,2 hPa. 27,87, 947,2 hPa.

produjo un temporal -1826- con una población y una exposición general infinitamente menor que la actual. La posibilidad de la llegada de otro fenómeno meteorológico adverso de origen tropical sabemos que es indiscutible como lo pone de manifiesto no sólo Delta sino también 1975 y 1826 lo que supone una severa amenaza para la población canaria.

Por último, es necesario indicar que este trabajo no es más que el inicio de una investigación que requiere de una ardua labor de archivo y de campo con el fin de conocer, con la mayor profundidad posible, el temporal de 1826 y todos los eventos de consecuencias catastróficas en las islas.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Quisiéramos agradecer Carmen Romero Ruiz por la cesión de documentación del Proyecto de Investigación “Los aluviones en Canarias”, así como a David Suárez Perera por el asesoramiento informático para la confección de las imágenes que ilustran el presente trabajo.

## 7. REFERENCIAS

- ÁLVAREZ, L. y VERNIÈRE, R. (2007) “Evaluación preliminar del modelo MM5 frente a experimentos numéricos en “terreno complejo”, para la isla de Tenerife, durante la Tormenta Tropical Delta, II Parte: Turbulencia inducida a capas bajas, asociadas con Ondas de Montaña”. *RAM*, 40.
- AROZENA, M<sup>a</sup> E.; DORTA, P.; PANAREDA, J.M.; BELTRÁN, E. (en prensa). “El efecto de los temporales de viento en la laurisilva de Anaga (Tenerife, Islas Canarias). La tormenta Delta de noviembre de 2005”. *Scripta Nova*
- BARRIENDOS, M. (1995). “La climatología histórica en el estudio de los riesgos climáticos. El episodio de 1617 en Cataluña”. En: CREUS, J. (ed.). *Situaciones de riesgo climático en España*. Instituto Pirenaico de Ecología, pp. 73-83
- BARRIENDOS, M. (2002). “El episodio de precipitaciones intensas de noviembre de 1617 (“Lo any del diluvi”) en la costa mediterránea española”. En AYALA, F. y OLCINA, J. (Eds.). *Riesgos naturales*. Ariel Ciencia, pp. 561-562
- BARROSO, N.; CALERO, E. y HERNÁNDEZ, H. (1983) “La catástrofe de 1826”, *Revista local*, 1 Aula de Publicaciones del Ayuntamiento del Puerto de La Cruz.
- BERTHELOT, S. (1980). *Primera Estancia en Tenerife (1820-1830)*. Aula de Cultura del Excmo. Cabildo Insular de Tenerife e Instituto de Estudios Canarios, Santa Cruz de Tenerife.
- CABILDO INSULAR DE TENERIFE (2005) *Plan de defensa frente a avenidas*, Santa Cruz de Tenerife
- COLA BENÍTEZ, L. (1986). *Barrancos de Añazo*. Excmo. Ayuntamiento de Santa Cruz de Tenerife. Santa Cruz de Tenerife,
- DORTA, P. (2007). "Catálogo de riesgos climáticos en Canarias: amenazas y vulnerabilidad", *Geographicalia*, 51, pp. 133-160
- FONT TULLOT, I. (1955) "Perturbaciones tropicales del tiempo atmosférico en la región de Canarias y Sáhara Español". *Revista de Geofísica*, Vol XIV, 54, pp. 139-152.
- GARCÍA-HERRERA, R.; GIMENO, L.; RIBERA, P. and HERNÁNDEZ, E. (2005). “New records of Atlantic hurricanes from Spanish documentary sources”, *J. Geophys. Res.*, 110, D03109, doi:10.1029/2004JD005272.

- HERNÁNDEZ, J.C. (1968-69) "Efectos del aluvión de 1826 en Güímar". *Revista de Historia Canaria*, 157-164, pp. 222-231
- HORCAJADA, T; SIMANCAS, M y DORTA, P (2000) "La constatación y validación de los mapas de riesgo de avenidas en pequeñas cuencas hidrográficas mediante SIG. Propuesta metodológica y aplicación a la ordenación de territorio". *Boletín de la AGE*, 30, pp. 135-153
- LUIS, M.; QUIRANTES, F. y PELLO, L. (2006). "Efectos y repercusiones de la tormenta tropical Delta en los bosques de Anaga (Tenerife)". *Ería*, 71, pp. 253-268
- MARTÍN, F (coord.) (2006). *Estudio de la tormenta tropical "Delta" y su transición extratropical: Efectos meteorológicos en Canarias (27 a 29 de noviembre de 2005)*, nota técnica del INM.
- MARZOL, M.V. (1988). *La lluvia, un recurso natural para Canarias*. Servicio de Publicaciones de la Caja de Ahorros de Canarias, Santa Cruz de Tenerife.
- MARZOL, M.V. (2002). "Lluvias e inundaciones en la ciudad de Santa Cruz de Tenerife". En: GUIJARRO, J.A.; GRIMALT, M.; LAITA, M. y ALONSO, A. (Eds.). *El agua y el clima*. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC), Pp. 461-470.
- MÁYER, P. (2003). *Lluvias e inundaciones en la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria (1869-1999)*. Las Palmas de Gran Canaria. ULPGC y Ayuntamiento de Las Palmas de Gran Canaria.
- MÁYER, P. (1999) "Un siglo de temporales en la prensa de Gran Canaria". *Veguetá*, 4, pp. 267-282.
- QUIRANTES, F; FERNÁNDEZ-PELLO, L; ROMERO, C. y YANES, A. (1993) "Los aluviones históricos en Canarias". En *Nuevos procesos territoriales*, Universidad de Sevilla, pp. 611-615
- ROMERO, L. y MÁYER, P. (2002). "Episodios de sequía en Gran Canaria en el siglo XVII: análisis de las rogativas como método de reconstrucción climática", En: GUIJARRO, J.A.; GRIMALT, M.; LAITA, M. y ALONSO, A. (Eds.). *El agua y el clima*. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC), pp.533-542.
- VERNIÈRE, R.; ÁLVAREZ, L. y GRACIA, P. (2006). "Evaluación preliminar del modelo MM5 frente a experimentos numéricos en "terreno complejo", para la isla de Tenerife, durante la Tormenta Tropical Delta. I Parte: Activación del esquema "Tropical Cyclone Bogussing" y valoración de la Capa Límite Planetaria (PBL)". *RAM*, 38.
- Fondo Documental del Archivo Municipal de Santa Cruz de Tenerife  
Fondo Documental del Archivo Histórico Provincial de Santa Cruz de Tenerife

# ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS Y EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA NUBOSIDAD EN LA PENÍNSULA IBÉRICA (1961-2004)

Josep CALBÓ<sup>1</sup>, Arturo SÁNCHEZ-LORENZO<sup>2</sup>, Javier MARTÍN-VIDE<sup>2</sup>,  
Michele BRUNETTI<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Grup de Física Ambiental, Dept. de Física i Institut de Medi Ambient, Universitat de Girona*

<sup>2</sup> *Grup Climatologia, Universitat de Barcelona*

<sup>3</sup> *Institute of Atmospheric Sciences and Climate, Bologna*

josep.calbo@udg.edu, asanchezlorenzo@ub.edu, jmartinvide@ub.edu, m.brunetti@isac.cnr.it

## RESUMEN

En la esta comunicación se presentan las características climatológicas y las tendencias de la nubosidad en la Península Ibérica (PI) durante el periodo 1961-2004 a partir de 69 series de observaciones convencionales desde superficie. La nubosidad en la PI presenta valores medios anuales comprendidos entre 5.4 y 3.0 octas con un marcado gradiente latitudinal. Estacionalmente el máximo de nubosidad se alcanza en primavera o invierno, mientras que el mínimo es claramente estival. Para cada una de las variables analizadas se ha generado una malla con una resolución espacial de 1°×1° de latitud y longitud. Considerando la nubosidad total, a resolución anual la serie conjunta para el territorio peninsular muestra una tendencia significativa claramente descendente durante el período analizado. Se manifiestan importantes diferencias estacionales, destacando la primavera con una tendencia descendente estadísticamente significativa. Considerando la frecuencia de días despejados y cubiertos, los resultados muestran tendencias ascendentes por lo general no significativas para los primeros, mientras que para los segundos las tendencias son descendentes y significativas, excepto en otoño. Finalmente, de las series de tipología nubosa se constata un aumento significativo de la frecuencia de nubes medias y altas, sin cambios remarcables en las nubes bajas.

**Palabras clave:** Nubosidad, Península Ibérica, Tendencias, Tipos de nubes.

## ABSTRACT

In this work, 69 series of cloudiness as observed from the surface are used to describe the cloud climatology and temporal trends of cloudiness over the Iberian Peninsula (IP), in the 1961-2004 period. Cloudiness in the IP shows annual mean values between 5.4 and 3.0 oktas, with a remarkable latitudinal gradient. Maximum cloud cover is reached in winter or spring, while the minimum is clearly achieved in summer. A gridded database with 1°×1° latitude and longitude resolution has been generated for each of the analyzed variables. Regarding total cloud cover, the mean annual series for the whole IP has a significant decreasing trend. Seasonally, however, some differences appear: spring is the only season showing a statistically significant decreasing trend. Regarding frequencies of cloudless and overcast days, our results show increasing, but in general non significant, trends; and significant decreasing trends respectively. From the cloud type analyses, a significant increase of middle and high level clouds is found, while low level clouds have not experienced notable changes.

**Key words:** Cloudiness, Cloud Types, Iberian Peninsula, Trends.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las nubes tienen un papel muy importante en la regulación de la radiación que alcanza la cima de la troposfera y la que llega a la superficie terrestre, y por lo tanto, su rol es fundamental en el sistema climático. En concreto, las nubes reflejan radiación solar hacia el espacio (contribuyendo significativamente al albedo planetario y por lo tanto provocando un efecto de enfriamiento) y también absorben radiación infrarroja (provocando efecto invernadero y el consiguiente calentamiento). Aunque actualmente parece ser que el efecto neto global de las nubes es el de enfriamiento (forzamiento negativo), no se conoce cuál puede ser el efecto de las nubes en un clima futuro. En resumen, la respuesta de la nubosidad al cambio climático contemporáneo provocado por el aumento de gases con efecto invernadero sigue siendo la mayor fuente de incertidumbre presente en las predicciones de la sensibilidad climática realizadas mediante modelos (RANDALL *et al.*, 2007).

En consecuencia, el conocimiento de las variaciones de la cubierta total de nubes y de los distintos tipos de nubes puede contribuir significativamente a mejorar la comprensión de la respuesta de la nubosidad al cambio climático, y a cuantificar correctamente el forzamiento radiativo de los gases con efecto invernadero. La observación de la nubosidad puede hacerse desde la superficie, mediante (habitualmente) observaciones visuales por personal entrenado, o bien mediante el análisis de las imágenes tomadas desde los satélites. Ninguno de los dos sistemas está libre de limitaciones, problemas que se incrementan por la alta variabilidad temporal y espacial de la nubosidad (MARTÍN VIDE y OLCINA, 1996; TRENBERTH *et al.*, 2007). Todo ello explica la escasez de estudios climatológicos de la nubosidad (en particular, sobre sus tendencias), al menos si se compara con la abundancia de trabajos centrados en variables como la temperatura o la precipitación.

En cualquier caso, según el último informe del Intergovernmental Panel on Climate Change (TRENBERTH *et al.*, 2007), y en base a las observaciones desde la superficie, ha habido un aumento de la nubosidad total sobre muchas zonas continentales, incluyendo Europa occidental, desde la mitad del siglo pasado. No obstante, se reconoce que hay estudios que contradicen esta tendencia. En particular, los trabajos de MAUGERI *et al.* (2001) y de AUER *et al.* (2007) muestran nubosidad decreciente para Italia y para Europa Central respectivamente. Los análisis realizados con datos satelitarios (y en concreto del proyecto International Satellite Cloud Climatology Project, ISCCP), aunque son, lógicamente, mucho más limitados en el tiempo, muestran por lo general un descenso global de la nubosidad, en el período 1987-2001.

En el presente trabajo, se muestran las características de la climatología de la nubosidad en la Península Ibérica (PI), a partir de las observaciones tomadas desde la superficie, durante el período 1961-2004. Se hace especial énfasis en los cambios de la nubosidad en este período, y se analiza no sólo la nubosidad (cubierta) total, sino también los tipos de nubes, agrupados en familias.

## 2. DATOS Y METODOLOGÍA

Se han recopilado, para la PI, 83 series de nubosidad, con un mínimo de 30 años durante el periodo 1961-2004. Dichas series se han obtenido a partir del Instituto Nacional de Meteorología (80) y del Instituto de Meteorologia de Portugal (3). Un total de 22 son series

compuestas a partir de dos o más series derivadas de diferentes emplazamientos de los observatorios existentes en una localidad. Las variables obtenidas son nubosidad total, expresada en octas, y tipología nubosa, y siempre en base a 3 observaciones diarias. A la base de datos generada se han aplicado diferentes controles de calidad, siguiendo las recomendaciones de AGUILAR *et al.* (2003), y posteriormente se han hallado los valores mensuales. Todos los meses con más de 6 días ausentes en los registros se han considerado sin dato, y los meses con un menor número de huecos se han corregido proporcionalmente.

A las series de nubosidad total se les ha aplicado el test de homogeneidad de Craddock, siguiendo la metodología descrita en SANCHEZ-LORENZO *et al.* (2007). Para algunas series, se han eliminado subperiodos (de pocos años) que presentaban inhomogeneidades; también se han rechazado 14 series completas, con lo que la base de datos final a analizar ha quedado compuesta por 69 series (Fig. 1). A continuación, para estas 69 series, se han generado las series mensuales de días despejados (media diaria de nubosidad inferior a 1.5 octas) y días cubiertos ( $> 6.5$  octas), que son las situaciones en las que existen menores incertidumbres en la definición del estado del cielo por parte de los observadores. A partir de estas últimas series, se ha calculado el parámetro de nubosidad (CAPEL MOLINA, 1981), y se ha comparado con las medias mensuales de nubosidad total en octas.

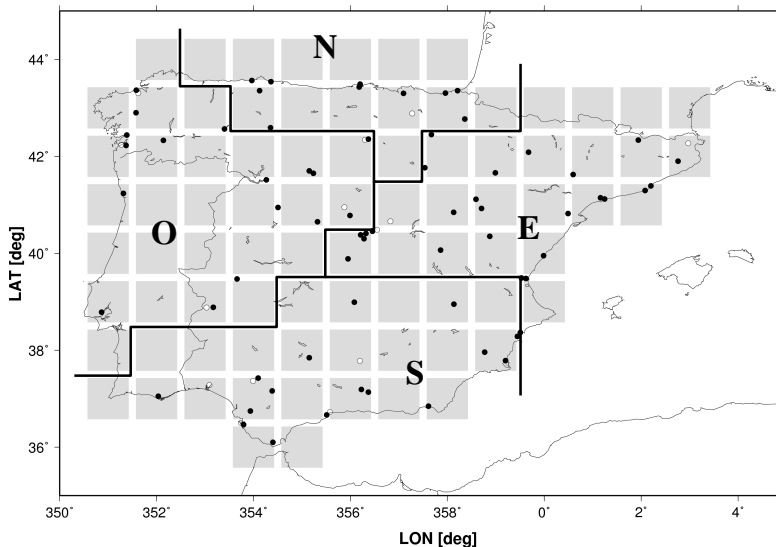


Fig. 1: Ubicación de las estaciones seleccionadas (puntos rellenos) y descartadas (puntos vacíos), y de las celdas de la malla generada. Si indican también las 4 regiones en que se agrupan las celdas mediante el análisis en componentes principales.

La correlación entre ambas formas de cuantificar la nubosidad resulta siempre muy importante y significativa; para el conjunto de las series medias anuales y estacionales el coeficiente de correlación supera siempre el valor de 0.95, y tampoco se observen diferencias en las tendencias. Por último, para 64 observatorios se han generado las series de frecuencias de los diferentes tipos de nubes agrupadas en 4 familias: nubes estratiformes (St, Sc y Ns), nubes con

desarrollo vertical (Cu y Cb), nubes medias (Ac y As) y nubes altas (Ci, Cs y Cc). A posteriori, para todas las series y variables consideradas, se han rellenado, a partir de regresiones lineales con la serie mejor correlacionada, los huecos existentes entre 1961 y 2004.

El siguiente paso ha sido generar una malla, de  $1^\circ \times 1^\circ$  de resolución espacial, para cada una de las variables analizadas, con el objetivo de minimizar posibles inhomogeneidades persistentes en algunas series o evitar una potencial distorsión de las series medias derivadas del reparto espacial no homogéneo de las estaciones. Se ha aplicado una técnica de interpolación descrita en SANCHEZ-LORENZO *et al.* (2007), y se ha calculado a resolución estacional y anual a partir de las series de anomalías. Dichas anomalías se han estimado como ratios (expresados en %) para la nubosidad total y para las diferentes familias de tipos de nube, o como diferencias (expresadas en días) para los días despejados y cubiertos, siempre entre los valores mensuales y la correspondiente media climática del periodo 1971-2000. El resultado final son 84 celdas comprendidas entre los  $9^\circ\text{O}$  y  $3^\circ\text{E}$  de longitud, y entre  $36^\circ\text{N}$  y  $44^\circ\text{N}$  de latitud (Fig. 1). A continuación se han calculado, considerando todos los puntos disponibles de la malla, las series anuales y estacionales medias para cada una de las variables analizadas, a las cuales se les ha aplicado un filtro gaussiano de paso bajo (con una sigma de 3 años) y 11 términos, para una mejor visualización de la variabilidad interdecadal. Igualmente, se han calculado las tendencias lineales para el periodo 1961-2004, y se ha evaluado su significación ( $\geq 95\%$ ) a partir del test no paramétrico de Mann-Kendall.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3. 1. Nubosidad total en la Península Ibérica.

La Fig. 2 muestra la nubosidad total media durante el período 1971-2000 para la PI. La nubosidad total media anual varía entre unas 3 y poco más de 5 octas, con un marcado gradiente latitudinal. Concretamente, todo el sur peninsular, exceptuando la zona del estrecho de Gibraltar, presenta menos de 3.5 octas de media anual, mientras que en el Cantábrico, y en particular en Euskadi, la nubosidad media anual supera las 5 octas. Es interesante destacar un mínimo relativo de nubosidad en el extremo nordeste de Cataluña, que refuerza la tendencia general (con la clara excepción del mínimo del Golfo de Cádiz) de que la nubosidad en la costa mediterránea es algo inferior a la de la costa atlántica a igualdad de latitud. Una línea imaginaria entre Lisboa y la Costa Brava divide aproximadamente la PI según la nubosidad media anual (superior a 3.9 octas al norte e inferior al sur). La misma línea podría caracterizar la nubosidad invernal, pero no la del resto de estaciones. El patrón general norte-sur se repite con pocas variaciones durante las cuatro estaciones, destacando quizás que el gradiente es más marcado en verano (entre menos de 2 y más de 4.5 octas).

La distribución espacial de la nubosidad aquí presentada concuerda bastante bien con el mapa de nubosidad de CAPEL MOLINA (1981) en cuanto al gradiente latitudinal y al mínimo suroccidental. En cambio, dicho mapa indica un máximo relativo de nubosidad en el cabo de la Nao, mientras nosotros obtenemos un mínimo relativo en esa zona y la provincia de Alicante en general. Esta diferencia es probablemente debida al uso, en el trabajo citado, de datos de algún observatorio que registra ese máximo como resultado de un fenómeno de escala local. Asimismo, la evolución anual aquí mostrada concuerda adecuadamente con la que, para determinadas ciudades, enseña la anterior referencia. Por otra parte, estos resultados confirman los que se muestran en CALBÓ *et al.* (2006), obtenidos a partir de datos de satélite (ISCCP) para el período 1984-2002. En cambio, los máximos de nubosidad en la costa atlántica y el



mínimo estival de la Meseta norte, que se muestran en la misma referencia como resultado de usar la base de datos CRU TS 2.1, parecen no corresponderse con la realidad.

Por otra parte, la Fig. 3 muestra el régimen mensual de la nubosidad total media para toda la PI. Como era de esperar, destaca el mínimo estival, muy marcado en julio (2.6 octas) y agosto (2.9 octas). La nubosidad total media peninsular, durante todos los meses entre octubre y mayo es superior a 4 octas, sobresaliendo ligeramente los meses de abril, mayo y diciembre. De todas maneras, este régimen de la nubosidad media no refleja con precisión todos los puntos del territorio, existiendo áreas, como la cornisa cantábrica, donde las diferencias mensuales son claramente menores, y otras donde por el contrario el rango es mayor, como en el sur peninsular. Igualmente, en sectores del nordeste peninsular se detectan claramente unos máximos equinocciales (en particular en el mes de mayo), ya puestos de manifiesto en SANCHEZ-LORENZO *et al.* (2006).

### 3. 2. Cambios y tendencias de la nubosidad en el período 1961-2004.

En la Fig. 4 se muestra la evolución temporal de la nubosidad total media peninsular, para el período 1961-2004 y en base anual y estacional. Destaca claramente la tendencia decreciente de la nubosidad anual, así como la de la primavera. En cambio, en invierno y verano los valores son más estables, mientras que en otoño hubo un período de descenso claro (1960-1980), seguido de un aumento y una estabilización de la nubosidad media. Los valores de las tendencias decadales, cuando son significativas al 95%, se dan en la Tabla 1. Es lógico pensar que dadas las diferencias en el comportamiento de la nubosidad entre distintas áreas de la PI, las tendencias también pueden haber sido distintas según las áreas. Por lo tanto, se ha procedido a una regionalización objetiva, basada en un análisis en componentes principales y siguiendo el mismo procedimiento empleado con series de insolación y descrito en SANCHEZ-LORENZO *et al.* (2007). Se han obtenido 4 componentes que conjuntamente explican más del 90% de la varianza total, y que presentan unas características espaciales análogas a las obtenidas con las series de insolación. Así, y con el objetivo de facilitar futuras comparaciones, se ha asignado cada una de las 84 celdas a las mismas 4 regiones definidas con la insolación, que delimitan, a grandes rasgos, el este y nordeste (región E), norte (N), oeste (O) y sur (S) de la PI (ver Fig. 1). A continuación, se han calculado las series medias y tendencias en las 4 regiones. Los resultados, que se muestran también en la Tabla 1 (sólo a resolución anual), confirman que existen claras diferencias regionales en las tendencias de la nubosidad, siendo las regiones N y S las que presentan una mayor similitud con la serie media de la PI. En cambio, las regiones O y E no presentan tendencias significativas.

La evolución del número de días cubiertos y de días despejados se muestra en la Fig. 5, mediante la representación de las series medias para la PI, una vez suavizadas con el filtro de paso bajo. En la Tabla 1 se dan los valores de las tendencias de estas variables, siempre que sean significativas. De la figura es destacable la gran disminución de días cubiertos en base anual durante el período estudiado, mientras que los días despejados se han mantenido aproximadamente estables. De ello puede concluirse que la disminución de la nubosidad media

Fig. 2: Nubosidad total media anual y estacional (en octas), para el período 1971-2000.

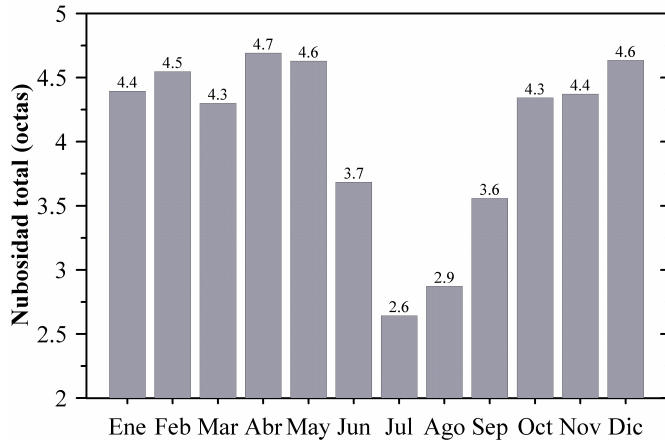


Fig. 3: Nubosidad total media mensual en la Península Ibérica.

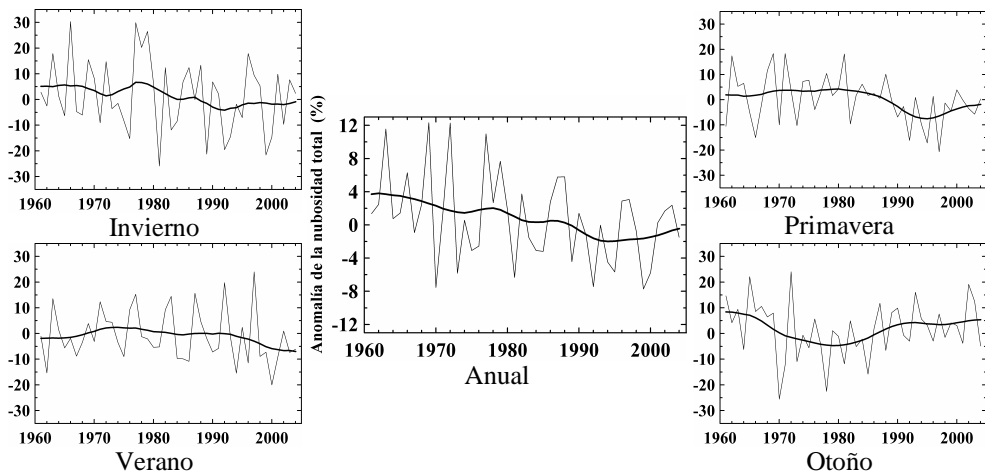


Fig. 4: Evolución estacional y anual de la nubosidad media para la PI, en 1961-2004. La línea fina indica el valor de cada año, la gruesa el valor una vez aplicado el filtro de paso bajo.

se debe a la de días totalmente cubiertos, mientras que deben de haber aumentado las situaciones de cielo parcialmente cubierto. En primavera, el descenso de la nubosidad media se debe tanto al descenso de días cubiertos (especialmente entre los años 1975 y 1995) como al aumento de los días despejados en el mismo período. En invierno también han disminuido los días cubiertos, pero ello no da una disminución significativa de la nubosidad media. Algo parecido ocurre en verano, mientras que en otoño los días cubiertos y despejados han evolucionado de forma inversa, pero sin mostrar una tendencia única a lo largo del período. Como en el conjunto de la PI, en todas las regiones, excepto la O, se detectan tendencias anuales negativas y significativas en el número de días cubiertos. En cambio, para los días

despejados la región S presenta una tendencia positiva significativa, lo que contrasta con la ausencia de significación en las tendencias del resto de regiones y en el conjunto de la PI.

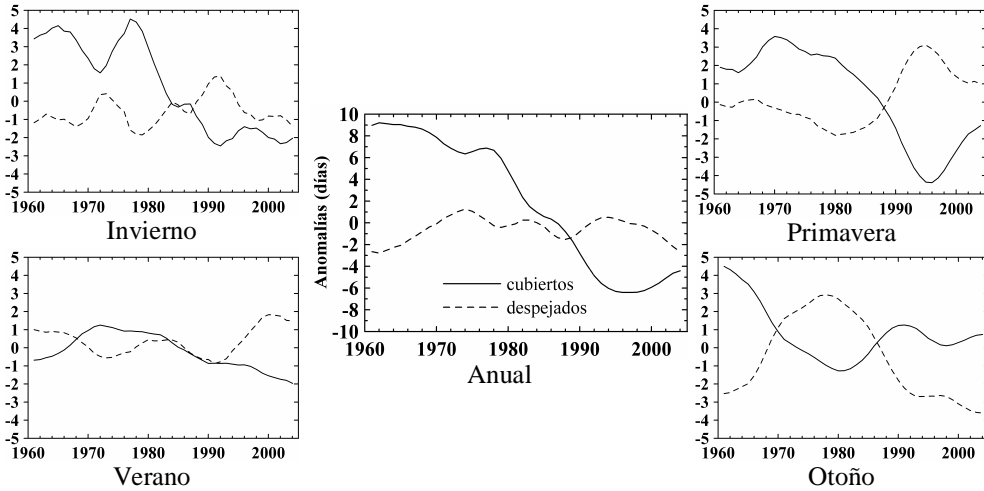


Fig. 5: Evolución estacional y anual del número medio de días cubiertos y despejados para la PI, en 1961-2004. Sólo se muestran los valores ya suavizados por el filtro de paso bajo.

	Nubosidad	Días cubiertos	Días despejados
PI Anual	-1.4%	-4.5 días	n.s.
PI Invierno	n.s.	-1.7 días	n.s.
PI Primavera	-2.2%	-1.7 días	+0.6 días
PI Verano	n.s.	-0.5 días	n.s.
PI Otoño	n.s.	n.s.	n.s.
Reg. E anual	n.s.	-4.2 días	n.s.
Reg. N anual	-1.0%	-6.4 días	n.s.
Reg. O anual	n.s.	n.s.	n.s.
Reg. S anual	-3.4%	-5.8 días	+3.8 días

Tabla 1: TENDENCIAS DECADEALES SIGNIFICATIVAS ( $\geq 95\%$ ), EN 1961-2004, DE LA NUBOSIDAD TOTAL Y DEL NÚMERO DE DÍAS CUBIERTOS Y DESPEJADOS (n.s.: no significativa)

### 3. 3. Resultados según los tipos de nubes.

En lo que se refiere a los cambios experimentados por los diferentes tipos de nubes, los resultados más llamativos (Tabla 2) vienen dados por las tendencias positivas claramente significativas en el número de observaciones de nubes medias y altas, que contrastan con la ausencia de significación en las tendencias anuales del conjunto de nubes bajas (estratiformes y nubes de desarrollo vertical). Las tendencias significativas detectadas en base anual para las

nubes medias y altas se revelan igualmente en las diferentes estaciones del año, mostrando el invierno las mayores magnitudes. Al igual que en base anual, las nubes estratiformes no presentan tendencias significativas estacionalmente, mientras que las de desarrollo vertical simplemente muestran una tendencia positiva y significativa en invierno.

Estos cambios van asociados a un aumento, también significativo, en el número total de tipos de nubes observados durante el periodo. Así, de los resultados se desprende que durante las últimas décadas ha aumentado el número de tipos de nubes anotados en el conjunto de las tres observaciones diarias, ya sea por cambios reales de nubosidad o por cambios en la precisión de las propias observaciones. En cualquier caso, este incremento se deriva en gran medida del mayor número de observaciones de nubes de tipo medio y alto. Combinando estos resultados con los anteriores sobre nubosidad total, se manifiesta que el descenso de la nubosidad total es fruto de la disminución de días totalmente cubiertos, condiciones donde a menudo no se observa más de un tipo nuboso. En cambio, los días despejados no muestran tendencias ascendentes, lo que lleva a concluir que los días parcialmente cubiertos habrían aumentado durante las últimas décadas. Estas últimas situaciones son las que potencialmente proporcionan al observador (presuponiendo una persona bien instruida) la posibilidad de ver y anotar más géneros nubosos, ya sean altos, medios o bajos. En resumen, los cambios detectados en la frecuencia de aparición de nubes medias y altas podrían perfectamente responder a un aumento real de las posibilidades de observación de este tipo de nubes. Ahora bien, dicho aumento puede deberse a una mayor presencia de dichas nubes sobre la PI o a la menor persistencia de cielos totalmente cubiertos de nubes bajas.

No es la primera vez que se detecta un aumento relativamente reciente de las nubes altas, aunque a nivel global y en base a observaciones satelitarias parecen haber disminuido (TRENBERTH *et al.*, 2007). Por ejemplo, TREPTE y WINKLER (2004), para un lugar de Alemania, encuentran aumentos del 8% por década en la frecuencia de *Cirrus*, desde 1953, mientras la nubosidad total apenas cambiaba. No debe descartarse, en esta mayor presencia de nubes altas, el posible efecto de las estelas de condensación de los aviones, que deben ser anotadas como *Cirrus* o nubes altas por los observadores meteorológicos (MINNIS *et al.*, 2004).

	Anual	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
Estratiformes	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Desarrollo vertical	n.s.	+5.1%	n.s.	n.s.	n.s.
Medias	+7.3%	+8.4%	+7.3%	+3.9%	+8.2%
Altas	+12.9%	+14.6%	+11.6%	+13.3%	+12.9%
Total tipos	+4.5%	+4.7%	+4.1%	+2.9%	+5.8%

Tabla 2: TENDENCIAS DECADEALES SIGNIFICATIVAS ( $\geq 95\%$ ) DE LAS DIFERENTES FAMILIAS DE TIPOS DE NUBES EN BASE ANUAL Y ESTACIONAL PARA LA PI, EN 1961-2004 (n.s.: no significativa)

#### 4. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este trabajo se ha obtenido la distribución espacial y la evolución temporal de la nubosidad en la Península Ibérica en décadas recientes, completando y confirmando el conocimiento que hasta la actualidad se tenía. Así, la nubosidad total en la PI muestra un marcado gradiente latitudinal, entre las más de 5 octas de media anual en la costa cantábrica a las cerca de 3.3 octas en la zona suroccidental de la PI. El ciclo anual muestra un mínimo marcado en verano, mientras que durante el resto del año la nubosidad se mantiene cercana a las 4 octas.

La nubosidad media en la PI ha descendido durante el período 1961-2004 a un ritmo del 1.4% por década, lo que implica una disminución media de unas 0.25 octas. Esta reducción se concentra especialmente en la primavera, es probablemente debida a una disminución de los cielos totalmente cubiertos, y se produce simultáneamente a un aumento de las nubes altas y medias. Resultados previos (SANCHEZ-LORENZO *et al.*, 2006) que indicaban aumentos de la nubosidad en Tortosa y Barcelona no pueden considerarse generales para el conjunto de la PI, y ponen de manifiesto las importantes diferencias espaciales de la variable nubosidad. En realidad, la disminución de la nubosidad media peninsular es sobre todo debido a un descenso más marcado en la región Sur, menor en la parte Norte, y no significativo en las regiones Este y Oeste.

La evolución temporal de la nubosidad entra en contradicción con la de la insolación detectada por los mismos autores en SANCHEZ-LORENZO *et al.* (2007). En efecto, la insolación ha mostrado en el mismo período una época de claro descenso (“dimming”) hasta aproximadamente el año 1985, seguida de un ascenso (“brightening”) desde entonces. Aunque el último cambio podría relacionarse con la disminución de nubosidad, no ocurre lo mismo con el primer período en que la insolación decreciente no se corresponde con un aumento de nubosidad. Así, deberá explorarse en el futuro cuál podría ser la causa del desacuerdo entre ambas variables, y si existen otros motivos para explicar la reducción de la insolación incluso en un contexto de descenso de la nubosidad. Asimismo, en el futuro se trabajará para aumentar la extensión temporal de la base de datos de nubosidad, para conocer la evolución durante todo el siglo XX; así como su alcance espacial, que se extenderá hacia Europa.

#### 5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias a la financiación otorgada por el Ministerio de Educación y Ciencia mediante los proyectos NUCLIER (CGL 2004-02325) y NUCLIEREX (CGL 2007-62664), y la beca FPU de que disfruta el segundo autor. Los datos han sido proporcionados por el Instituto Nacional de Meteorología (actualmente Agencia Estatal de Meteorología) y por el Instituto de Meteorologia de Portugal.

#### 6. REFERENCIAS

- AUER, I., *et al.* (2007). “HISTALP–Historical instrumental climatological surface time series of the Greater Alpine Region”. *Int. J. Climatol.*, 27, 17-46.
- AGUILAR, E.; AUER, M.; BRUNET, M.; PETERSON, T.C. y WIERINGA, J. (2003). *Guidelines on climate metadata and homogenization*. WMO-TD No. 1186, World Meteorol. Org., Geneva, 52 pp.

- CALBÓ, J.; SANCHEZ-LORENZO, A. y LLACH, M. (2006). Análisis de dos climatologías de nubosidad globales (ISCCP y CRU TS2.1) a escala de la Península Ibérica. En CUADRAT PRATS, J.M., *et al* (Eds.). *Clima, sociedad y medio ambiente*. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología, Serie A, nº 5, pp. 75-86.
- CAPEL MOLINA, J.J. (1981). *El clima de la península Ibérica*. Editorial Ariel, colección Ariel Geografía. Barcelona, 281 pp.
- MARTÍN VIDE, J. y OLCINA, J. (1996). *Tiempos y climas mundiales. Climatología a través de mapas del tiempo e imágenes de satélite*, Oikos-tau, Barcelona, 308 pp + 8 pp. (láminas).
- MAUGERI, M.; BAGNATI, Z.; BRUNETTI, M. y NANNI, T. (2001). “Trends in Italian total cloud amount, 1951-1996”. *Geophys. Res. Let.*, 28 (24), pp. 4551-4554.
- MINNIS, P.; AYERS, J.K.; PALIKONDA, R. y DUNG, P. (2004). “Contrails, Cirrus Trends, and Climate”. *Journal of Climate*, 17, 1671-1684.
- RANDALL, D.A., *et al* (2007). *Climate Models and Their Evaluation*. En: SOLOMON, S., *et al*. (Eds.). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, pp. xx-xx.
- TRENBERTH, K.E., *et al*. (2007). *Observations: Surface and Atmospheric Climate Change*. En: SOLOMON, S., *et al*. (Eds.). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y Nueva York, USA, 102 pp.
- TREPTE, S. y WINKLER, P. (2004). “Reconstruction of erythemal UV irradiance and dose at Hohenpeissenberg (1968–2001) considering trends of total ozone, cloudiness and turbidity”. *Theor. Appl. Climatol.*, 77, 159–171, doi: 10.1007/s00704-004-0034-y.
- SANCHEZ-LORENZO, A.; CALBÓ, J.; MARTÍN-VIDE, J.; PROHOM, M. y LLACH, M. (2006). Evolución temporal de la nubosidad en el sector costero catalán desde principios del siglo XX. En CUADRAT PRATS, J.M., *et al*. (Eds.). *Clima, sociedad y medio ambiente*. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología, Serie A, nº 5, pp. 75-86.
- SANCHEZ-LORENZO, A.; BRUNETTI, M.; CALBÓ, J. y MARTIN-VIDE J. (2007), “Recent spatial and temporal variability and trends of sunshine duration over the Iberian Peninsula from a homogenized dataset”. *J. Geophys. Res.*, 112, D20115, doi: 10.1029/2007JD008677.