

ANÁLISIS DE LAS OLAS DE CALOR EN PRIMAVERA EN CANARIAS



Realizado por: Aquior Jerónimo Díaz Hernández

Tutor: Pedro Dorta Antequera

ÍNDICE

1. RESUMEN	3
2. INTRODUCCIÓN	4
3. ANTECEDENTES	5
4. HIPÓTESIS	8
5. OBJETIVOS	8
6. FUENTES Y METODOLOGÍA	9
7. RESULTADOS	16
7.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS ADVECCIONES SAHARIANAS EN CANARIAS	16
7.2. PRINCIPALES OLAS DE CALOR	18
7.3. ANÁLISIS DE CASOS	19
7.3.1. Ola de calor del 20 al 23 de marzo del 2002	22
7.3.2. Ola de calor del 24 al 28 de abril del 2008	25
7.3.3. Ola de calor del 11 al 15 de mayo del 2012	27
7.3.4. Ola de calor del 11 al 15 de mayo del 2015	30
7.4. DISTRIBUCIÓN DE LOS DÍAS CÁLIDOS	32
7.5. TENDENCIA	35
8. CONCLUSIONES	39
- Bibliografía	41
- ANEXO	44

1. RESUMEN

Las olas de calor como fenómenos meteorológicos constitutivos de riesgo para la población y el medio natural no sólo se producen en el periodo más proclive, el verano, sino que se extienden ocasionalmente hacia el otoño y la primavera. Por ello este trabajo tratará de analizar cómo se distribuyen a lo largo de la estación primaveral en los observatorios meteorológicos de primer orden de Canarias y cuál es su intensidad, vinculando su evolución a lo previsto por el IPCC para el contexto actual y global de cambio climático. Las masas de aire sahariano objeto de este estudio afectan ocasionalmente al archipiélago acompañadas de polvo en suspensión y la propagación de incendios forestales, por ello serán analizadas estas variables para el conjunto de episodios de olas de calor que se han producido durante la primavera en Canarias mediante la caracterización del estado de la atmósfera.

Palabras clave: Canarias, olas de calor, masa de aire, temperaturas, IPCC

Abstract

Heat waves as meteorological phenomena constituting risk to the population and the natural environment not only occur in the most prone period, summer, but occasionally extend into the autumn and spring. Therefore, this work will try to analyze how they are distributed throughout the spring season in the meteorological observatories of the first order of the Canary Islands and what is its intensity, linking its evolution to what was predicted by the IPCC for the current and global context of climate change. The masses of Saharan air object of this study occasionally affect the archipelago accompanied by dust in suspension and the propagation of forest fires, therefore these variables will be analyzed for the set of episodes of heat waves that have occurred during the spring in the Canary Islands through the characterization of the state of the atmosphere.

Keywords: Canary Islands, heat waves, mass of air, temperatures, IPCC

2. INTRODUCCIÓN

A pesar de la conocida suavidad del clima de las islas Canarias, es evidente que ocasionalmente se ve afectado por situaciones meteorológicas adversas.

Este trabajo tratará de analizar una de ellas: las olas de calor, situaciones que en función de sus consecuencias suponen un importante riesgo para la población y el medio ambiente.

Ha sido escogida la primavera en primer lugar porque no existía un estudio similar durante esta estación climatológica y, en segundo lugar, porque es posible que los escenarios previstos por el IPCC hagan pensar en una extensión temporal del verano en cuanto a valores térmicos anormalmente elevados.

Las olas de calor producen una modificación sustancial de las condiciones meteorológicas en las islas, con temperaturas muy altas, en algunos casos de rango extraordinario, y humedad relativa que en ocasiones se sitúa por debajo del 10%.

Por otro lado, la situación latitudinal de Canarias provoca que sea uno de los espacios más propensos para la disminución de la precipitación (AEMET, 2015), con una clara tendencia hacia la desertización. A esta situación se une el hecho de que el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) estima que habrá más olas de calor y su intensidad será más destacada, no sólo en Canarias con significativas olas de calor como las ocurridas en julio del 2007, septiembre de 2009, agosto de 2012 o mayo del 2015, sino también en el sur de la Península Ibérica, donde, por ejemplo, una potente entrada de aire tropical continental propició temperaturas máximas de 47°C en julio de 2017 en Córdoba.

Por ello este estudio pretende sentar las bases para el análisis de las olas de calor que se producen en Canarias durante la estación de la primavera, con el fin de analizar cómo evolucionan y cuál es su distribución a lo largo de sus tres meses.

Para ello se tratarán los antecedentes a modo de contexto previo al estudio. Este se basa en una hipótesis de trabajo que plantea una serie de objetivos concisos con el fin último de investigar características, causas, frecuencia y evolución de los episodios de calor primaverales en Canarias. La metodología está fundamentada en un riguroso análisis estadístico que da lugar a unos resultados que pretenden llenar un hueco en la Climatología de Canarias.

3. ANTECEDENTES

Canarias, situada frente a las costas meridionales de Marruecos y de la República Árabe Saharaui, goza de estabilidad meteorológica de forma casi permanente. Ello lo propicia su situación en el ámbito del anticiclón de las Azores. El extremo suroriental del cinturón de la alta presión subtropical, debido a la presencia de una corriente fría, es proclive a la formación de inversiones térmicas que impiden movimientos convectivos. Esta situación imposibilita el desarrollo de nubes de desarrollo vertical, dando lugar al conocido como *mar de nubes*, estratiforme de gran extensión espacial (Marzol, 1984).

En ese sentido, el clima del archipiélago canario es conocido a escala mundial por su benignidad y ello ha hecho que sea utilizado como un recurso turístico muy rentable.

No obstante, a pesar de que el 65% de los días del año, Canarias esté bajo las condiciones impuestas por el alisio (Dorta, 1993), no son extrañas las ocasiones en las que el ambiente atmosférico cambia de forma repentina.

Por un lado, durante el otoño, especialmente en su tramo final, y hasta inicios de la primavera, es probable la llegada de masas de aire atlánticas inestables asociadas a borrascas y frentes que producen precipitaciones significativas. A ello se unen las depresiones en altos niveles de la atmósfera (DANA), que producen chubascos de gran intensidad y repartidos en corto intervalo espacial y temporal. Sobre este último tipo de tiempo tenemos referencias recientes, como el 31 de marzo del 2002 en el que el observatorio meteorológico situado en Santa Cruz de Tenerife recogió 232mm entre las 16h y las 18:30h (Marzol, 2002).

Por otro lado, las invasiones de aire sahariano suponen un 25% de las jornadas en Canarias (Dorta et al, 2002). Son invasiones en el sentido más literal puesto que se trata de un cambio brusco en las condiciones previamente existentes en las que predomina el aire húmedo y fresco (Dorta et al, 2002).

En la distribución estacional de las advecciones saharianas en Canarias, se observa una mayor concentración temporal entre el otoño y el invierno (65%), siendo la primavera la que menos episodios padece (17%) (Dorta, 1999). Estas situaciones suelen generarse por situaciones a escala sinóptica particulares: bloqueo anticiclónico en la península ibérica (fig.1) con flujo de vientos de componente este o simplemente por el acercamiento de la

depresión de origen térmico que nace en el desierto del Sáhara producto del intenso calor superficial durante los meses más cálidos del año.

Las consecuencias de este tipo de tiempo no sólo se limitan a lo estrictamente meteorológico o climático. A nivel sanitario con una alta repercusión en el número de incidencias producidas por las altas temperaturas y el polvo en suspensión (García Carrasco et. al 2001) afectando especialmente a aquellos ciudadanos más vulnerables a sufrir sus efectos: niños, personas mayores y aquellas que padecen enfermedades vinculadas al aparato respiratorio. Los pacientes afectados por enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) llega a alcanzar el 6% del total de atendidos en las urgencias hospitalarias mientras que aquellos que padecen dolor torácico llegan al 4%, reduciendo este porcentaje con la finalización de la advección sahariana (García Carrasco et. al 2001). Por otro lado, el informe de Naciones Unidas (2013) apunta a un aumento notable de la población en áreas urbanas, lo cual incrementaría los efectos de las altas temperaturas sobre las ciudades gracias a su capacidad para retener calor (Marzol y Mayer, 2014). Esto propiciaría un incremento de la mortalidad en estos territorios. Otro ámbito que es proclive a sufrir las consecuencias de las advecciones saharianas es la agricultura, con enormes pérdidas en el cultivo de la vid en Lanzarote según cita Dorta (1992) a Rodríguez Brito (1986) y en zonas de medianías de las islas de mayor relieve, al ser las áreas de recepción de los valores de temperatura y humedad relativa más extremos. No obstante, uno de los efectos más graves de estas situaciones son los incendios forestales ya que el 93,3% de las hectáreas de monte que arde por incendios forestales se produce bajo este tipo de situaciones (Dorta, 2001). Además, en los últimos años estos siniestros están afectando en ocasiones a núcleos de población, tal y como ocurrió en Tenerife y Gran Canaria en los incendios forestales de julio del 2007.

En definitiva, las olas de calor, son fenómenos meteorológico que afectan a todos los niveles: social, político, económico y medio ambiental dada la severidad de sus registros.

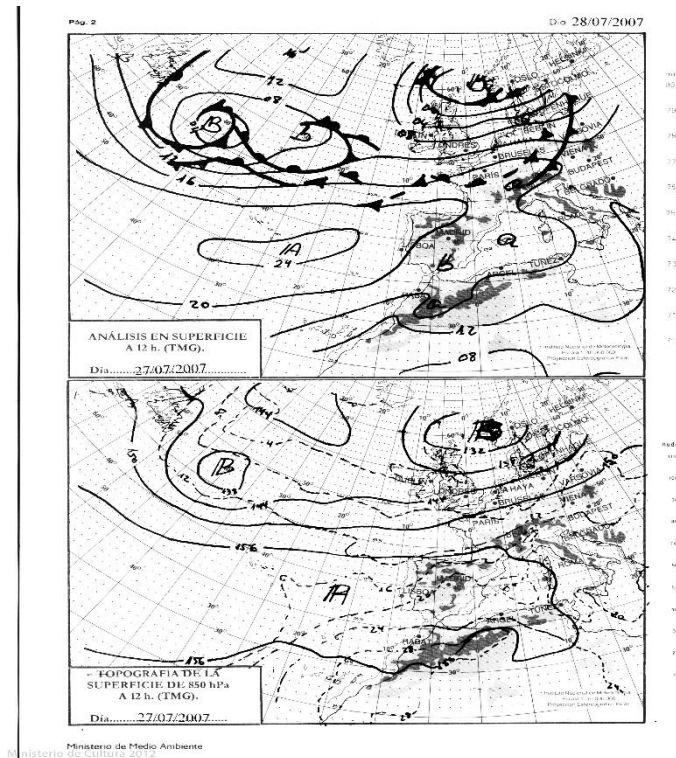


Figura 1: Situación sinóptica el día 27 de julio del 2007. Fuente: AEMET

Las advecciones de aire sahariano han sido objeto de estudio por la importancia de los valores máximos de temperatura, sus efectos y por las altas concentraciones de polvo en suspensión en superficie, llegando a superar los $1000 \mu/m^3$ en casos extremos (Dorta et al, 2005). Sin embargo la mayoría de las publicaciones corresponden con el verano (Dorta, 2005, Dorta, 2003, Dorta y Bethencourt 2001, Dorta 1995) o estudios generales de una sola isla (Marzol, 2001) quedando la primavera sin análisis en detalle, probablemente por su baja frecuencia. En cualquier caso, aunque sea la primavera el periodo en el que la llegada de estas masas de aire es menor, no es menos cierto que en esta época del año también se producen este tipo de eventos y su intensidad puede ser muy considerable. Además, en el contexto actual de calentamiento global se hace necesario analizar la evolución de este fenómeno en los meses que abarca dicha estación y comprobar su evolución, sobre todo en función de la hipótesis que planteamos.

Esto se hará mediante un análisis estadístico extrayendo datos de las estaciones meteorológicas de la red principal de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) que cuenten con una serie temporal que haga posible tener conclusiones certeras sobre estos fenómenos meteorológicos.

4. HIPÓTESIS

Los cambios producidos desde la Revolución Industrial en las condiciones climáticas a escala global hacen necesario el estudio de los fenómenos meteorológicos que afectan a cualquier punto de nuestro planeta. Las predicciones elaboradas por el IPCC tasan el incremento de las temperaturas a nivel mundial en cifras superiores a los 2°C a finales del siglo XXI con desigual intensidad entre regiones y según los modelos. A ello se suma la detección del debilitamiento del anticiclón de las Azores en los últimos 30 años según el IPCC (Lomas et. al 2016) y que podría favorecer la entrada de situaciones de olas de calor en Canarias.

Partiendo de esta base, la hipótesis de este estudio se fundamenta en la idea de que el incremento de las temperaturas que se está produciendo podría afectar a la regularidad e intensidad de las advecciones saharianas en el archipiélago y de manera concreta con la extensión de la estación estival hacia la primavera. Es decir, se trata de demostrar la importancia de los eventos de calor primaverales y, además, si éstos están aumentando, lo que se traduciría, en cierta medida, en un inicio del verano climatológico cada vez más temprano.

5. OBJETIVOS

Este estudio pretende, en primer lugar, conocer de qué manera afectan las advecciones saharianas a las condiciones atmosféricas reinantes en el archipiélago canario en los meses de primavera.

El segundo objetivo de este estudio es analizar la distribución de las advecciones saharianas a lo largo de la primavera climatológica. De esta manera, tal y como ocurre con otros fenómenos meteorológicos que han ido adquiriendo importancia con el avance del cambio climático, se estudiará si hay afección del cambio climático y si es posible que las advecciones saharianas se hayan desplazado temporalmente ampliando la escala temporal con la que afectan a las islas.

El último objetivo de este trabajo es la observación de la tendencia de las advecciones saharianas en los distintos observatorios que se analizan. Para ello se aplicarán diversos test estadísticos con el fin de obtener una respuesta adecuada y objetiva a este planteamiento.

6. FUENTES Y METODOLOGÍA

Para la realización de este estudio ha sido necesario la descarga de los datos de todas las estaciones de primer orden que existen en el archipiélago canario (fig. 2). Todas las islas cuentan con al menos una a excepción de La Gomera que no presentan ninguna y de Tenerife que cuenta con tres observatorios. A pesar de ello, contamos con los datos de estaciones de segundo orden de La Gomera para suplir la ausencia de información de la red principal. Los datos han sido extraídos de la base de datos de la NOAA, NCDC: <https://www.ncdc.noaa.gov/cdo-web/search>, de fácil acceso y mucho más sencillo que solicitar los datos directamente a la AEMET.

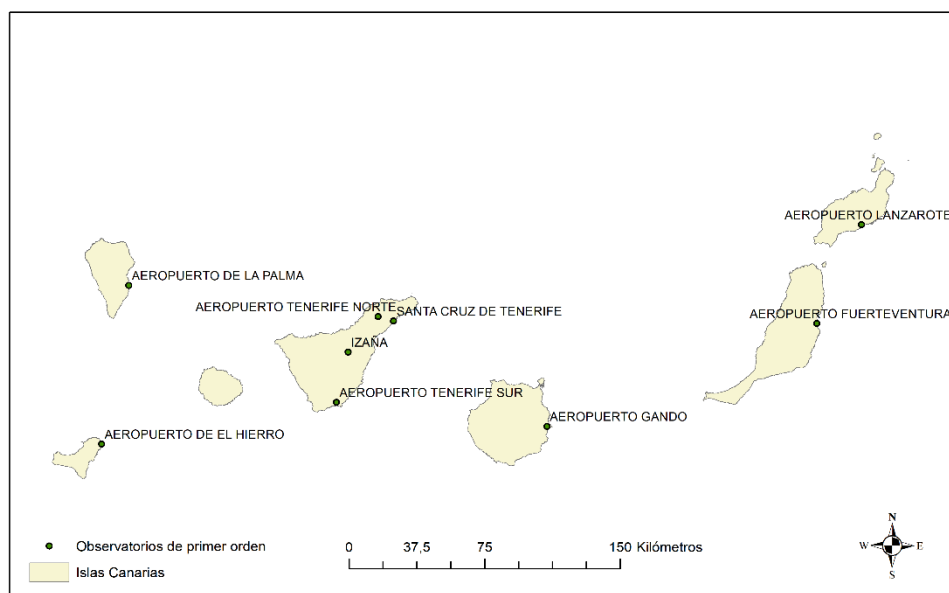


Figura 2: Localización de los observatorios de primer orden en Canarias. Fuente: AEMET. Elaboración propia

Todos los datos vienen en una misma hoja de *Excel*, por lo que mediante este mismo medio se genera una hoja de trabajo por estación extrayendo los datos de la tabla inicial. La información se extrae en formato TXT sin estar divididos en columnas, por lo que es necesario separar los datos mediante la aplicación de comas y dándole formato fecha a la columna correspondiente. Finalmente, el formato elegido son archivos XLS de manera que su tratamiento y manipulación se hace con la hoja de cálculo Excel de Microsoft.

Para facilitar el análisis estadístico, se crea una hoja de cálculo de Excel para cada observatorio meteorológico. En total han sido 9 en el conjunto del archipiélago. Todas de primer orden, como ya se ha citado.

A partir de la columna fecha, presente en todas las hojas de cálculo y en formato DD/MM/AA, se generan tres nuevas columnas en todas las hojas de cálculo llamadas *DÍA*, *MES* y *AÑO*. Su función será la de facilitar la búsqueda mediante fórmulas de los días en los que se superen determinados valores.

Mediante la creación de una tabla dinámica se contabilizará el número total de días por mes de los pertenecientes a la primavera para todos los años de la serie estadística de cada uno de los observatorios. Es un análisis exploratorio inicial y se realiza para intentar detectar los errores por ausencia de datos en las series estadísticas.

En este sentido, tras este paso, se procede a cotejar los datos extraídos mediante *Excel*, tratando de escoger series estadísticas válidas para obtener los resultados esperados. Para ello se deben descartar aquellos años que tengan jornadas sin registros que abarquen la totalidad de la primavera y que no permiten una correcta interpretación de los valores de temperatura, pudiendo entorpecer el trabajo.

El periodo de análisis es la etapa comprendida en la primavera climatológica, es decir, del 1 de marzo al 31 de mayo de cada uno de los años estudiados, entre 1971 y 2016

La metodología de este estudio se adapta a los criterios del artículo *Olas de calor desde 1975* del Área de Climatología y Aplicaciones Operativas de AEMET (2016). Por ello las series estadísticas escogidas se inician en 1971 de forma general pero ya se verá como existen observatorios con series algo más cortas en función del inicio de funcionamiento de los observatorios (cuadro 1).

OBSERVATORIO	SERIE ESTADÍSTICA ESCOGIDA	ALTITUD (M)
Santa Cruz de Tenerife	1971 – 2016	35
Aeropuerto Tenerife Norte	1971 – 2016	638
Aeropuerto Tenerife Sur	1981 – 2016	110
Izaña	1971 - 2016	2371
Aeropuerto El Hierro	1974 – 2016	31
Aeropuerto Lanzarote	1971 – 2016	14
Aeropuerto Fuerteventura	1971 – 2016	23
Aeropuerto La Palma	1971 – 2016	33
Aeropuerto Gran Canaria	1971 - 2016	24

Cuadro 1: Elección de serie estadística por observatorio. Fuente: AEMET. Elaboración propia

Los datos aportados por la NOAA son anuales y para facilitar el trabajo que vamos a realizar ha sido conveniente aplicar filtros a las columnas. En la columna *Mes* seleccionamos aquellos que corresponden a la primavera climatológica: marzo, abril y mayo.

Posteriormente, con el fin de evitar series incompletas, se limitan los datos a través de la aplicación del formato condicional. Con ello se logra obtener una serie estadística fiable y que permite un análisis correcto.

Según el artículo citado en la metodología de la AEMET (2016), para que en Canarias haya ante un episodio de ola de calor es necesario que dos de los observatorios de primer orden igualen o superen el percentil 95 de cada serie durante al menos tres días seguidos. Por ello se procede al cálculo de dicho percentil durante los meses de julio y agosto en todas las estaciones, es decir, el percentil del verano. (cuadro 2)

OBSERVATORIO	PERCENTIL 95 (°C)
Santa Cruz de Tenerife	31,1
AE Tenerife Norte	30,2
AE Tenerife Sur	31,6
Izaña	25,9
AE El Hierro	27,4
AE Lanzarote	31,4
AE Fuerteventura	30,4
AE La Palma	28,2
AE G. Canaria – Gando	29,2

Cuadro 2: Cálculo del percentil 95 estival. Fuente: AEMET. Elaboración propia.

Con el fin de detectar las advecciones saharianas y analizar los episodios más relevantes, se procede a reconocer los días por año en los que se superan estos valores hallados anteriormente. Así se realiza el análisis comparativo entre los distintos observatorios en estas situaciones.

Más tarde se procede a analizar los datos de temperatura máxima absoluta por observatorio. (cuadro 3) Con ello se intenta buscar aquellos episodios en los que se producen las olas de calor más intensas, localización de las fechas y visualización de la existencia de coincidencia temporal entre valores en distintos observatorios. Además, como señala AEMET (2016), es necesario que estos valores iguallen o superen el percentil 95 durante al menos tres días consecutivos.

OBSERVATORIO	TEMPERATURA MÁXIMA (°C)
Santa Cruz de Tenerife	36,4
AE Tenerife Norte	37,6
AE Tenerife Sur	37,7
Izaña	26
AE El Hierro	34,2
AE Lanzarote	42,6
AE Fuerteventura	38
AE La Palma	36,6
AE G. Canaria – Gando	36

Cuadro 3: Temperatura máxima absoluta por observatorio durante la primavera. Fuente: AEMET. Elaboración propia.

Para generar un cuadro en el que extraer los episodios cálidos, es necesario hallar los siguientes parámetros:

- **Anomalía de la ola:** valor medio de las anomalías de temperatura respecto a su percentil 95.
- **Temperatura máxima de la ola:** valor medio de las temperaturas más altas registradas en los observatorios afectados por un episodio de ola de calor.
- **Duración:** siempre debe ser igual o superior a 72 horas.
- **Observatorios afectados:** Dada la escasa cantidad de observatorios de primer orden, para que un episodio sea considerado como ola de calor debe afectar al menos a dos de ellos.

Con estos parámetros registrados, se seleccionan las olas de calor (cuadro 4) y se escogen para que sean objeto de análisis los cinco episodios cálidos con una anomalía de la ola más destacable. Este cuadro supone una de las principales aportaciones de este estudio puesto que muestra las 12 olas de calor detectadas en primavera y distribuye cronológicamente los episodios cálidos desde 1971 hasta 2016 en primavera, además, indica su duración e intensidad y los observatorios de la red principal de AEMET que se ven afectados. Los episodios cálidos comienzan desde el año 1979 y finalizan en 2015

con una distribución desigual pero con mayor regularidad a partir del siglo XXI, en el que se producen la mitad de las olas de calor detectadas.

Para que un episodio sea considerado como ola de calor es necesario que afecte al 10% de los observatorios que se analizan, en el caso de Canarias será de 2 observatorios para el conjunto del archipiélago dada la escasez de observatorios de la red principal.

Tras el análisis de las situaciones de olas de calor más significativas, se procederá a la caracterización atmosférica de estos episodios cálidos.

Para la interpretación del estado de la atmósfera durante los episodios cálidos se han utilizado los sondeos termodinámicos que la Agencia Estatal de Meteorología emite a diario desde Güímar a las 00:00h y a las 12:00h. También los mapas del tiempo recopilados en el servicio *Opendata* de AEMET.

En aquellas ocasiones en las que los episodios vengan acompañados de calima, se usarán las observaciones registradas por AEMET a las 13:00H para un día en concreto del episodio. Estos registros han sido proporcionados por el servicio de Climatología e Información al Usuario de AEMET.

Posteriormente se analizará la distribución de los días cálidos. Para ello se contabilizarán el número de días por año en los que se supera el percentil 95 en los meses de marzo, abril y mayo dentro de la serie estadística objeto de análisis.

Por otro lado, en el análisis de tendencias de los observatorios ha sido necesario aplicar un test estadístico acorde a los datos con los que se cuenta. Se ha decidido emplear el coeficiente de correlación de Spearman. Este análisis estadístico se apoya en el material facilitado por el Centro Meteorológico Territorial de Santa Cruz de Tenerife y que ha sido soporte para su realización (anexo fig. 3). Se ha utilizado el test de Spearman frente al Mann-Kendal porque el primero es más efectivo en el análisis de series de datos con poca significación estadística (Sneyers, 1975). Si la probabilidad catalogada como α en nuestra plantilla de Excel (anexo fig. 1) es inferior a 0,05 se entenderá que existe tendencia, de lo contrario no será observada y, si el coeficiente de correlación $-(rs=1-[6/(n(n^2-1))]\sum(y_i-i)^2)$ es superior a 0 se entiende que esa tendencia es creciente y si es inferior, decreciente.

Para el análisis de la correlación de datos de la serie estadística hemos empleado el test de Wald Wolfowitz que permite contrastar la relación que existe entre dos variables

partiendo de la idea de que sus distribuciones son idénticas, frente a la hipótesis variable de que pueden ser distintas en algún aspecto. Existirá correlación serial si la probabilidad entendida como αI es inferior a 0,05 y no existirá si su valor es superior.

<i>Olas de calor en Canarias en primavera. 1971 - 2016</i>						
Año	Inicio	Fin	Duración	Anomalía de la ola (°C)	Temperatura máxima de la ola (°C)	Observatorios afectados
1979	12/05/1979	15/05/1979	4	0,8	32,1	3
1986	23/05/1986	28/05/1986	6	2,1	35,5	4
1987	01/03/1987	05/03/1987	5	0,5	31,1	2
1989	09/03/1989	11/03/1989	3	0,4	31	2
1990	17/03/1990	23/03/1990	7	1,1	30,9	2
1994	28/04/1994	30/04/1994	3	1,5	33	2
2002	20/03/2002	23/03/2002	4	2	33,2	3
2003	20/05/2003	24/05/2003	5	1,8	33,4	5
2007	08/05/2007	11/05/2007	4	3	33	3
2008	24/04/2008	28/04/2008	5	3,3	35,3	6
2012	11/05/2012	15/05/2012	5	3	34,9	6
2015	11/05/2015	15/05/2015	5	2,3	36,6	5

Cuadro 4: Distribución de las olas de calor en primavera en Canarias. Fuente: AEMET.

Elaboración propia.

7. RESULTADOS

7.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS ADVECCIONES SAHARIANAS EN CANARIAS

Las advecciones de aire sahariano corresponden a una de las situaciones de tiempo atmosférico más recurrente en el archipiélago canario dada su cercanía con la mayor fuente de aire tropical continental del planeta, el desierto del Sáhara.

En general suele hablarse de invasión de aire sahariano dado el cambio brusco en las condiciones meteorológicas previas a su llegada (Dorta et al, 2002). Su significado es literal, los valores termohigrométricos cambian con rapidez y provocan condiciones adversas: altas temperaturas y humedad relativa muy baja, en ocasiones de hasta el 3% especialmente en puntos del interior de las islas, alejados de la influencia marítima (Dorta, 1991).

Respecto a las intrusiones del polvo en suspensión que en ocasiones acompaña a las advecciones saharianas, en invierno, estación de mayor frecuencia, (Dorta, P et al. 2002) las entradas de polvo en suspensión y, por ende, de aire continental, suelen producirse en superficie mientras que en el verano afectan en mayor medida a las zonas altas (Alonso, 2007). Entre los meses entre abril y junio existe un mínimo marcado (Dorta et al. 2005)

A escala sinóptica, las entradas de masas de aire sahariano cumplen los siguientes patrones:

- Durante las situaciones producidas en el invierno, el anticiclón de las Azores sufre un desplazamiento hacia el norte de la Península Ibérica o el centro de Europa (Fig. 3). Con esta configuración favorece la entrada de esta masa de aire, frecuentemente cargada de polvo en suspensión que en ocasiones reduce la visibilidad por debajo de los 100m (Dorta, 1992). Así mismo viene acompañada de vientos del segundo cuadrante, en ocasiones racheado y muy intenso. (Dorta, 1992)

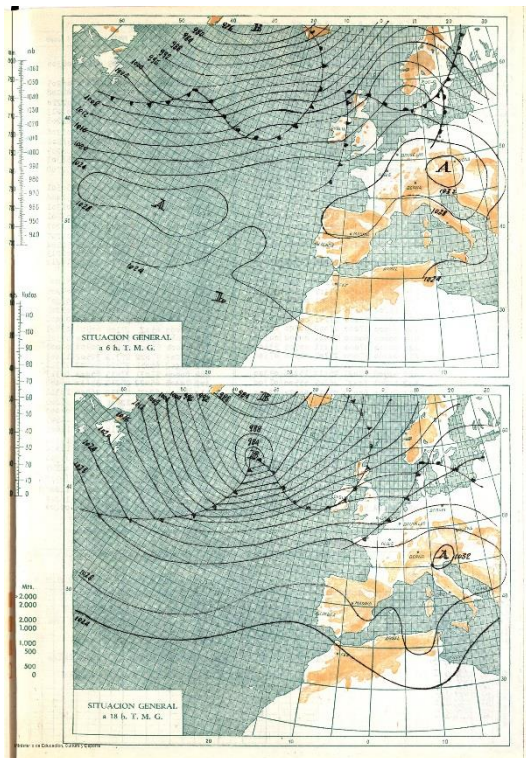


Figura 3: Situación sinóptica propia de las entradas de aire sahariano durante el invierno.

Fuente: AEMET

- Las advecciones de aire sahariano que se producen durante el verano son diferentes: provocan temperaturas muy altas, de hasta 45°C (Dorta, 1992) y la configuración sinóptica varía. El desplazamiento de las altas presiones se produce en este caso hacia el noroeste, adentrándose hacia el Océano Atlántico y propiciando la entrada de la depresión térmica del Sáhara hacia las islas (Fig. 4).

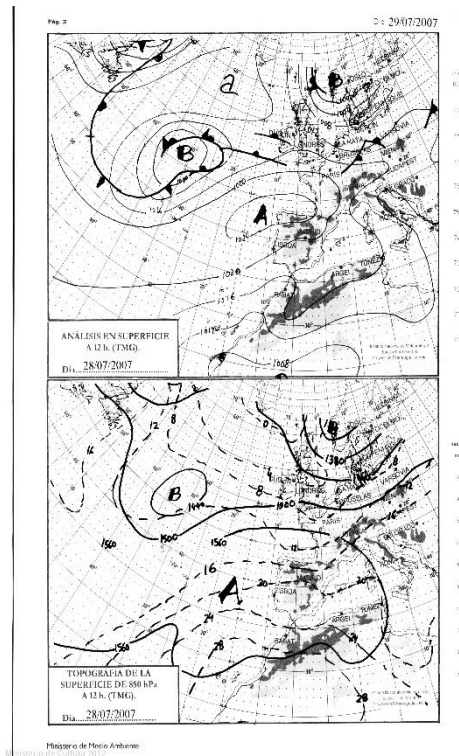


Figura 4: Situación sinóptica propia de las entradas de aire sahariano durante el verano.

Fuente: AEMET

7.2. PRINCIPALES OLAS DE CALOR

Basándonos en lo especificado por la metodología de este trabajo, de las 12 olas de calor detectadas se han seleccionado las cinco de mayor intensidad, cuyas *anomalías de la ola* han sido más significativas (cuadro 5). Son episodios representativos no sólo por las altas temperaturas, sino, además por su amplia distribución geográfica.

DETECCIÓN OLAS DE CALOR MÁS IMPORTANTES						
Año	Inicio	Fin	Duración	Anomalía de la ola (°C)	Temperatura máxima de la ola (°C)	Observatorios afectados
1986	23/05/1986	28/05/1986	6	2,1	35,5	4
2002	20/03/2002	23/03/2002	4	2	33,2	3
2008	24/04/2008	28/04/2008	5	3,3	35,3	6
2012	11/05/2012	15/05/2012	5	3	34,9	6
2015	11/05/2015	15/05/2015	5	2,3	36,6	5

Cuadro 5: Anomalías de la ola más altas para los episodios de ola de calor en primavera en Canarias. Fuente: AEMET. Elaboración propia.

7.3. ANÁLISIS DE CASOS

Mediante la aplicación de lo expuesto en la metodología del trabajo, se analizan aquellos episodios de mayor intensidad y duración que se han producido en Canarias desde 1971 hasta 2016. El análisis es global puesto que abarca la situación sinóptica y sus repercusiones en el estado de la atmósfera durante las olas de calor así como posibles consecuencias sociales y medioambientales de estos fenómenos meteorológicos.

7.3.1. Ola de calor del 23 al 28 de mayo de 1986

Situación de ola de calor producida por el desplazamiento del anticiclón de las Azores hacia el norte de dicho archipiélago. La masa de aire tropical continental, muy cálida y seca al norte de África, penetra sobre el archipiélago favoreciendo temperaturas muy altas. Estos valores de presión atmosférica durante el episodio llegaron a situarse por debajo de los 1013 milibares en Santa Cruz de Tenerife, cuyo observatorio se sitúa a 35 metros sobre el nivel del mar.

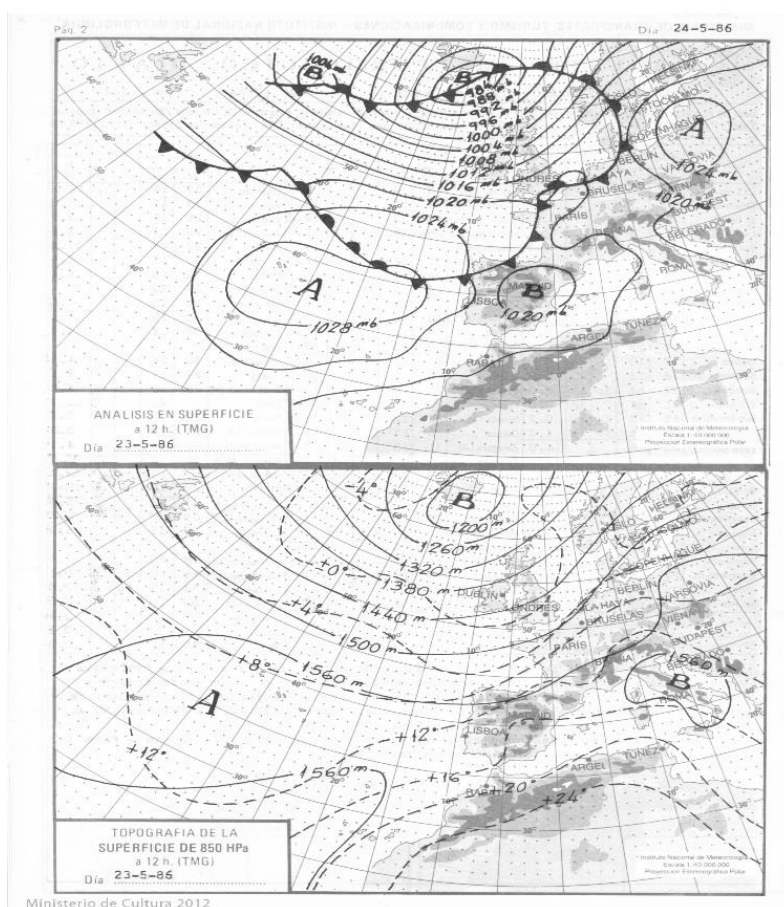


Figura 5: Situación sinóptica y altura geopotencial a 500 hPa el día 23 de mayo de 1986. Fuente: AEMET

Este episodio comienza a afectar a las islas orientales a partir del día 23 y se extiende a Tenerife entre el 24 y 26, terminando el día 28 en el que observatorio del Aeropuerto Tenerife Sur con 37,6°C alcanzando el valor más alto del episodio (cuadro 6) :

OBSERVATORIOS AFECTADOS POR OLA DE CALOR				
OBSERVATORIO	FECHA INICIO	FECHA FIN	TEMPERATURA MÁXIMA (°C)	ANOMALÍA DE LA OLA (°C)
Aeropuerto de Lanzarote	24/05/1986	27/05/1986	36,6	3,2
Aeropuerto de Los Rodeos	24/05/1986	27/05/1986	35,0	3
Aeropuerto Tenerife Sur	26/05/1986	28/05/1986	37,6	2,3
Aeropuerto de Fuerteventura	23/05/1986	25/05/1986	33,0	0

Cuadro 6: Observatorios afectados por ola de calor objeto de análisis. Fuente: AEMET.

Elaboración propia

Aunque 4 observatorios registrasen el conjunto de días cálidos necesarios para la consideración de ola de calor, hubo otros que tuvieron al menos un día cálido dentro de este episodio:

- Santa Cruz de Tenerife: 31,4°C el día 25 de mayo.
- Aeropuerto de Gando (Gran Canaria): 30,2°C el día 26 de mayo y 30,4°C el día 27 de mayo.

En los observatorios de la red secundaria de la isla de La Gomera se registran los valores más altos el día 26 de mayo en cumbres y a sotavento. Así en Alajeró (855m) se alcanzan los 36,4°C mientras que en Vallehermoso situado al norte de la isla y en zonas bajas la temperatura máxima apenas supera los 25°C.

Como se observa en el cuadro 6, las estaciones afectadas se encuentran en las vertientes abiertas a los vientos del este que soplaron durante esta ola de calor. En las costas de las islas más occidentales con mayor influencia de la masa de aire húmeda y fresca del alisio esta situación no afectó con importancia y se mantuvieron en valores por debajo de su percentil 95 durante todo el episodio cálido.

El estado de la atmósfera durante esta ola de calor estaba marcado, según el radiosondeo de Güímar (fig. 6), por el aire seco y muy cálido en niveles bajos pero, sobre todo, en las zonas de medianías donde el pico máximo el día 27 se alcanza en torno a los 925 hPa (750m). Ello se ve reflejado en los datos del Aeropuerto de Los Rodeos y el sur de la isla

de La Gomera, donde superaron ampliamente los 35°C en cotas entre 600 y 900m.

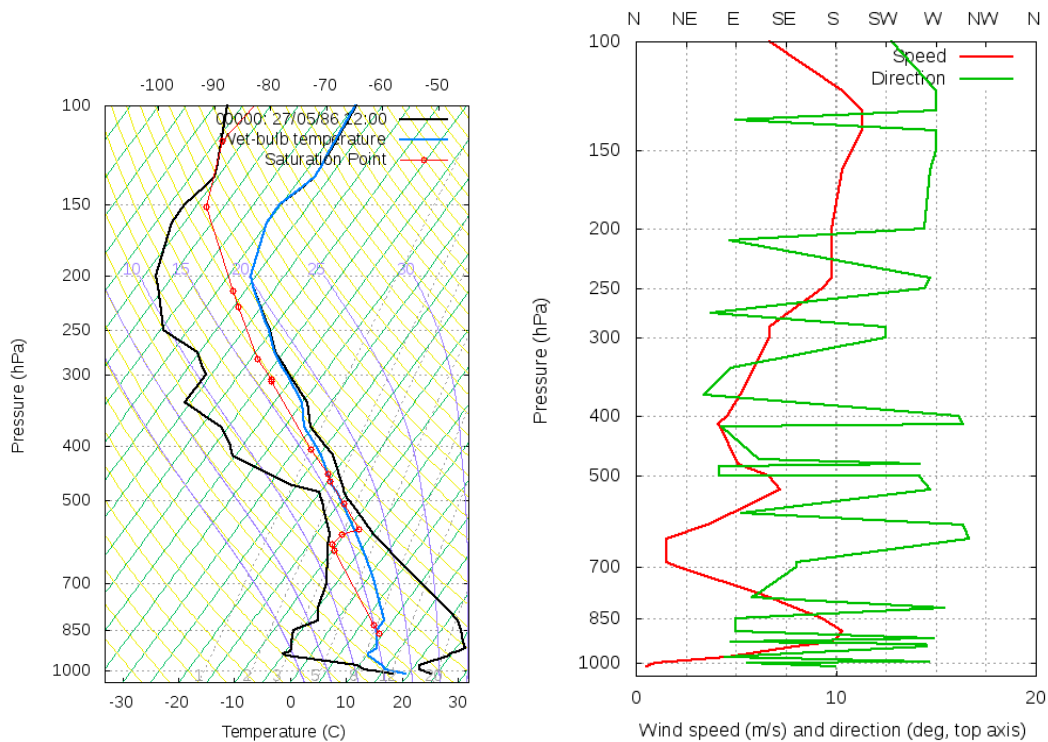


Figura 6. Radiosondeo de Güímar el día 27 de mayo de 1986. Fuente: Centro Meteorológico Territorial de SC de Tenerife. AEMET.

Esta situación queda plasmada en la figura 5 mediante una potente inversión térmica que abarca desde los 314 hasta los 941 metros de altitud según los registros del radiosondeo de Güímar (cuadro 7):

z(gpm)	P(hPa)	T(°C)	RH(%)
36	1012.0	24.1	65
175	996.0	21.5	53
314	980.0	20.9	49
639	944.0	25.1	14
732	934.0	24.9	13
941	912.0	26.7	13
1145	891.0	25.7	13
1903	817.0	21.9	18

Cuadro 7: Registros de temperatura a diferentes altitudes el 27 de mayo de 1986 a las 12:00h. Fuente: AEMET

Los valores de humedad según lo reflejado en la figura 5 se situaron en las zonas de medianías entre el 13% y el 14% y con vientos que soplaban entre 8.0 m/s y 10.1 m/s, suponiendo un claro peligro para la generación de incendios forestales en el ámbito de pinar, donde se produjeron los valores críticos para su desarrollo. A pesar de ello, los

incendios de 1986 que quemaron 500 has y afectaron en la inmensa mayoría a la provincia de Santa Cruz de Tenerife (92,2%) según los datos del informe sobre Incendios Forestales en España en 1986 del Ministerio de Medio Ambiente, no se produjeron durante este episodio cálido.

La situación a 500 hPa estaba dominada por la presencia de una dorsal anticiclónica que permitió un ambiente muy estable en todo el archipiélago (fig 4).

7.3.2. Ola de calor del 20 al 23 de marzo del 2002

Este episodio se caracteriza por la presencia de un anticiclón bastante potente centrado entre la Península Ibérica y el sur de Argelia y Libia. Esto permite la entrada de una masa de aire tropical continental que es sustancialmente diferente a las advecciones saharianas que suelen afectar al archipiélago en esta época del año.

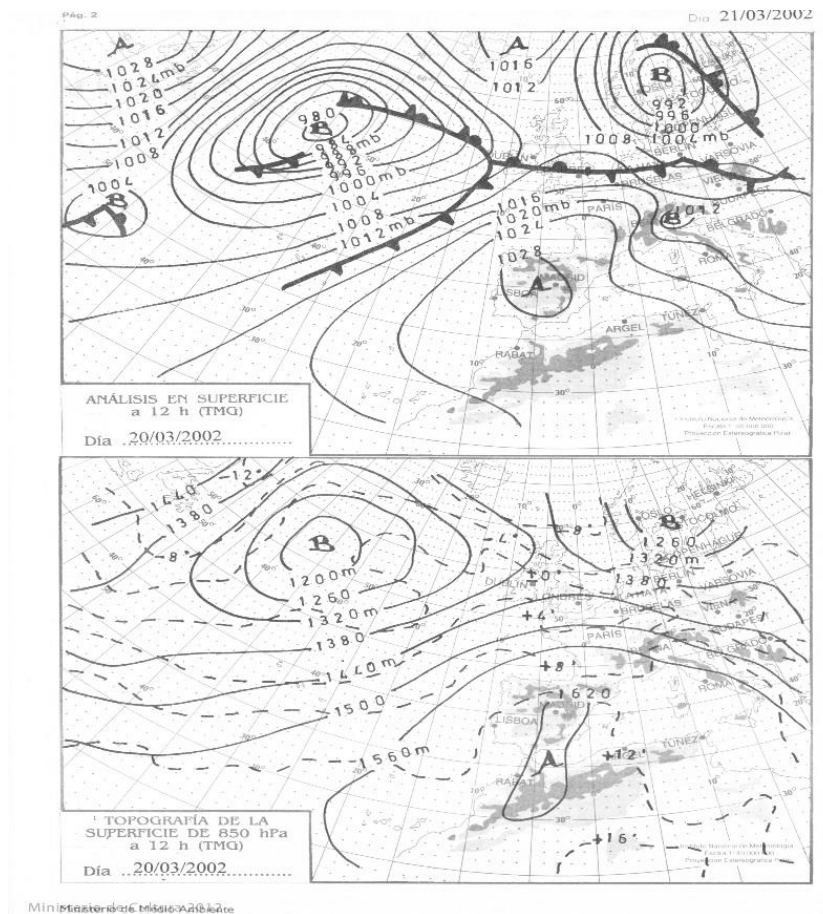


Figura 7. Situación sinóptica y altura geopotencial a 850 hPa el día 20 de marzo del 2002.
Fuente: AEMET

Este episodio destaca por haber afectado fundamentalmente a las islas de Tenerife y La Palma como episodio cálido con valores, eso sí, más bajos que en otros eventos objeto de análisis.

OBSERVATORIOS AFECTADOS POR OLA DE CALOR				
OBSERVATORIO	FECHA INICIO	FECHA FIN	TEMPERATURA MÁXIMA (°C)	ANOMALÍA DE LA OLA (°C)
Aeropuerto de La Palma	20/03/2002	22/03/2002	31,9	3,2
Santa Cruz de Tenerife	21/03/2002	23/03/2002	34,1	1,7
Aeropuerto Tenerife Sur	21/03/2002	23/03/2002	33,8	1,1

Cuadro 8: Observatorios afectados por ola de calor objeto de análisis. Fuente: AEMET. Elaboración propia

En general todos los observatorios experimentaron un ascenso de temperaturas máximas, con valores próximos a los 30°C tanto en costas como en medianías.

El observatorio del Aeropuerto de El Hierro registró dos días cálidos consecutivos, el 21 y 22 de marzo registrando 31,4°C la última jornada y siendo el valor más alto para dicha estación meteorológica.

El aeropuerto de Gando registró valores por encima del percentil 95 durante el 22 y 23 de marzo con una temperatura máxima de 31,0°C el día 23.

La humedad relativa que era de un 29% a nivel del mar y del 13% a 500 metros según el radiosondeo Güímar para el día 22 (fig. 8). La situación fue prácticamente idéntica durante los días que duró este episodio cálido.

En niveles bajos destaca la presencia de una destacada inversión térmica con especial incidencia en zonas de medianías, con un máximo en torno a 650m (cuadro 9):

z(gpm)	P(hPa)	T(°C)	RH(%)
36	1017.2	26.4	38
357	980.4	22.0	28
465	968.2	24.0	18
644	948.6	25.2	8
874	923.9	23.6	9
1573	851.8	17.0	13

Cuadro 9: Registros de temperatura y humedad a las 12:00h del 21 de marzo según radiosondeo de Güímar. Fuente: AEMET

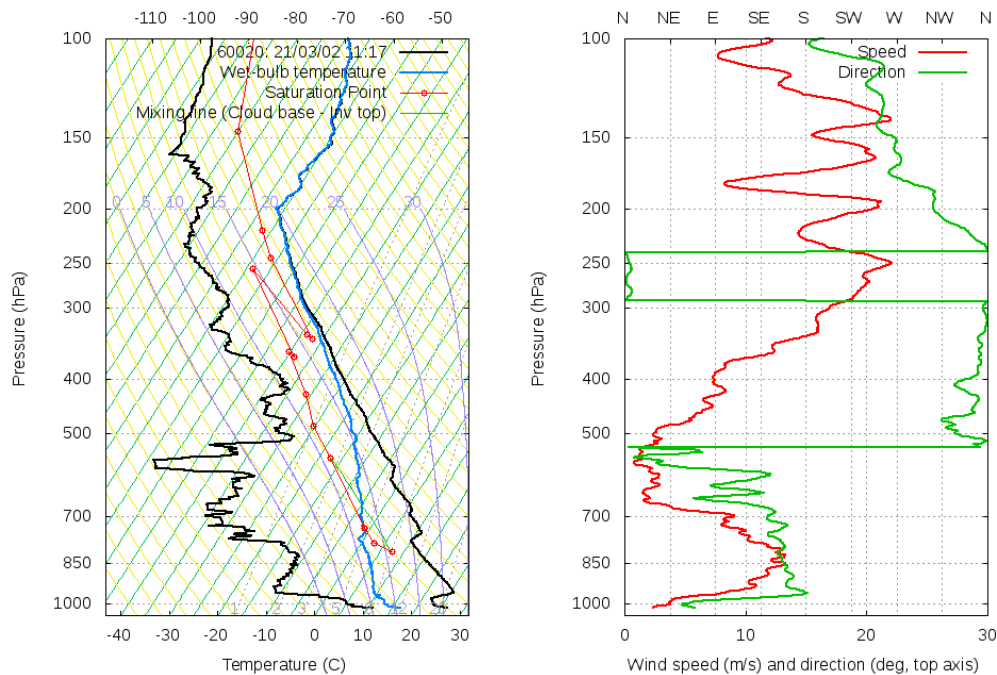


Figura 8. Radiosondeo de Güímar el día 21 de marzo del 2002. Fuente: Centro Meteorológico Territorial de SC de Tenerife. AEMET.

El viento durante el episodio cálido fue predominantemente de componente sur en todos los niveles propicios a la generación de incendios forestales, entre los 925hPa y los 850 hPa aproximadamente, con especial incidencia entre los 700 y 2000m, es decir, en el área potencial del *pinus canariensis*, a pesar de ello en esta situación tampoco se produjeron incendios (ICONA, 2003).

Dado el recorrido de las isobaras por la fuente de material litogénico que afecta frecuentemente a las islas, conocida popularmente como *calima*, desde el antiguo Instituto Nacional de Meteorología (INM) se predijo la posibilidad de que llegara al archipiélago. La intrusión de calima no provocó una reducción de la visibilidad significativa, que en la actualidad se estima en 3000 m o menos y que provocaría la

activación de avisos según el Plan Nacional de Predicción y Vigilancia de Fenómenos Meteorológicos Adversos (Meteoalerta) que en este momento no estaba vigente.

Este episodio finaliza con la entrada de una vaguada por el noroeste del archipiélago, con especial incidencia en las islas occidentales.

7.3.3. Ola de calor del 24 al 28 de abril del 2008

El desplazamiento del anticiclón de las Azores hacia el Atlántico central permite la entrada de vientos de componente este con una masa de aire tropical continental (fig 9). Es el peor episodio de ola de calor que se registra para un mes de abril en toda la serie objeto de análisis y es particularmente intenso, pues la anomalía de la ola es la más alta del conjunto de episodios cálidos detectados (cuadro 5)

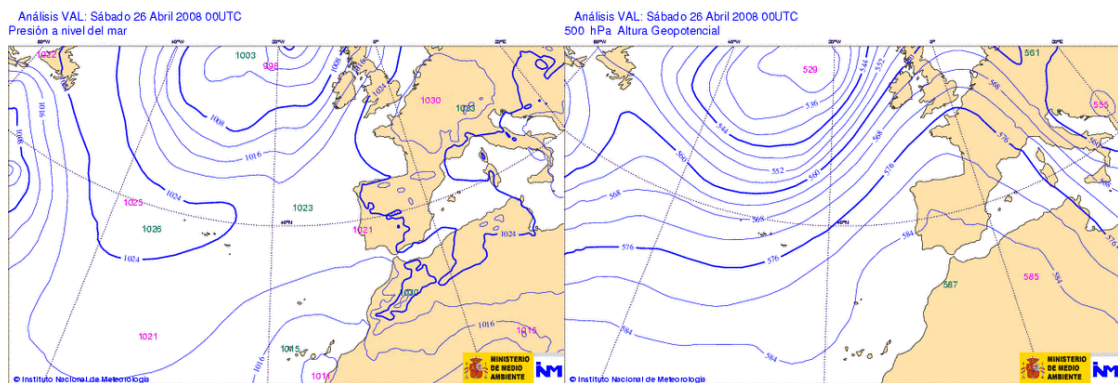


Figura 9: Mapa sinóptico de superficie y 500 hPa del día 26 de abril del 2008. Fuente: AEMET

Su distribución es muy amplia puesto que afecta a la práctica totalidad de las estaciones del archipiélago, aunque con menor incidencia en Izaña y Los Rodeos. En el aeropuerto de Los Rodeos se produce un ascenso significativo tanto de las temperaturas tanto máximas como mínimas, con casi 30°C y mínimas de 18°C. Aún así con estos valores no logra igualar a su percentil 95.

Tiene especial impacto en el aeropuerto de la isla de La Palma, donde alcanzan los 36,6°C, que suponen el registro más alto de temperatura máxima de su serie histórica para un mes de abril. Este registro se mantiene en la actualidad (cuadro 10). En El Hierro se registran dos días cálidos consecutivos, especialmente el 27 de abril cuando registran 33,2°C.

OBSERVATORIOS AFECTADOS POR OLA DE CALOR				
OBSERVATORIO	FECHA INICIO	FECHA FIN	TEMPERATURA MÁXIMA	ANOMALÍA DE LA OLA
Aeropuerto de La Palma	26/04/2008	28/04/2008	36,6	5
Aeropuerto Tenerife Sur	25/04/2008	28/08/2008	36,2	3,6
Aeropuerto de Fuerteventura	25/04/2008	27/04/2008	35,3	3,2
Aeropuerto de Gando	25/04/2008	28/04/2008	33,7	3
Aeropuerto de Lanzarote	24/04/2008	28/04/2008	35,2	2,6
Santa Cruz de Tenerife	25/04/2008	27/04/2008	34,7	2,5

Cuadro 10: Observatorios afectados por ola de calor durante este episodio. Fuente: AEMET. Elaboración propia.

En las estaciones de segundo orden de la isla de La Gomera se registraron temperaturas altas principalmente el día 27. Afectó a todos los niveles, desde costa hasta medianías con especial incidencia en las áreas a sotavento. Así en San Sebastián, a nivel del mar, registraron 36°C. En el aeropuerto de la isla superan los 35°C y en Juego de Bolas a 755m superan los 31°C.

En este episodio, además, según los datos obtenidos de la base de datos de AEMET, hubo una entrada de polvo en suspensión especialmente significativa en los registros de las estaciones de medianías y costa de Tenerife. La visibilidad se redujo a 3000 metros en el aeropuerto Tenerife Sur y a los 4000 metros en Los Rodeos según las observaciones realizadas a las 13:00h.

La situación meteorológica venía marcada por la presencia de vientos de componente este en niveles bajos. A ello acompañaron temperaturas muy altas y una humedad relativa muy baja. En las observaciones realizadas a las 13:00h según la base de datos de AEMET se registró un 10% de humedad relativa el día 26 de abril en Los Rodeos.

Los registros del sondeo termodinámico para este día (fig. 10) son ciertamente poco frecuentes para este tipo de situaciones, apreciándose una capa muy seca y muy cálida en niveles prácticamente de superficie y, vientos de intensidad moderada. A diferencia del resto de episodios, en éste no existe inversión térmica en medianías con temperaturas muy altas en niveles de costa.

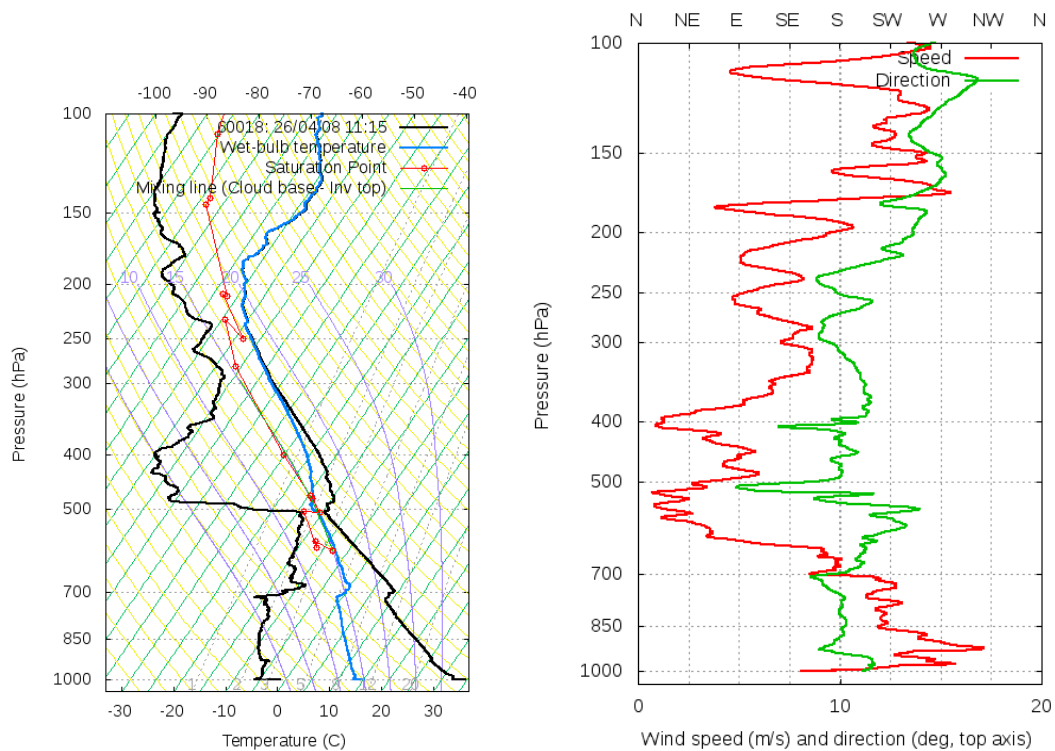


Figura 10: Sondeo termodinámico del día 26 de abril del 2008. Fuente: CMT SC de Tenerife

El restablecimiento de la capa húmeda y fresca del alisio en los niveles medios y bajos termina este importante episodio de temperaturas muy altas.

7.3.4. Ola de calor del 11 al 15 de mayo del 2012

Situación de ola de calor cuyo mecanismo de funcionamiento es diferente al del resto de episodios cálidos que hemos analizado.

El desplazamiento del anticiclón hacia las Islas Británicas permite el descuelgue de una depresión en altos niveles de la atmósfera (en adelante DANA) al sur de las Azores. La conjunción de vientos del este y la propia circulación de la DANA logran atraer una potente dorsal anticiclónica en altura con aire muy cálido y seco en superficie hacia el archipiélago (fig. 11).

A 850 hPa (aproximadamente 1500 m) se observa como la DANA es capaz de atraer la masa de aire hacia su circulación.

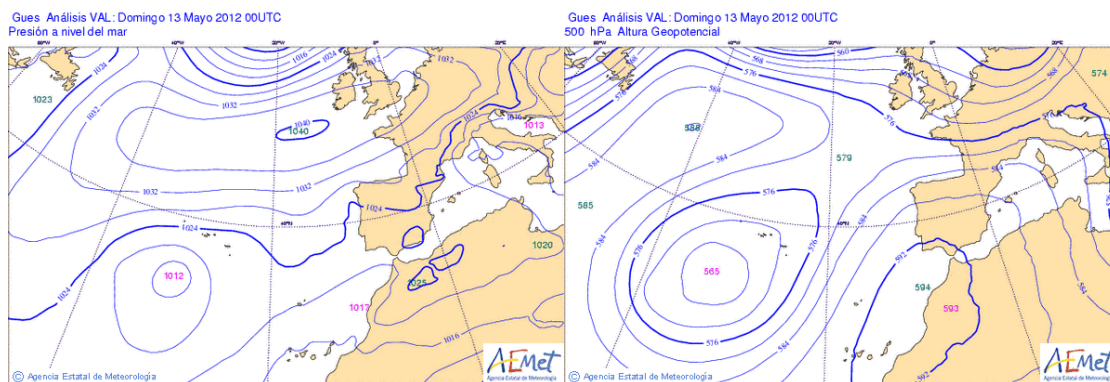


Fig 11: Previsión sinóptica y 500 hPa para el día 13 de mayo del 2012. Fuente: AEMET

Este episodio afecta especialmente a las islas centrales y orientales en sus zonas de costa y medianías y mucho menos a las occidentales como es el caso de El Hierro, donde la anomalía de la ola es de 0,2°C. En el aeropuerto de La Palma se registran 31,9°C el día 13, siendo el único día en el que se supera el percentil 95 (cuadro 11).

OBSERVATORIOS AFECTADOS POR OLA DE CALOR				
OBSERVATORIO	FECHA INICIO	FECHA FIN	TEMPERATURA MÁXIMA	ANOMALÍA DE LA OLA
Aeropuerto Tenerife Sur	12/05/2012	14/05/2012	37,7	5
Aeropuerto de Los Rodeos	12/05/2012	16/05/2012	36,2	4,2
Aeropuerto de Lanzarote	12/05/2012	16/05/2012	36,2	3,6
Aeropuerto de Fuerteventura	13/05/2012	17/05/2012	36,7	3
Aeropuerto de Gando	11/05/2012	15/05/2012	34,5	2,1
Aeropuerto de El Hierro	11/05/2012	13/05/2012	27,9	0,2

Cuadro 11: Observatorios afectados por ola de calor durante este episodio. Fuente: AEMET.

Elaboración propia.

Las estaciones de la red secundaria de La Gomera registran altas temperaturas en las zonas de medianías, cumbres y costas a sotavento. El observatorio situado en el aeropuerto de la isla alcanza los 37,2°C el día 13 de mayo, así como el que se ubica en Juego de Bolas, en la cumbre de la isla, que registra el mismo día los 33,1°C.

Es muy relevante en este episodio el valor de temperatura mínima registrado en Los Rodeos el día 14 de mayo: 24,9°C así como los 37,7°C que alcanzan en el aeropuerto Tenerife Sur el día 13 de mayo y que constituyen un récord de temperatura máxima absoluta para un mes de mayo en su serie climática.

La situación meteorológica predominante durante la ola de calor estaba caracterizada por temperaturas muy altas en niveles bajos y valores de humedad relativa inferiores al 15% en medianías (fig. 12). El viento en general soplaba de componente sureste y con intensidad moderada.

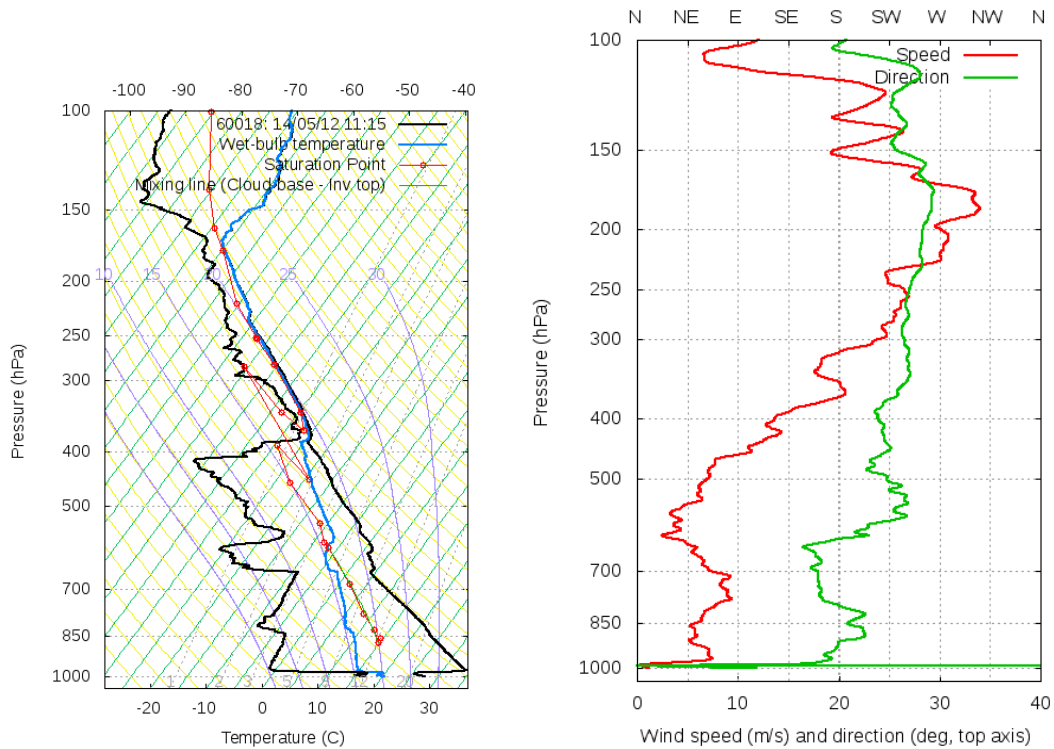


Figura 12: Sondeo termodinámico del día 14 de mayo del 2012. Fuente: CMT SC de Tenerife

Es destacable en el registro del radiosondeo de Güímar la existencia de una destacadísima inversión térmica en niveles bajos que se manifiesta no sólo en diferentes valores de temperatura sino, también en el giro de la dirección del viento y el incremento de su intensidad (cuadro 12):

z(gpm)	P(hPa)	T(°C)	RH(%)	Wspd(m/s)	Wdir(°)
105	999.3	27.6	52	1.2	107
255	982.5	31.6	22	3.2	159
339	973.4	34.0	11	6.7	170
435	963.0	33.1	11	7.4	173
628	942.5	31.4	12	7.1	174
900	914.1	29.0	14	5.5	179
1538	850.0	23.5	17	5.7	188

Cuadro 12: Registros de temperatura, humedad, dirección e intensidad del viento del radiosondeo de Güímar a las 12:00h del 14 de mayo. Fuente: AEMET.

Ante esta situación, AEMET decide activar el aviso naranja por temperaturas de hasta 38°C en la provincia de Las Palmas y mitad sur de Tenerife el día 14 de mayo.

En esta ola de calor diversas personas en la isla de Lanzarote tuvieron que ser atendidas debido a golpes de calor y lipotimias, principalmente senderistas y personas de avanzada edad (La Provincia).

7.3.5. Ola de calor del 11 al 15 de mayo del 2015

El desplazamiento del anticiclón de las Azores hacia el Atlántico central permite la entrada de una masa de aire tropical continental que provoca una importante ola de calor en Canarias en la que uno de los observatorios de primer orden alcanzó una temperatura muy superior a los 40°C, algo inédito en un episodio cálido que se produce en primavera.

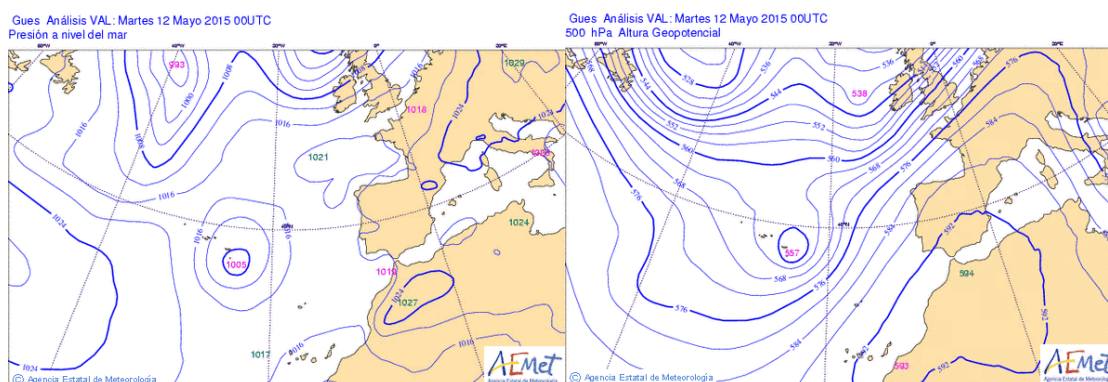


Figura 13: Situación sinóptica y 500 hPa el día 12 de mayo del 2015. Fuente: AEMET

En este caso los observatorios que detectaron el episodio cálido se situaron en zonas de costa y medianías, sobre todo de las islas centrales y orientales.

OBSERVATORIOS AFECTADOS POR OLA DE CALOR				
OBSERVATORIO	FECHA INICIO	FECHA FIN	TEMPERATURA MÁXIMA	ANOMALÍA DE LA OLA
Aeropuerto de Lanzarote	11/05/2015	15/05/2015	42,6	4,9
Aeropuerto de Los Rodeos	11/05/2015	14/05/2015	35,5	4
Santa Cruz de Tenerife	12/05/2015	14/05/2015	36,4	2,3
Aeropuerto de Fuerteventura	11/05/2015	13/05/2015	36,8	1,9
Aeropuerto de Gando	12/05/2015	15/05/2015	32,5	1,4
Aeropuerto Tenerife Sur	12/05/2015	15/05/2015	34,7	1,2

Cuadro 13: Observatorios afectados por ola de calor durante este episodio. Fuente: AEMET.

Elaboración propia.

El resto de observatorios de primer orden no registraron las temperaturas necesarias para la consideración de, al menos, día cálido en el conjunto de jornadas del episodio.

En los observatorios de segundo orden de la isla de La Gomera sólo registran temperaturas altas en el aeropuerto el día 13 con 35,5°C.

Otras estaciones de segundo orden como la situada en Tasarte, La Aldea de San Nicolás (Gran Canaria) registraron 41,4°C.

Los 42,6°C del aeropuerto de Lanzarote constituyen el récord de temperatura más alta para un mes de mayo en su serie histórica, a tan sólo 1°C del récord absoluto anual y nada menos que 6 grados superior a la máxima de mayo registrada hasta ese momento.

El estado de la atmósfera estaba marcado por la presencia de vientos flojos del noreste en las zonas más bajas que inmediatamente rolaban a sureste según aumentaba la altitud. A todo ello se sumaba un perfil vertical de la atmósfera muy cálido y seco (figura 14) en las áreas de costas y medianías con una importante inversión térmica (cuadro 14).

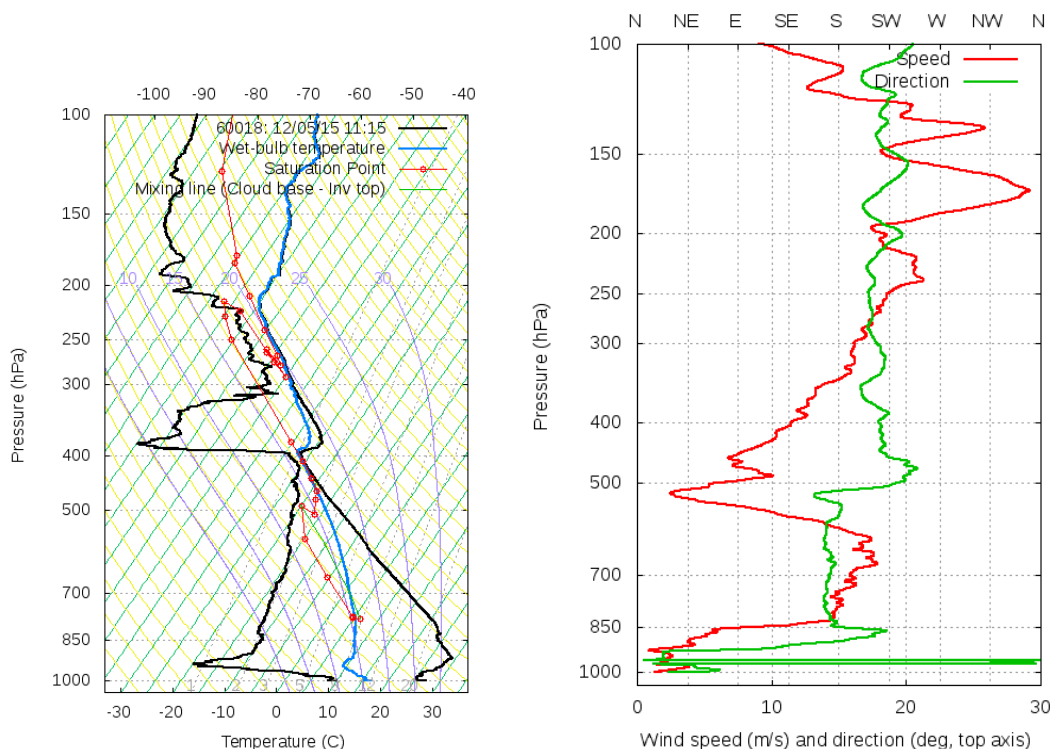


Figura 14: Sondeo termodinámico del día 12 de mayo del 2015. Fuente: CMT SC de Tenerife

z(gpm)	P(hPa)	T(°C)	RH(%)
115	1003.0	27.4	34
335	978.1	25.7	23
423	968.4	25.7	19
641	944.8	28.5	4
938	913.5	29.4	6
1570	850.2	24.4	10

Cuadro 14: Registros de temperatura y humedad del radiosondeo de Güímar a las 12:00h del 12 de mayo. Fuente: AEMET.

Dada la intensidad del episodio cálido, AEMET activa el aviso naranja para la provincia de Las Palmas y la isla de Tenerife. Aún así, es importante resaltar que el observatorio de Lanzarote superó el umbral necesario para la activación del aviso rojo según los criterios de MeteAlerta, estimado en 42°C para el archipiélago.

7.4. DISTRIBUCIÓN DE DÍAS CÁLIDOS

En la metodología del trabajo se especifica que para el análisis de la distribución de días cálidos es necesario estimar la cantidad de ellos que se producen durante la primavera y analizar su reparto mensual. Posteriormente se calcula el porcentaje sobre el total que ocupan los meses de marzo, abril y mayo en el conjunto de la estación.

En el observatorio del aeropuerto de La Palma la distribución de días cálidos no sigue la misma tendencia que en las islas centrales y orientales. El pico máximo se alcanza peculiarmente en el mes de marzo, con un 54,5% del total de días cálidos de la serie. Posteriormente en el mes de abril se produce un descenso hasta el 21% y crece levemente en mayo al 24,2%.

Al igual que ocurre en La Palma, en El Hierro la distribución de días cálidos sigue el mismo patrón: marzo como mes que marca el pico máximo, en este caso con un 51,7%, descendiendo en el mes de abril hasta el 20,7% y aumentando en mayo hasta alcanzar un 27,6% del total de días cálidos durante la primavera.

En el caso de Tenerife Sur existe una distribución uniforme y ascendente del número de días cálidos según avanza la primavera. El mínimo de días cálidos se alcanza en el mes de marzo con un 27,9%, seguido de abril en el 30,2% y posteriormente con un máximo en mayo superior al 41%. En los observatorios ubicados en las vertientes sur y sureste de las islas centrales este patrón de uniformidad es compartido.

En Santa Cruz de Tenerife la distribución en este observatorio está compuesta de dos mínimos que comparten el mismo valor y un máximo muy marcado que se produce en

mayo. Así en marzo y abril se alcanzan el 22,6% del total de días cálidos respectivamente mientras que mayo son el 54,8%.

En Los Rodeos la distribución de los días cálidos muestra dos extremos muy diferenciados: un mínimo marzo en el que apenas se alcanzan el 4% del total y un máximo en mayo en el que se supera el 75%. En abril se alcanza un 19,5%. Su situación de observatorio meteorológico ubicado en la zona de medianías hace que la distribución sea notablemente distinta al resto, coincidiendo el máximo con la mayor cercanía al verano. Además, es en estas zonas donde se produce en primer término la entrada de aire tropical continental (Dorta, 1991).

Tal y como ha sido citado en el observatorio de Tenerife Sur, en los observatorios del sur y sureste de las islas centrales se cumplía una clara uniformidad en la distribución de los días cálidos. En Gando, por ejemplo, el máximo se alcanza en abril (35,9%) pero la diferencia con el valor mínimo es de un 3,1% (32,8%), siendo estadísticamente irrelevante.

El aeropuerto de Fuerteventura mantiene la tendencia creciente según avanza la primavera, con el mínimo alcanzado en el mes de marzo (21,6%) y el máximo que se registra durante el mes de mayo (41,7%).

A diferencia del observatorio de Fuerteventura, perteneciente a las islas orientales, en Lanzarote el mínimo y máximo muestran diferencias importantes. Mientras que en marzo se llega al 4%, en mayo se supera el 47% del total de episodios. Posiblemente la diferencia de 1°C en el percentil 95 entre ambos observatorios ha influido en que estos valores sean tan desiguales.

Con la excepción de las islas más occidentales, en general el comportamiento de los observatorios (fig. 15) muestra una tendencia al crecimiento de los días cálidos según avanza la primavera. Esta situación se manifiesta de manera más evidente en las zonas medias con contrastes importantes entre sus mínimos y máximos.

El observatorio de Izaña no es objeto de análisis en este caso dado que en toda su serie climática sólo un día alcanzó la categoría de día cálido en primavera, no siendo por lo tanto significativo.

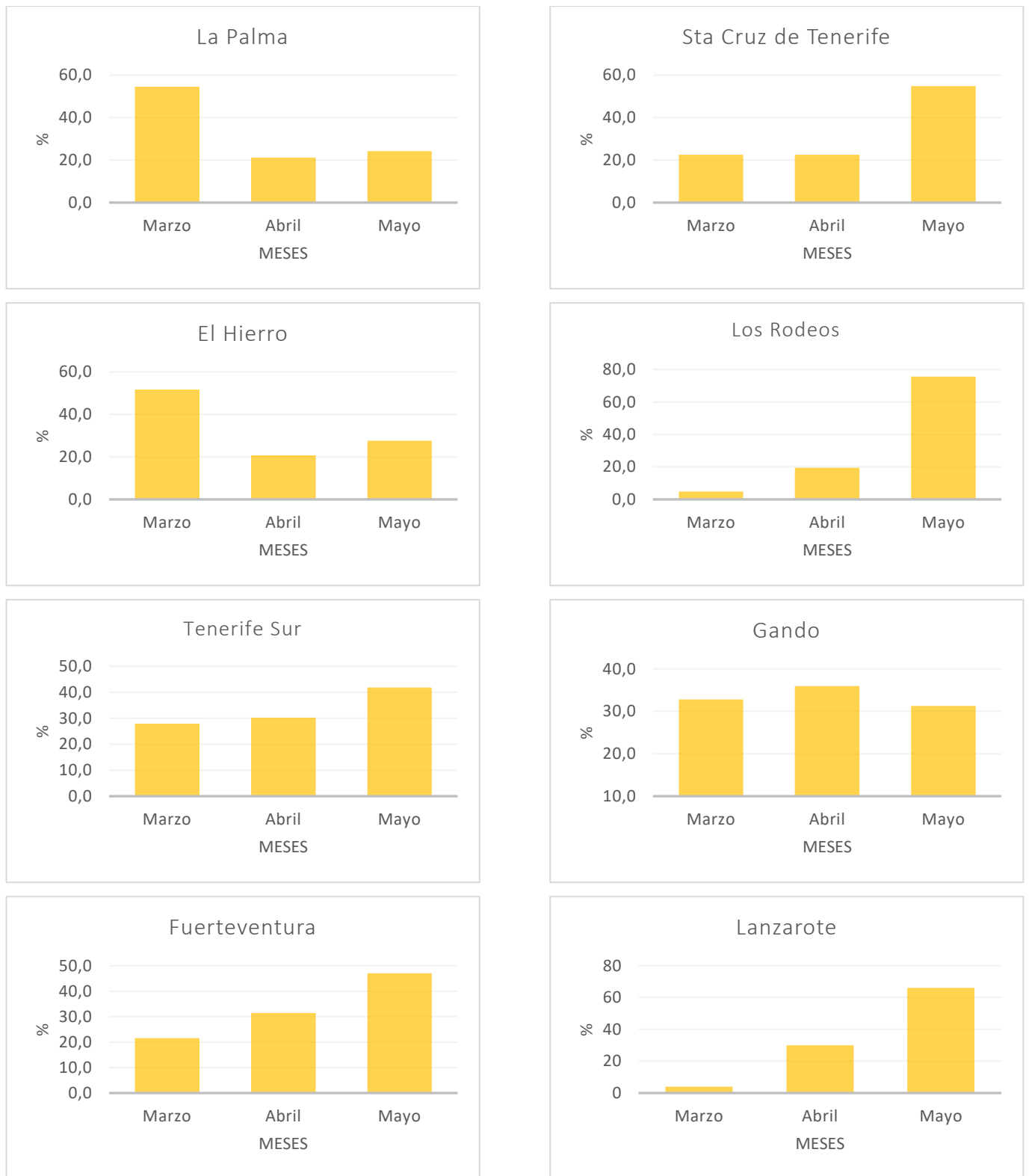


Figura 15: Distribución de días cálidos por observatorios de primer orden. Fuente: AEME

7.5. TENDENCIA

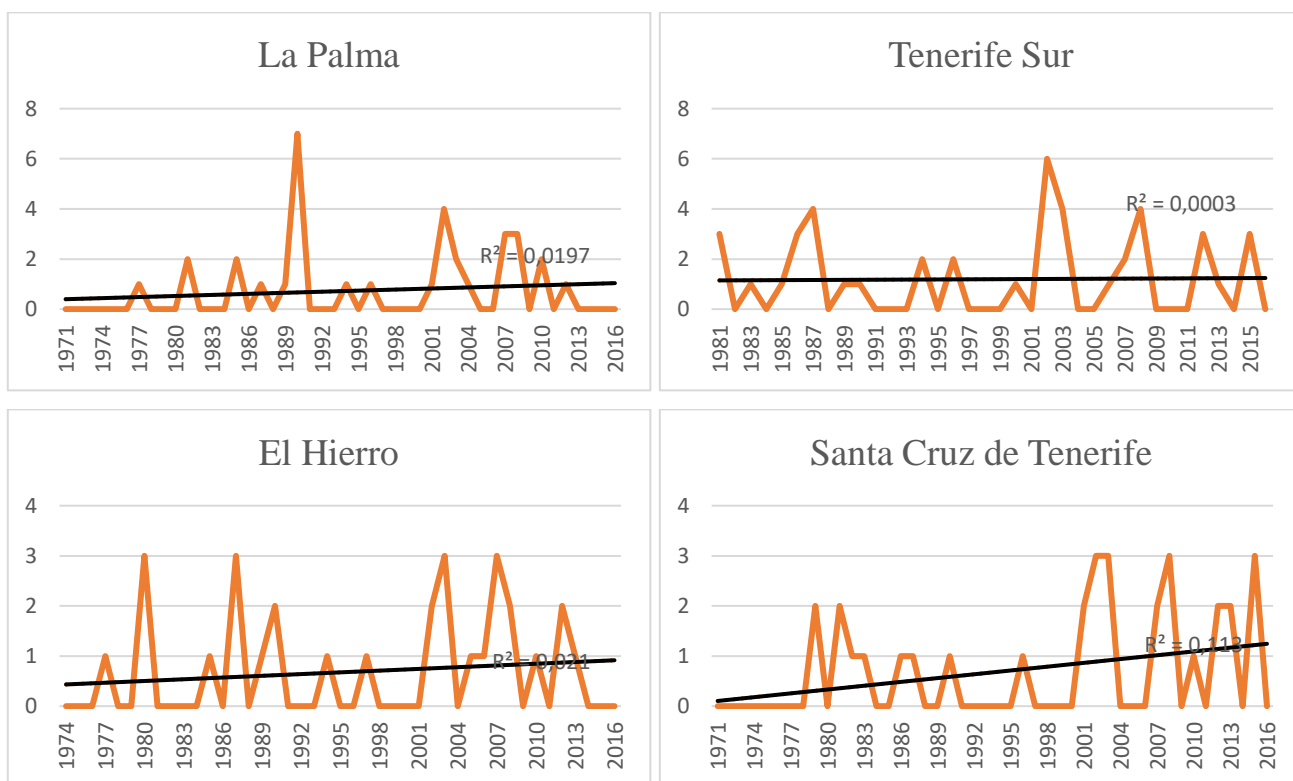
Para el análisis de la tendencia de las series estadísticas de los distintos observatorios hemos recurrido al coeficiente de correlación de Spearman, tal y como se señaló en el apartado de fuentes y método. Se trata de un método estadístico no paramétrico, que pretende examinar la intensidad de asociación entre dos variables cuantitativas (Sneyers, 1975).

En nuestro caso hemos analizado la tendencia del número de días por año en los que se producen días cálidos en los observatorios durante la primavera.

A ello uniremos el test de correlación serial Wlad Wolfowitz que analiza la correlación estadística entre un valor y el siguiente (López, s.f)

Otro método para analizar la tendencia espacial de las olas de calor en Canarias durante la primavera es el reconocimiento de observatorios afectados por episodio cálido, dado que, a excepción de La Gomera, todas las islas tienen al menos un observatorio de primer orden.

Se observa una clara tendencia a una mayor frecuencia de estas fechas (fig. 15) especialmente a partir del año 2003.



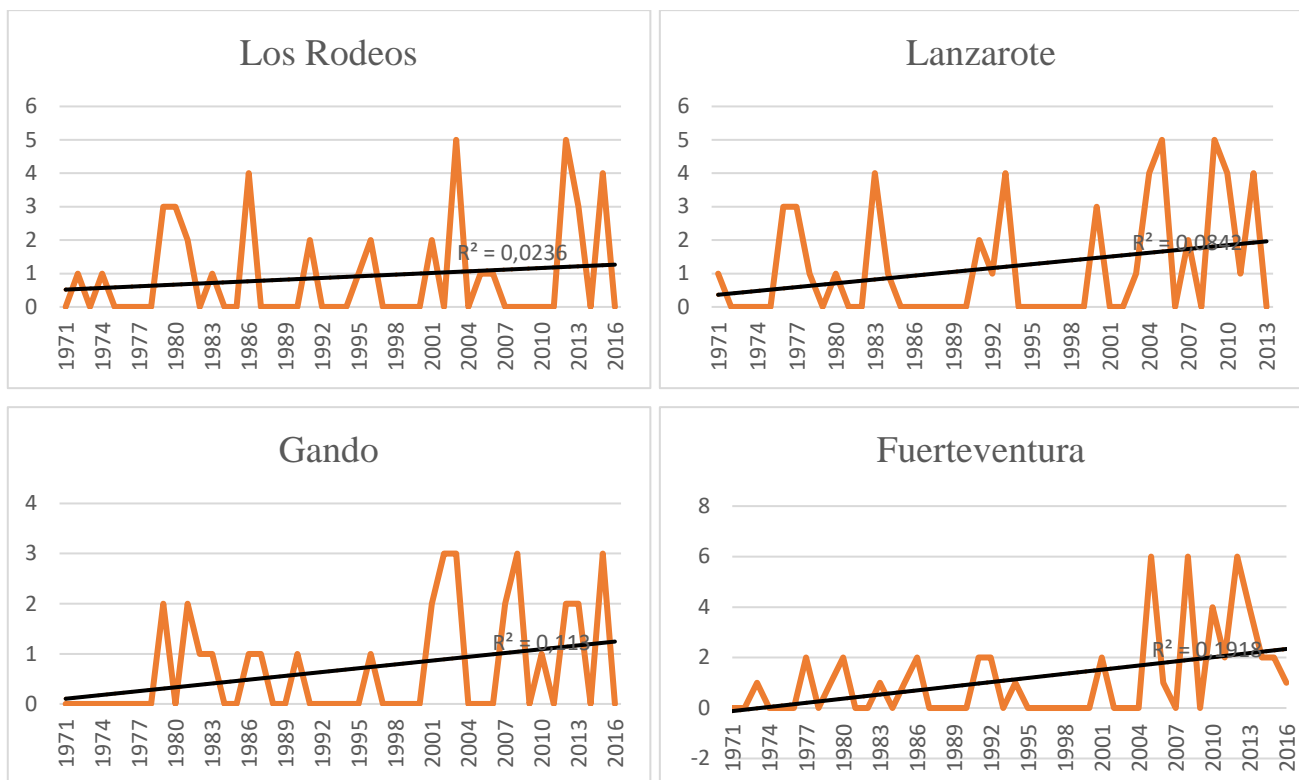


Figura 16: Tendencia de días cálidos por año en los observatorios de la red principal de la AEMET.

A nivel general no se observa una tendencia estadísticamente significativa en los observatorios que se han analizado para este trabajo (a excepción de Fuerteventura). A pesar de ello, la tendencia es creciente, siendo sólo el observatorio del Aeropuerto Tenerife Sur en el que la tendencia, sin ser estadísticamente significativa, es decreciente. Sí que ha sido detectado claramente un aumento a partir del 2003 de los días en los que el percentil 95 es superado en los observatorios ubicados en las islas centrales y orientales. En Tenerife sólo ha sido observado en Santa Cruz de Tenerife.

Geográficamente se aprecia una distribución cada vez más amplia de estos episodios. La tendencia apunta a que no sólo son más intensos (fig. 18), también se reparten por una mayor cantidad de observatorios de primer orden.

Mediante la aplicación del test de Spearman a la evolución de las temperaturas máximas de las olas se observa que los episodios cálidos en su conjunto son cada vez más intensos aunque con una significación estadística poco importante.

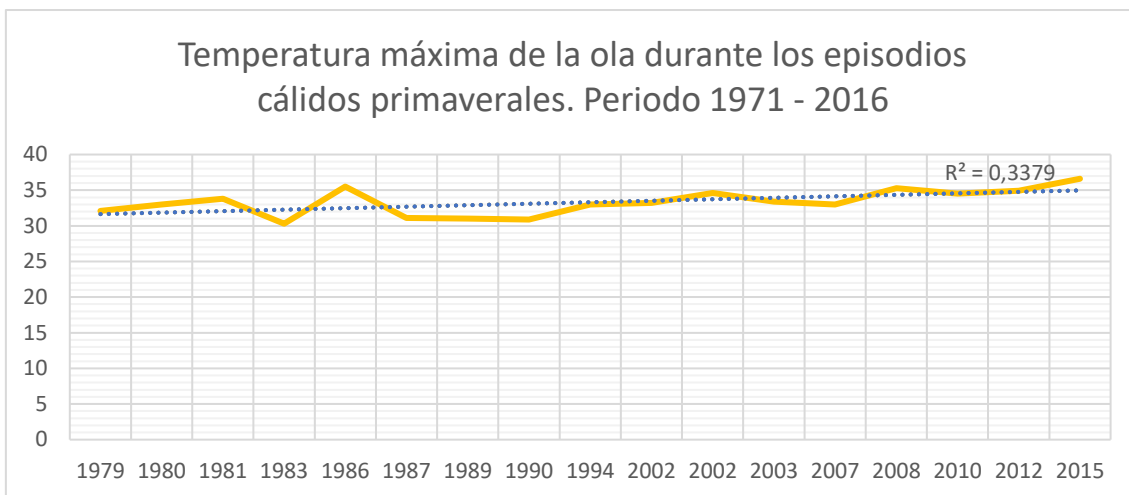


Fig 17: Evolución de la temperatura máxima de la ola. Periodo 1979 - 2016. Fuente: AEMET. Elaboración propia.

Por lo tanto, tras el análisis de los datos extraídos se puede concluir que en Canarias los episodios de ola de calor en primavera, a pesar de no ser frecuentes, sí que tienden hacia una mayor duración, intensidad y distribución espacial (fig. 17 y 18)¹.

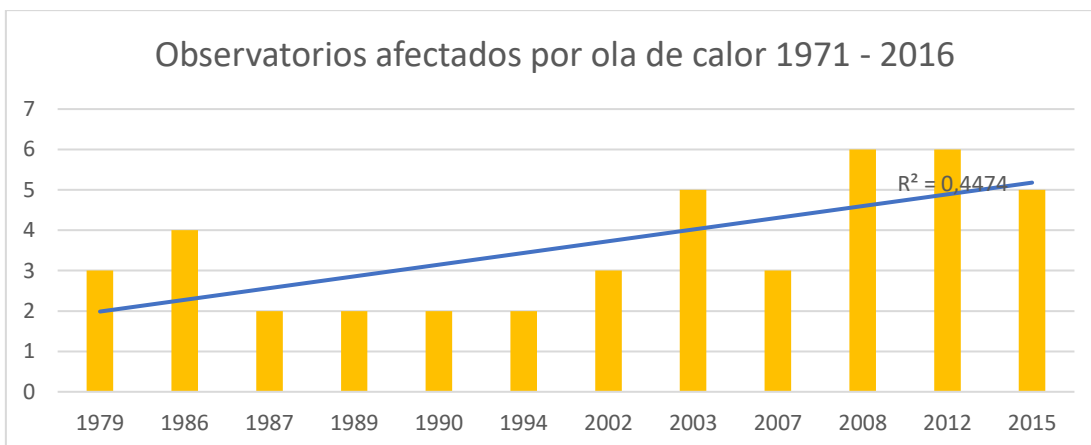


Fig 18: Número de observatorios afectados por ola de calor en el periodo 1979 – 2016. Fuente: AEMET. Elaboración propia

En ese sentido, en general los escenarios previstos para la evolución del cambio climático apuntan a que las islas serán un territorio propicio para fenómenos meteorológicos cada vez más extremos, entre ellos las olas de calor. Según la regionalización elaborada por AEMET (fig 33) para Santa Cruz de Tenerife, la tendencia es hacia primaveras más cálidas, con hasta 4°C de temperatura máxima más altas que las que se registran actualmente a finales de siglo.

¹ El comienzo de las figuras 17 y 18 es a partir de 1979 porque es el primer año el que se registra un episodio cálido desde 1971.

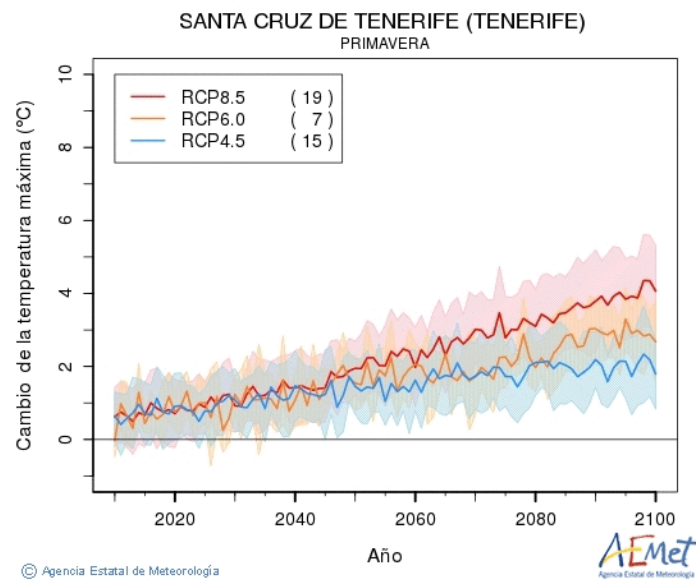


Fig 19: Escenario previsto por AEMET para Santa Cruz de Tenerife respecto a la evolución de las temperaturas máximas durante la primavera. Fuente: AEMET.es

8. CONCLUSIONES

En el contexto global de cambio climático podemos observar como fenómenos meteorológicos que producen situaciones de riesgo importante para la población incrementan su intensidad.

El ejemplo más claro lo obtenemos a través de este estudio estadístico de las olas de calor en Canarias durante la primavera.

El estado de la atmósfera presenta unos patrones característicos: la presencia de una potente inversión térmica en zonas de medianías con temperaturas muy superiores en este ámbito que en áreas costeras y en general el viento suele soplar del primer o segundo cuadrante ocasionalmente acompañado de polvo en suspensión.

A pesar de que las tendencias estadísticas reflejen un alza muy moderada de este tipo de episodios dada la longitud de la serie estadística, es evidente que los episodios son más frecuentes e intensos. La prueba que verifica la hipótesis inicial es que de los cinco episodios cálidos objeto de análisis, cuatro se sitúan en el S. XXI debido a su intensidad reflejada en la anomalía de la ola.

Finalizado el análisis, es lógico cuestionar si la estación estival está comenzando antes su influencia en el archipiélago hacia la etapa final de la primavera. Esta hipótesis podría demostrarse si se observa que el 50% de los episodios cálidos registrados desde el año 2000 se producen entre el 11 y 30 de mayo.

Este incremento en la intensidad y el número de las olas de calor que, por otro lado, se confirmaría con los modelos de futuro de cambio climático podría desembocar en un aumento del riesgo de incendios forestales fuera de la etapa que hasta ahora era la más propicia, el verano. A ello se suma la incidencia sanitaria de estos episodios, pudiendo obligar la unión de ambos factores a un incremento del gasto de las Administraciones Públicas en prevención y gestión de incendios forestales así como de personal sanitario en caso de repunte de la actividad de urgencias derivada de afecciones relacionadas con el intenso calor o también los daños en el sector primario.

No se puede analizar las olas de calor como un único fenómeno meteorológico, sino como un conjunto de factores que necesita ser correctamente gestionado para que la prevención sea efectiva. Para ello debe existir una planificación adecuada, dado que los escenarios demográficos apuntan a que la inmensa mayoría de la población mundial residirá en entornos urbanos, donde el efecto del incremento de la temperatura será mucho más notorio.

Hablamos pues, de un problema social, medioambiental y económico de primer orden.

Esta investigación aporta algunos argumentos en la confirmación del calentamiento global en la región de Canarias.

Bibliografía

Agencia Estatal de Meteorología (2013): Plan de Predicción y Vigilancia de Fenómenos Meteorológicos Adversos (Meteoalerta).

Agencia Estatal de Meteorología (2016). *Olas de calor en España desde 1975*. Área de climatología y aplicaciones operativas. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.

Alonso, S. (2007) *Caracterización de las intrusiones de polvo africano en Canarias*. (tesis doctoral). Universidad de La Laguna, España. Recuperado en: http://izana.aemet.es/publications/TESIS_SILVIA_ALONSO_PEREZ.pdf

Cardós, C; Barrera, E; Sanz, R (2006). Un estudio sobre episodios de temperaturas extremas en Canarias. Instituto Nacional de Meteorología. *Calendario meteorológico. 2007*, p. 239-238. Calendario Meteorológico 2003-2007.

Dorta, P. (1991). Características climatológicas de las olas de calor estivales en Canarias. *Alisios*. nº 1, págs. 7-20.

Dorta, P. (1992) Algunos efectos de las advecciones de aire cálido sahariano en Canarias. *VI Coloquio Ibérico de Geografía. Universidad de Oporto*, págs. 833-839.

Dorta, P. (2000). Algunas notas sobre la evolución histórica y metodológica de los estudios del clima de Canarias: estado actual de la cuestión. *XIII Coloquio de Historia canario-americana*. Excmo. Cabildo Insular de Gran Canaria. Las Palmas de Gran Canaria

Dorta, P. (2001). Aproximación a la influencia de las advecciones de aire sahariano en la propagación de los incendios forestales en la provincia de Santa Cruz de Tenerife. *Actas del XVII Congreso de Geógrafos Españoles*, Oviedo, págs. 158-162.

Dorta, P; Gelado, M; Cardona, P; Collado, C; Criado, C; Hernández, J; Mendoza, S; Siruela, V; Torres, M^a; Curbelo, D; López, P; Rodríguez, E. (2002) Algunas consideraciones sobre la importancia del polvo de origen sahariano en el clima del archipiélago canario y su aporte a las aguas superficiales oceánicas: el episodio de abril de 2002. *El agua y el clima*, Publicaciones de la AEC, Palma de Mallorca, págs. 13-24.

Dorta, P; Gelado, M; Cardona, P; Collado, C; Criado, C; Hernández, J; Mendoza, S; Siruela, V; Torres, M^a; Curbelo, D; Rodríguez, M. (2003). Selección de tipos de tiempo en Canarias. Un ejemplo: las invasiones de aire sahariano. *I Encuentro sobre Meteorología y Atmósfera de Canarias*, Ministerio de Medio Ambiente, Santa Cruz de Tenerife, págs. 77-79.

Dorta, P., Gelado, M^a., Cardona, P., Collado, C., Hernández, J., Mendoza, S., Siruela, V., Curbelo, D., Rodríguez, M. (2005). Frecuencia, estacionalidad y tendencias de las advecciones de aire sahariano en Canarias. *Investigaciones Geográficas*, 38, págs. 23-45.

Dorta, P. (2007). Catálogo de riesgos climáticos en Canarias: amenazas y vulnerabilidad, *Geographicalia*, n^o 51, págs. 133-160

J. García Carrasco, A. Hernández Vázquez, A. Blasco de la Fuente, B. C. Rodríguez Fernández, E. Rancaño Gila, S. Núñez Díaz (2001). Invasión de viento sahariano y su impacto en la asistencia sanitaria urgente. *Emergencias*, n^o 13, págs. 372-386.

ICONA. (1987) Los incendios forestales en España durante 1986. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Recuperado de: http://www.mapama.gob.es/es/desarrollo-rural/estadisticas/incendios_forestales_espania_1987_tcm30-132606.pdf

ICONA. (2003) Los incendios forestales en España durante 2002. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Recuperado de: http://www.mapama.gob.es/es/desarrollo-rural/estadisticas/incendios_forestales_espania_2002_tcm30-132574.pdf

Jiménez, J (2012). La ola de calor rompe en Gran Canaria. La Provincia, Diario de Las Palmas. Recuperado de: <https://www.laprovincia.es/gran-canaria/2012/05/14/ola-calor-rompe-gran-canaria/457336.html>

Lomas, A y Torrijo, R (2016). Cambio de patrones de circulación de verano y otoño en la Península Ibérica durante las dos recientes fases de la Atlantic Multidecadal Oscillation. *Clima, sociedad, riesgos y ordenación del territorio*. Coord. por Jorge Olcina Cantos, Antonio M. Rico Amorós, Enrique Moltó Mantero, 2015, ISBN 978-84-16724-19-2, págs. 161-170

López, J.A. (s.f). *Problemática de la homogeneidad. Disponibilidad de datos en España para escenarios*. Unidad de técnicas climatológicas. Instituto Nacional de Meteorología. Recuperado de: www2.aemet.es/web/sup/ciencia/divulga/escen_curso/pdf/Lopez.pdf

Martín, J.; Bethencourt, J. y Cuevas-Agulló, E. (2012). Assessment of global warming on the island of Tenerife, Canary Islands (Spain). Trends in minimum, maximum and mean temperatures since 1944. *Climatic Change*, 114, pp. 343±355

Marzol, M. (2001): Análisis estadístico del calor en la isla de Tenerife (1950-2000) Contribución a la prevención de situaciones de riesgo. *El tiempo del clima*. AEC, Serie A, 2: 365-376.

Marzol, M^a. V. (2002): Lluvias e inundaciones en la ciudad de Santa Cruz de Tenerife. En: Guijarro et al (eds). *El agua y el clima*. Palma de Mallorca. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología 3 (1-2), pp. 47 – 74.

Marzol, M^a. V. y Máyer, P. (2012). Algunas reflexiones acerca del clima de las islas Canarias. *Nimbus: Revista de climatología, meteorología y paisaje*, ISSN 1139-7136, N° 29-30, 2012 (Ejemplar dedicado a: Homenaje a José Jaime Capel Molina), págs. 399-416.

Marzol, M^a. V. y Máyer, P (2014): Análisis de las temperaturas extremas en las Islas Canarias y su relación con los avisos de alertas meteorológicas. *IX Congreso de la Asociación Española de Climatología*. Fernández Montes, Sonia; Sánchez Rodrigo, Fernando (eds.). Cambio climático y cambio global. Madrid: Asociación Española de Climatología, 2014, p. 391-400

Marzol, M^a. V. y Máyer, P (2015). El gradiente térmico en las islas Canarias. De la Riva, J., Ibarra, P., Montorio, R., Rodrigues, M. (Eds.) 2015. *Análisis espacial y representación geográfica: innovación y aplicación*: pp. 1755-1764

Sneyers, R. (1975). Sobre el análisis estadístico de las series de observaciones. *OMM. Nota técnica 143*. OMM-N° 415. Geneva 192 pp.

ANEXO

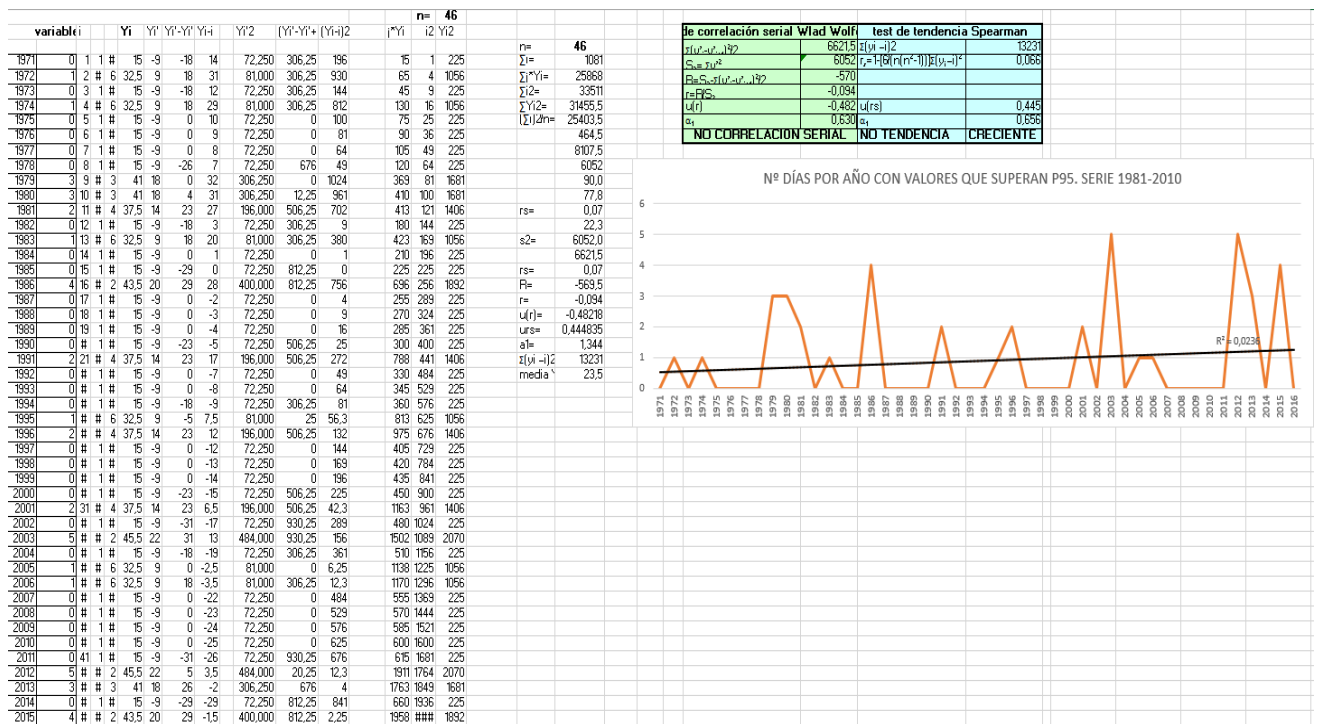


Fig 3: Plantilla para la realización del coeficiente de correlación de Spearman. Elaboración propia.

test de correlación serial Wlad Wolfowitz		test de tendencia Spearman	
$\sum(y_i - y_{i+1})^2 / 2$	5620	$\sum(y_i - i)^2$	11358
$S_2 = \sum y_i^2$	5813	$r_s = 1 - [6 / (n(n^2 - 1))] \sum (y_i - i)^2$	0,187
$R = S_2 - \sum (y_i - y_{i+1})^2 / 2$	193		
$r = R / S_2$	0,033		
$u(r)$	0,371	$u(rs)$	1,252
α_1	0,710	α_1	0,211
NO CORRELACIÓN SERIAL		NO TENDENCIA CRECIENTE	

Fig 4: Resultados del coeficiente de correlación de Spearman para el Aeropuerto de La Palma. Elaboración propia.

test de correlación serial Wlad Wolfowitz		test de tendencia Spearman	
$\sum(y_i - y_{i+1})^2 / 2$	5216	$\sum(y_i - i)^2$	9609
$S_2 = \sum y_i^2$	5090	$r_s = 1 - [6 / (n(n^2 - 1))] \sum (y_i - i)^2$	0,181
$R = S_2 - \sum (y_i - y_{i+1})^2 / 2$	-127		
$r = R / S_2$	-0,025		
$u(r)$	-0,007	$u(rs)$	1,174
α_1	0,995	α_1	0,240
NO CORRELACIÓN SERIAL		NO TENDENCIA CRECIENTE	

Fig 5: Resultados del coeficiente de correlación de Spearman para el Aeropuerto de El Hierro. Elaboración propia.

test de correlación serial Wlad Wolfowitz		test de tendencia Spearman	
$\Sigma(y'_i - y'_{i+1})^2/2$	3787	$\Sigma(y_i - i)^2$	7476
$S_2 = \Sigma y'^2$	3364	$r_s = 1 - [6/(n(n^2-1))] \Sigma(y_i - i)^2$	-0,031
$R = S_2 - \Sigma(y'_i - y'_{i+1})^2/2$	-424		
$r = R/S_2$	-0,126		
$u(r)$	-0,576	$u(rs)$	-0,186
α_1	0,565	α_1	0,853
NO CORRELACIÓN SERIAL		NO TENDENCIA	DECRECIENTE

Fig 6: Resultados del coeficiente de correlación de Spearman para el Aeropuerto Tenerife Sur. Elaboración propia.

test de correlación serial Wlad Wolfowitz		test de tendencia Spearman	
$\Sigma(y'_i - y'_{i+1})^2/2$	5345,5	$\Sigma(y_i - i)^2$	10119
$S_2 = \Sigma y'^2$	6027	$r_s = 1 - [6/(n(n^2-1))] \Sigma(y_i - i)^2$	0,287
$R = S_2 - \Sigma(y'_i - y'_{i+1})^2/2$	682		
$r = R/S_2$	0,113		
$u(r)$	0,908	$u(rs)$	1,927
α_1	0,364	α_1	0,054
NO CORRELACIÓN SERIAL		NO TENDENCIA	CRECIENTE

Fig 7: Resultados del coeficiente de correlación de Spearman para Santa Cruz de Tenerife. Elaboración propia.

test de correlación serial Wlad Wolfowitz		test de tendencia Spearman	
$\Sigma(y'_i - y'_{i+1})^2/2$	6621,5	$\Sigma(y_i - i)^2$	13231
$S_2 = \Sigma y'^2$	6052	$r_s = 1 - [6/(n(n^2-1))] \Sigma(y_i - i)^2$	0,066
$R = S_2 - \Sigma(y'_i - y'_{i+1})^2/2$	-570		
$r = R/S_2$	-0,094		
$u(r)$	-0,482	$u(rs)$	0,445
α_1	0,630	α_1	0,656
NO CORRELACIÓN SERIAL		NO TENDENCIA	CRECIENTE

Fig 8: Resultados del coeficiente de correlación de Spearman para el aeropuerto de Los Rodeos. Elaboración propia.

test de correlación serial Wlad Wolfowitz		test de tendencia Spearman	
$\Sigma(y'_i - y'_{i+1})^2/2$	5844,5	$\Sigma(y_i - i)^2$	9221
$S_2 = \Sigma y'^2$	6717	$r_s = 1 - [6/(n(n^2-1))] \Sigma(y_i - i)^2$	0,380
$R = S_2 - \Sigma(y'_i - y'_{i+1})^2/2$	873		
$r = R/S_2$	0,130		
$u(r)$	1,020	$u(rs)$	2,547
α_1	0,308	α_1	0,011
NO CORRELACIÓN SERIAL		TENDENCIA	CRECIENTE

Fig 9: Resultados del coeficiente de correlación de Spearman para el aeropuerto de Gando. Elaboración propia.

test de correlación serial Wlad Wolfowitz		test de tendencia Spearman	
$\Sigma(y_i - y_{i+1})^2/2$	5844,5	$\Sigma(y_i - i)^2$	9221
$S_2 = \Sigma y^2$	6717	$r_s = 1 - [6/(n(n^2-1))] \Sigma(y_i - i)^2$	0,380
$R = S_2 - \Sigma(y_i - y_{i+1})^2/2$	873		
$r = R/S_2$	0,130		
$u(r)$	1,020	$u(rs)$	2,547
α_1	0,308	α_1	0,011
NO CORRELACIÓN SERIAL		TENDENCIA	CRECIENTE

Fig 10: Resultados del coeficiente de correlación de Spearman para el aeropuerto de Fuerteventura. Elaboración propia.

test de correlación serial Wlad Wolfowitz		test de tendencia Spearman	
$\Sigma(y_i - y_{i+1})^2/2$	4503	$\Sigma(y_i - i)^2$	9277
$S_2 = \Sigma y^2$	5431	$r_s = 1 - [6/(n(n^2-1))] \Sigma(y_i - i)^2$	0,231
$R = S_2 - \Sigma(y_i - y_{i+1})^2/2$	928		
$r = R/S_2$	0,171		
$u(r)$	1,262	$u(rs)$	1,500
α_1	0,207	α_1	0,134
NO CORRELACIÓN SERIAL		NO TENDENCIA	CRECIENTE

Fig 11: Resultados del coeficiente de correlación de Spearman para el aeropuerto de Lanzarote. Elaboración propia.