

LAS INVERSIONES TÉRMICAS EN CANARIAS^{1*}

Pedro Dorta Antequera

RESUMEN

La localización geográfica del archipiélago canario, en latitudes subtropicales y con un predominio casi absoluto de los vientos alisios, determina una estructura vertical de la baja troposfera con una presencia constante de inversiones térmicas, de subsidencia en la mayor parte de los casos, que explican la fuerte tendencia a la estabilidad de toda esta región. Realizar un primer análisis estadístico de estas inversiones así como estudiar su origen supone el tema de estudio de este trabajo.

Palabras clave: inversión térmica, alisios, anticiclón, subsidencia, Canarias.

ABSTRACT

The geographic situation of Canary Archipelago, in subtropical latitudes and with the prevailing trade winds action, means a vertical structure of the low troposphere with very frequent thermic inversions, of subsidence in most cases, what explains the great propensity to stability of the whole region. The aim of this work is to elaborate a statistic study of these inversions as well as their origin.

Key words: thermic inversion, trade winds, high pressure, subsidence, Canary Islands.

Introducción

La latitud a la que se encuentra el archipiélago canario, la presencia frecuente de un anticiclón subtropical en sus inmediaciones, el predominio de los vientos alisios y la existencia de una corriente oceánica fría bañando las costas de estas islas y el cercano litoral africano, determinan una estratificación del aire con un claro predominio de la estabilidad.

Uno de los rasgos más definitorios del clima de toda esta región es la persistencia, a lo largo del año, de una estructura vertical de la troposfera con frecuentes inversiones térmicas, en su inmensa mayoría de subsidencia, que dan lugar a unas condiciones atmosféricas en las que es mucho más importante la circulación horizontal del aire que la vertical,

* Un resumen de este trabajo ha sido presentado como comunicación en el congreso internacional: I Encuentro Canarias-Marruecos, celebrado en la ciudad de Agadir entre el 7 y el 9 de noviembre de 1994.

impidiéndose así la posibilidad de ascensos del aire o fenómenos convectivos que den lugar a precipitaciones. En ocasiones también pueden aparecer inversiones de superficie si se producen invasiones de aire sahariano. Esta disposición estable de la troposfera sólo se rompe, esporádicamente, por advecciones de procedencia septentrional o por «gotas frías» en altura, que se combinan con el significativo relieve de las islas, acentuando la inestabilidad.

La existencia de las inversiones térmicas en Canarias es intuita desde los primeros viajes de exploradores, aventureros y científicos europeos a las islas. Éstos describen, sobre todo, el «mar de nubes» que se forma como consecuencia de la existencia de las citadas inversiones. Así, por ejemplo, George GLASS ya en 1764 (1982, pp. 83-88), en un ascenso al Teide, comenta cómo el aire es diferente, «fino y cortante» por encima de las nubes (capa de estratocúmulos) o TORRIANI (1978, p. 173), en el siglo XVI, también menciona la existencia del citado mar de nubes.

Sin embargo, la primera referencia explícita de las frecuentes inversiones de temperatura la hace el astrónomo G. PIAZZI-SMYTH, también después de una serie de ascensiones al Teide en el verano de 1856, donde hizo notar que la cima del mar de nubes coincide con la base de las inversiones (en LÓPEZ GÓMEZ, 1985, p. 410).

Posteriormente, todos los autores que han estudiado el clima del archipiélago aluden a una estructura vertical del aire dominada por frecuentes inversiones térmicas, pero muy pocos han realizado un análisis específico de este fenómeno referente a su espesor, gradiente, estacionalidad, etc. Algunos de ellos, como Font Tullot (1951) y Barasoain (1943), han hecho trabajos bastante completos de la frecuencia y altitud del mar de nubes y por tanto también, indirectamente, han estudiado la altitud de dichas inversiones, aunque sin la información básica de los sondeos termodinámicos, puesto que en la época en que realizaron su labor de investigación no se contaba, en la región, con esta información, al menos de forma regular¹.

El objetivo de este artículo, por tanto, es analizar estas rupturas en el gradiente térmico vertical, estudiar su frecuencia estacional y mostrar la información más destacada del vaciado de los sondeos termodinámicos analizados. Para tal fin hemos estructurado el trabajo con un primer apartado sobre el concepto de inversión térmica, luego exponemos las fuentes consultadas y su estado y, por último, veremos los resultados obtenidos.

1. Algunas consideraciones sobre las inversiones térmicas

Una inversión térmica no es más que un cambio en la tendencia normal del aire a enfriarse con la altitud; cuando existe inversión la temperatura aumenta con la altitud en un determinado estrato atmosférico. Este aumento térmico puede producirse desde la superficie o a partir de una cierta altura. Así, podemos encontrarnos con cuatro tipos de inversiones térmicas: de tierra, por subsidencia, por turbulencia y frontal (MARTÍN VIDE, 1991, p. 100). En el caso de Canarias es muy difícil detectar alguna de las dos últimas. Las de tierra tienen, como veremos, una frecuencia reducida, mientras que por la latitud y la fachada oceánica en la que se encuentra el archipiélago, la inmensa mayoría de las inversiones de temperatura son por subsidencia siendo el anticiclón subtropical de las Azores el principal responsable de este fenómeno. De esta manera, la mayor parte de las rupturas en el gradiente en las islas se da a cierta altitud puesto que el aire en el seno de citado

¹ Existen algunos trabajos que analizan datos de sondeos piloto, que no se realizan de forma diaria y regular, pero cuya finalidad no fue el estudio de las inversiones térmicas, como por ejemplo el de GRACIA LÓPEZ (1946), que realiza un minucioso estudio de los vientos en el archipiélago.

anticiclón sufre un movimiento descendente o subsidente y un calentamiento adiabático, mientras que en la masa de aire más próxima al mar, las primeras centenas de metros, la influencia de la corriente fría es muy clara, especialmente durante el verano, produciéndose de esta manera una estratificación estable del aire y manteniéndose unos valores térmicos superficiales notablemente más frescos que por encima de la inversión.

2. Fuentes

Para la realización de este estudio se ha recogido la información de los sondeos termodinámicos que se lanzan dos veces al día —a las 12:00 y 00:00 horas T.M.G.— desde el Centro Meteorológico Territorial de Canarias Occidental, situado en el casco urbano de la ciudad de Santa Cruz de Tenerife a 36 metros sobre el nivel del mar.

El período estudiado es de 10 años completos, desde el 1 de enero 1983 hasta el 31 de diciembre de 1992, y los datos analizados han sido los siguientes²:

1. Fecha y hora del sondeo
2. Altitud de la base de la primera inversión
3. Temperatura de la base de la primera inversión
4. Altitud de la cima de la primera inversión
5. Temperatura de la cima de la primera inversión
6. Gradiente térmico de la primera inversión
7. Espesor de la inversión
8. Altitud de la base de la segunda inversión (si la hubiese)
9. Temperatura de la base de la segunda inversión
10. Altitud de la cima de la segunda inversión
11. Temperatura de la cima de la segunda inversión
12. Gradiente térmico de la segunda inversión
13. Espesor de la inversión

Por tanto, en un principio, contamos con 3.653 sondeos realizados a las 12.00 horas y otros tantos a las 00.00 horas, aunque algunos de ellos no cuenten con datos por diversas causas³.

4. Resultados⁴

El análisis de la información de los sondeos termodinámicos de la atmósfera canaria nos ha permitido estudiar, fundamentalmente, tres cuestiones que son las que definen las inversiones térmicas en esta región: la frecuencia, la altitud y el gradiente térmico.

2 Se han analizado las inversiones que aparecen desde los 36 metros —altitud a la que se encuentra el Centro Meteorológico Territorial de Canarias Occidental— hasta los 5.000 m. Por encima de esta cota apenas aparecen hasta llegar a la tropopausa.

3 De los 7.306 sondeos 49 no ofrecen datos, el 0,6 % del total, por fallo mecánico o de recepción del instrumental.

4 En este trabajo se van a exponer fundamentalmente los datos referidos a la primera inversión, puesto que es la más numerosa, la más potente y la que posee más repercusiones en el medio ambiente y en el tiempo atmosférico.

4.1. Frecuencia de las inversiones

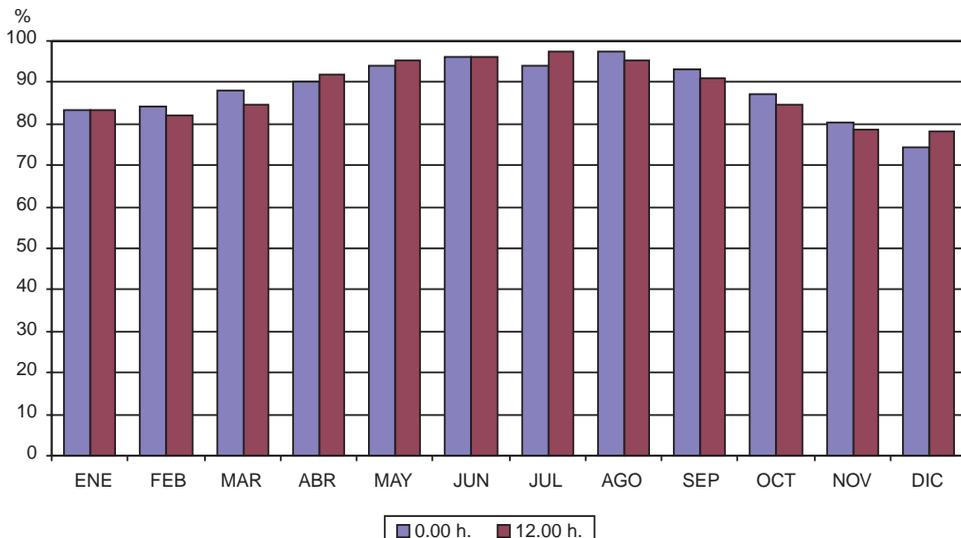
El número tan elevado de inversiones de temperatura en el archipiélago canario resulta ciertamente significativo. La mayor parte de los días cuentan con alguna ruptura en el gradiente térmico vertical. De las fechas analizadas, sólo 156 quedan libres de inversiones a lo largo de todo el día (en los dos sondeos diarios), es decir, menos del 5% del total.

Globalmente, de los 3.653 días analizados el 95,7% de ellos posee al menos una inversión en alguno de los dos sondeos. En los datos de las 00:00 horas el 88,5% presenta una inversión y el 17% dos o más; a las 12:00 el comportamiento es muy similar 88,3 y 14,7% respectivamente.

La distribución de estas inversiones a lo largo del año muestra un claro máximo en los meses de verano, siendo agosto el mes de mayor frecuencia a las 00:00 horas (97,4%) y julio a las 12:00 (97,4%), además el porcentaje se mantiene por encima del 90 % entre abril y septiembre en ambos sondeos. Por el contrario, el mínimo se localiza desde noviembre hasta febrero, siempre por debajo del 85%, destacando diciembre con un 74,2 y 78,1% a las 00:00 y 12:00 horas respectivamente (figura 1).

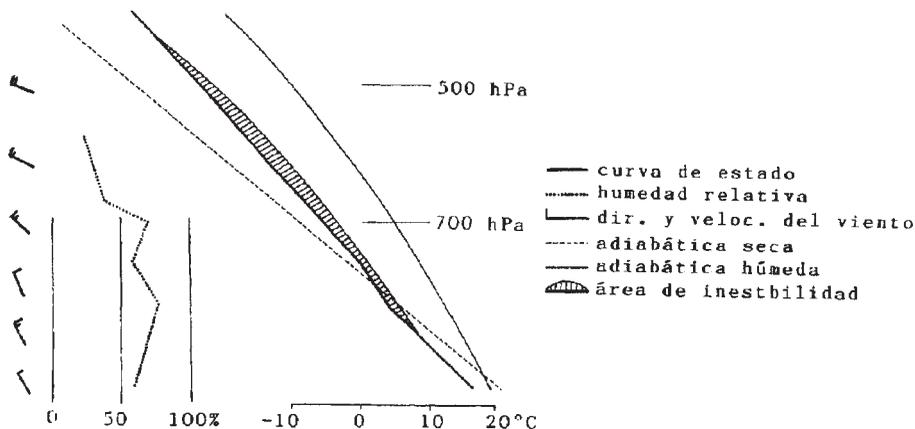
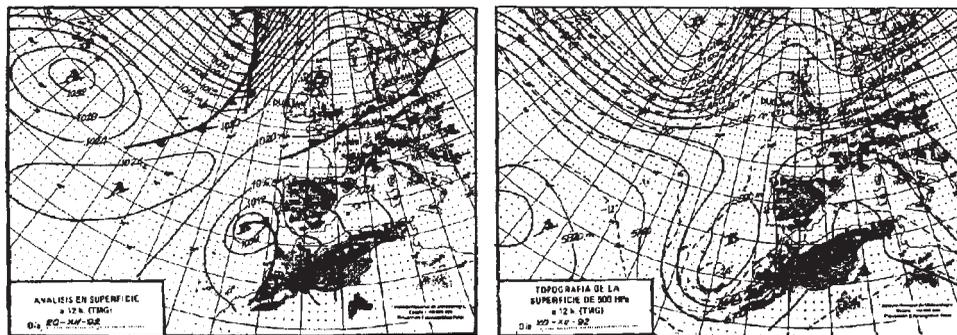
Este reparto mensual, con un mínimo desde finales del otoño hasta comienzos de la primavera se corresponde, claramente, con los meses más lluviosos en Canarias (MARZOL, 1988, p. 99), puesto que los días sin inversión se relacionan, por lo general, con fechas de inestabilidad atmosférica, aumentando considerablemente el gradiente térmico vertical del aire, con temperaturas bajo cero por encima de los 2.000 ó 2.500 metros de altitud. De esta forma, el mapa del tiempo típico de estas últimas situaciones se define por la presencia, en las inmediaciones de Canarias, de una depresión, a todos los niveles, que tiene su origen en las latitudes medias, mientras el anticiclón oceánico se retira hacia el centro del Atlántico (MARZOL, 1993a, p. 84) (figura 2).

FIGURA 1. Distribución mensual porcentual de los días con inversión térmica a las 00.00 y 12.00 h en Santa Cruz de Tenerife (1983-1992)



Fuente: Centro Meteorológico Territorial de Canarias Occidental (C.M.T.C.Oc.). Elaboración propia.

FIGURA 2. Mapas del tiempo y diagrama termodinámico de la troposfera canaria el 20 de diciembre de 1992



Fuente: I.N.M. y C.M.T.C.Occ.

4.2. La altitud

Tan importante como la frecuencia resulta la altitud a la que se localiza la base de las inversiones, puesto que su conocimiento nos permite saber su origen, nos puede ayudar a identificar el tipo de tiempo y además podemos prever las consecuencias que puede tener en el medio ambiente atmosférico: por ejemplo, uno de los más graves problemas que pueden originar las inversiones a baja altitud y las superficiales es la imposibilidad de dispersión de los poluentes atmosféricos, puesto que la difusión vertical de las partículas depende principalmente del espesor de la capa de aire por debajo de la inversión y del gradiente de temperatura, aumentando así la contaminación atmosférica en las áreas afectadas por este tipo de inversiones⁵; cuanto más baja es la inversión menor es el volumen de

5 En este sentido, los alrededores de las centrales térmicas de Tenerife y Gran Canaria, pero sobre todo la ciudad de Santa Cruz de Tenerife por su orografía, que dificulta la libre circulación del aire en la horizontal en determinadas direcciones (MARZOL, 1987, p. 168), son los mejores ejemplos en los que las inversiones térmicas superficiales y de baja altitud hacen aumentar de forma importante los niveles de inmisión de ciertos contaminantes atmosféricos producidos por el tráfico rodado y una refinera de petróleos que se encuentra dentro del casco urbano.

aire en el que pueden distribuirse los gases emitidos por procesos industriales o de combustión.

4.2.1. *Inversiones de tierra o superficiales*

En las latitudes templadas, durante los meses invernales, se establecen anticiclones con mucha frecuencia en las extensas regiones interiores de los continentes donde el viento está encalmado y el aire es sumamente seco y frío. Aunque es el escaso vapor de agua uno de los factores que favorecen el enfriamiento nocturno del aire junto al suelo, dando lugar a la formación de una capa de aire donde la temperatura aumenta con la altura, ese mismo descenso térmico puede llegar a ser suficiente para producir la condensación del aire, puesto que “muchas veces las curvas de estado y de punto de rocío prácticamente coinciden” (MARTÍN VIDE, 1991, p. 100), originándose, como consecuencia, nieblas de irradiación.

Sin embargo, en Canarias, es imposible un proceso similar, al menos a gran escala, puesto que la superficie “continental” es mínima, y este tipo de inversiones sólo se pueden formar cuando domina una circulación del Este, desde el desierto del Sáhara. Esto ocurre porque se produce un desplazamiento de masas de aire cálidas y secas, características de los desiertos tropicales continentales, sobre una capa más fresca y húmeda determinada por la presencia del océano y más concretamente por la corriente marina fría de Canarias, lo que produce un aumento de la temperatura con la altitud en las primeras centenas de metros.

Al analizar los sondeos comprobamos cómo este tipo de rupturas en el gradiente térmico vertical son mucho más numerosas a medianoche, 312, que a mediodía, 45. Aunque la explicación a esta disparidad horaria resulta compleja y requeriría de un estudio más detallado de estas fechas, podemos esbozar algunas causas que determinarían esa diferencia: durante el día, con el calentamiento del sol, se producen movimientos convectivos a mesoescala o pequeñas turbulencias que mezclan, en buena medida, las capas de aire más cercanas al suelo; por la noche, el movimiento vertical es menor y, por tanto, también la mezcla. Un segundo factor, que se combinaría con el anterior, podría ser la influencia, muy local, del emplazamiento del Centro Meteorológico de la ciudad de Santa Cruz de Tenerife, lugar desde el que se echan los globos sonda, puesto que está situado en un amplio jardín que muy probablemente mantenga temperaturas algo más bajas que las calles adyacentes como ocurre en todos los espacios verdes de las ciudades (LÓPEZ GÓMEZ, 1993, p. 72). En este sentido, al considerar que nuestro estudio pretende analizar la estructura vertical de la atmósfera de forma general en el área de Canarias, evitando en lo posible influencias muy locales, hemos creído oportuno realizar un filtrado de los datos. De ahí que no hemos tenido en cuenta todas las inversiones de menos de 1° C y cuya cima estuviese por debajo de los 100 metros (36 a las 00:00 y sólo 2 a las 12:00 horas). De esas fechas se ha tomado como válida la segunda inversión que, en un porcentaje importante de los datos, se sitúa a altitudes bajas.

De esta manera, si consideramos las 276 inversiones superficiales a las 00:00 horas y las 43 a las 12:00 horas podemos observar como su distribución mensual es bastante anárquica sin un predominio estacional o mensual claro, aunque si es cierto que los meses de abril a junio poseen un ligero mínimo, meses coincidentes con un porcentaje de días con régimen de alisios muy alto y en los que son raras las invasiones de aire sahariano (cuadro I).

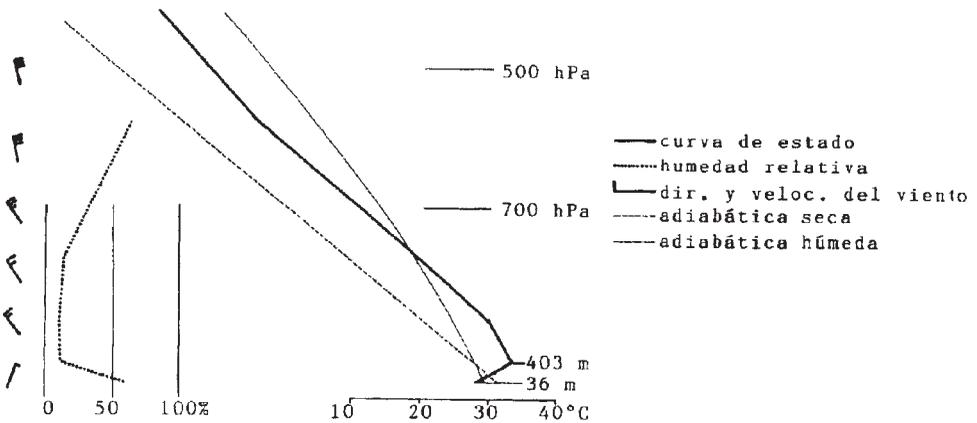
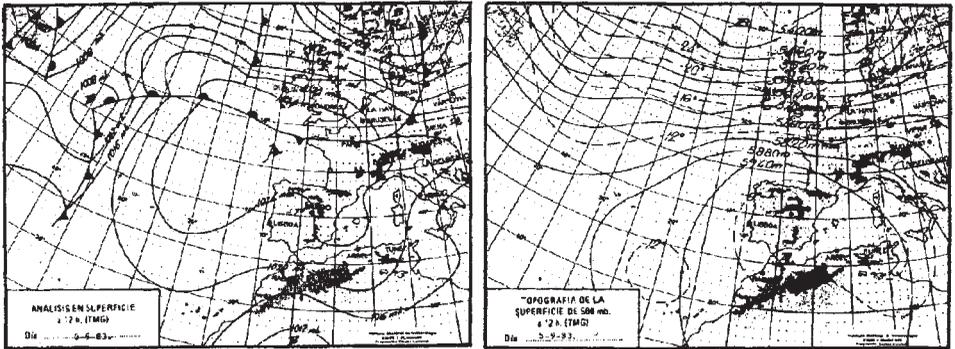
En la figura 3 queda reflejada la estructura vertical del aire con una inversión superficial perteneciente a este tipo de advecciones del Norte de África, que se produce como consecuencia del establecimiento de flujos de aire del vecino continente por una disposi-

Cuadro I
 NÚMERO DE INVERSIONES TÉRMICAS DE TIERRA (36 m.)
 EN SANTA CRUZ DE TENERIFE (1983-1992)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
00:00 h	1	3	8	0	2	1	10	9	4	2	1	2	43
12:00 h	25	27	32	12	10	7	28	29	29	17	30	30	276

Fuente: C.M.T.C.Oc. Elaboración propia.

FIGURA 3. Mapas del tiempo y diagrama termodinámico de la troposfera canaria el 5 de septiembre de 1983



Fuente: I.N.M. y C.M.T.C.Occ.

ción sinóptica que, en superficie durante el verano, se corresponde con una depresión, generalmente muy débil sobre el desierto sahariano, que se extiende hasta las islas, al mismo tiempo que el anticiclón atlántico ha perdido potencia (DORTA, 1991). Mientras, en altura (500 hPa.), un gran sector anticiclónico ocupa todo el NW de África y la costa atlántica del citado continente.

Durante el invierno estas depresiones térmicas saharianas desaparecen en superficie, y la situación más frecuente consiste en la presencia de altas presiones sobre la península Ibérica, la cordillera del Atlas o el Mediterráneo occidental que encauzan masas de aire muy secas por el Norte del desierto hasta el archipiélago.

4.2.2. *Inversiones de subsidencia*

Algunas publicaciones sobre el clima de Canarias establecen altitudes medias o aproximadas de la localización de la inversión térmica de subsidencia de los alisios, aunque, en la mayoría de los casos, son sólo datos basados en la observación del mar de nubes (FONT TULLOT, 1951). A continuación se exponen, de forma detallada, los valores medios de la serie con la que se ha trabajado y otros parámetros sobre este rasgo tan característico del clima de las islas. Información notablemente más precisa que la publicada hasta ahora, puesto que forma parte del análisis de la estructura vertical del aire de más de 7.000 sondeos.

Así, una gran parte de estas fechas, como ya se ha comentado, poseen inversiones térmicas que se explican por la combinación de una subsidencia del aire superior en la parte oriental del núcleo anticiclónico subtropical y “una contracción vertical asociada a una divergencia horizontal” (HUFTY, 1984), lo que produce un sensible calentamiento adiabático; y un enfriamiento superficial que es proporcionado por la corriente marina oceánica de Canarias y por “las descargas de aire polar marítimo” (MARZOL, 1993c, p. 106).

En este sentido, se han considerado inversiones térmicas de subsidencia todas las que cuentan con la base a más de 77 metros⁶.

Las inversiones de subsidencia son notablemente más numerosas que las superficiales y tienen una mayor relevancia en el clima no sólo de las islas sino también de toda la región (DELANNOY et al., 1979, p. 28), especialmente en determinadas épocas del año. Además, al contrario que las superficiales, muestran un comportamiento relativamente parecido en los dos sondeos diarios, aunque son ligeramente más frecuentes a las 12.00 horas⁷. La mayor diferencia se produce en el número de las de menor altitud, como veremos.

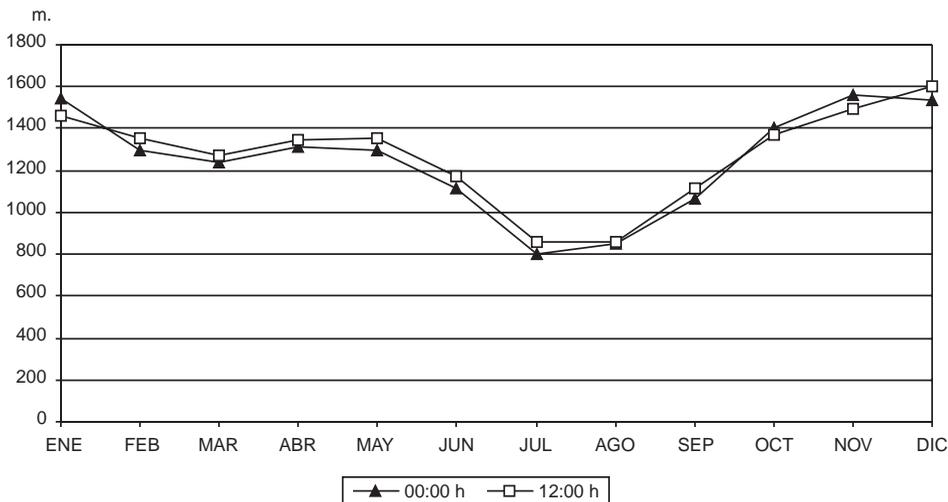
Aunque la altitud media anual de la base gira en torno a los 1.250 metros, existe una diferencia estacional importante, de manera que en los meses más cálidos es inferior, con un mínimo claro en julio y agosto (800 metros en julio a las 00:00 horas). El resto del año se mantiene por encima de los 1.000 metros a las dos horas, y los valores más altos se dan de noviembre a enero (figura 4).

Si además desglosamos las inversiones térmicas de subsidencia en función de la altitud de su base podemos obtener una serie de claves que ayudan a entender la dinámica atmosférica sobre el archipiélago canario, lo que podemos observar claramente por medio los dos histogramas de frecuencia de las figuras 5 y 6. Así, las inversiones más frecuentes

6 Altitud más baja a la que se ha registrado la base de las inversiones térmicas si descartamos, evidentemente, las superficiales. En el caso de estas inversiones tan bajas, de unas decenas de metros sobre el observatorio meteorológico, es muy difícil afirmar de una forma tajante su origen, puesto que podrían formarse por influencia del suelo, por subsidencia muy baja o, incluso por turbulencia. Con la información con la que contamos resulta muy complicado decantarse por una sólo opción, a pesar de lo cual las hemos incluido dentro de las de subsidencia al no partir de tierra. De todas formas, su importancia relativa es pequeña puesto que, en conjunto, suponen un número reducido como lo demuestra el hecho de que por debajo de los 100 metros sólo aparecen 21 sondeos a las 12:00 y 6 a las 0:00 horas.

7 Son un total de 2.960 inversiones a las 00:00 horas y de 3.181 a las 12:00 horas.

FIGURA 4. *Altitud media de la base de las inversiones térmicas de subsidencia en Santa Cruz de Tenerife (1983-1992)*



Fuente: C.M.T.C.Oc. Elaboración propia.

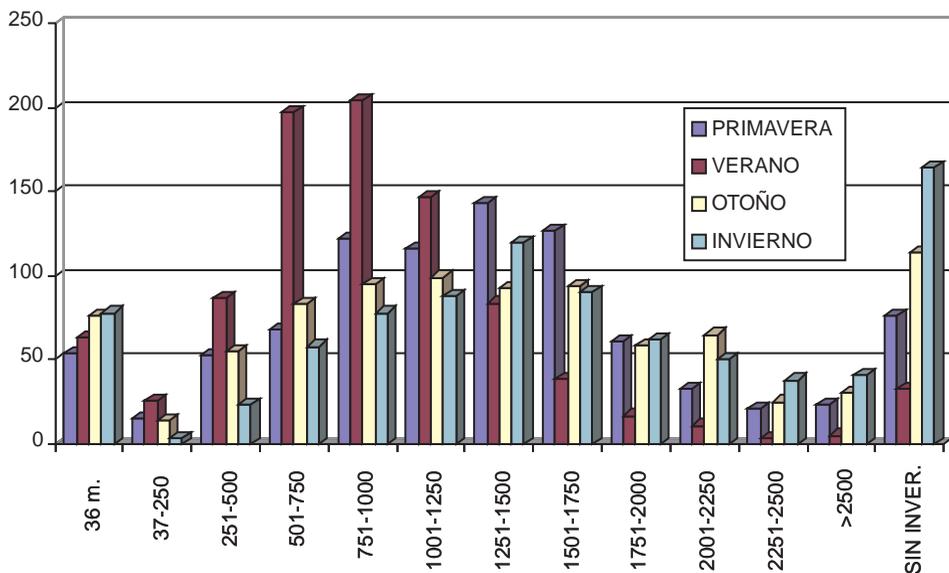
se sitúan desde los 500 hasta los 1.750 metros de altitud, de manera que entre esos dos valores se sitúa el 69% de las inversiones del mediodía y el 66% de las de la noche. De éstas las más frecuentes se localizan entre los 750 y 1.000 metros de altitud.

Ahora bien, dentro de cada intervalo también existe una clara estacionalidad, como ocurría con la media. Las inversiones bajas y muy bajas se concentran en los meses del verano, especialmente en julio y agosto, junio presenta un comportamiento notablemente distinto que se explica porque es el mes en el que es más clara la circulación del alisio —es el mes que mayor porcentaje de inversiones de subsidencia presenta⁸—, mientras que en julio y agosto son relativamente frecuentes irrupciones de aire cálido sahariano, durante las que el espesor de la primera capa, por debajo de la inversión, disminuye considerablemente o incluso puede llegar a desaparecer (FONT TULLOT, 1951, p. 284), como ya se ha comentado. Estas inversiones muy bajas se repiten también en Marruecos cuando sopla el viento desde el interior del continente llegando, incluso, al litoral (DELANNOY et al., 1979, p. 30). Por el contrario los meses más fríos presentan el mayor número de días con inversiones altas y muy altas así como días sin inversión (figuras 5 y 6).

La mayor altitud de las inversiones de los meses más fríos (desde octubre hasta mayo) se debe a que la capa de aire inferior, fresca y húmeda, de los alisios puede verse potenciada por advecciones de aire polar marítimo (FONT TULLOT, 1951, p. 284). En este sentido Marzol señala que el archipiélago se halla en un pasillo interanticiclónico entre las altas presiones atlántica y sahariana que es aprovechado por las masas de origen polar aportando aire frío que alimenta el estrato inferior de los alisios (MARZOL, 1993b, p. 154). Si estas irrupciones son lo suficientemente importantes pueden llegar a anular la inversión, y son los momentos en los que se produce la mayor inestabilidad en las islas.

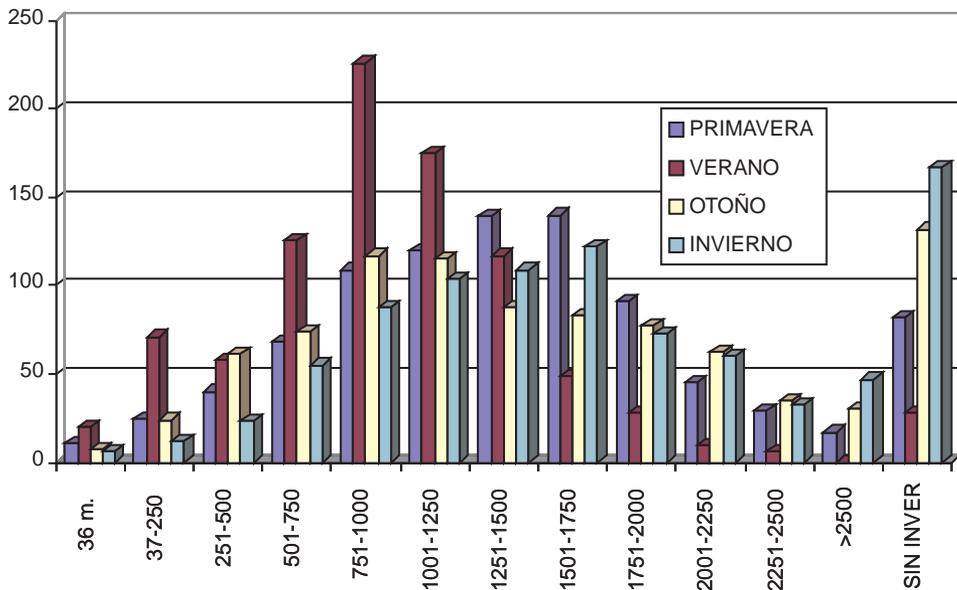
⁸ En el mes de junio muestran inversión térmica de subsidencia el 95,7% de los días a las 12:00 h. y el 93,3% a las 00:00 h.

FIGURA 5. Distribución estacional de las inversiones térmicas, según la altitud de la base, en Santa Cruz de Tenerife a las 00:00 h. (1983-1992)



Fuente: C.M.T.C.Oc. Elaboración propia.

FIGURA 6. Distribución estacional de las inversiones térmicas, según la altitud de la base, en Santa Cruz de Tenerife a las 12:00 h. (1983-1992)



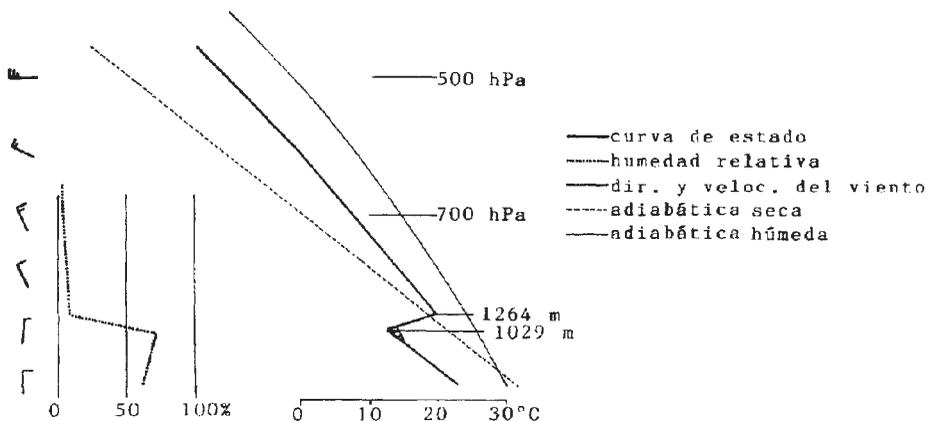
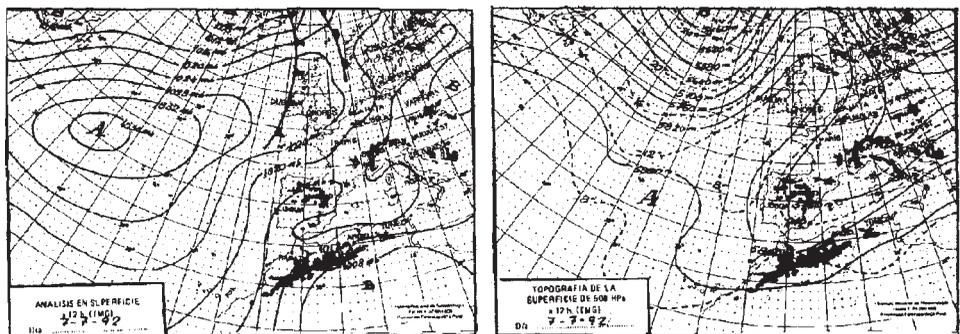
Fuente: C.M.T.C.Oc. Elaboración propia.

El análisis de la altitud de estas rupturas en el gradiente también nos da otro dato que a primera vista puede resultar algo contradictorio. El mes de marzo presenta una altitud media relativamente baja y un mayor número de inversiones superficiales y muy bajas que los meses anterior y posterior. La explicación a este hecho vuelve a estar en las advecciones de aire sahariano: durante este mes se repiten con frecuencia, registrándose, al menos de forma clara, en los años 1981, 83, 87, 88 y 90.

El mapa del tiempo que corresponde a la mayor parte de las inversiones térmicas de subsidencia presenta un extenso anticiclón localizado aproximadamente sobre las islas Azores con vientos del primer cuadrante hasta la altitud de la inversión para rolar hacia el NW y WNW conforme se asciende en altura, pasando a ser, en las capas superiores, “cada vez más zonal” (DURAND DANTES, 1982, p. 63).

El sondeo muestra dos capas de aire notablemente distintas: la inferior fresca y relativamente húmeda, y la superior, a partir de la inversión, sensiblemente más seca (figura 7).

FIGURA 7. Mapas del tiempo y diagrama termodinámico de la troposfera canaria el 7 de julio de 1992



Fuente: I.N.M. y C.M.T.C.Occ.

4.3. Los gradientes térmicos

El tercer aspecto a tratar dentro de estas inversiones térmicas es el gradiente entre la base y la cima de las mismas. Este hecho es uno de los rasgos fundamentales que define a esta estructura vertical del aire.

Para realizar este análisis también hemos distinguido entre las inversiones de superficie y el resto. En las primeras, la diferencia de temperaturas, en términos generales, es menor y varía entre los 2,3°C a las 00:00 horas y los 2,9°C a las 12:00 horas, con los valores superiores entre abril y septiembre.

Según la serie temporal analizada, en las inversiones de altura, queda de manifiesto que el gradiente medio en los dos sondeos es de 3,7°C. Sin embargo, existen sensibles diferencias a lo largo del año, de manera que julio, seguido de agosto y junio, son los meses donde el gradiente de temperaturas de la inversión es mayor y octubre, noviembre, diciembre y enero donde es menor. Además, las diferencias térmicas más altas se concentran durante el verano de manera que tres de cada cuatro, con una diferencia de temperatura superior a 8°C, se localizan entre junio y agosto. Sin embargo, aunque algunos autores citan gradientes máximos de hasta 14°C (FONT TULLOT, 1983, p. 270), los valores más altos registrados durante estos 10 años (1983-1992) rondan los 12°C, y la mayor parte de ellos corresponden a los meses de mayo a agosto (cuadro II).

En la figura 8 se representan las diferencias de temperatura entre la base y la cima en los dos meses más contrastados, enero y julio, y se comprueba lo dicho anteriormente: en el primer mes el número de inversiones disminuye conforme aumenta el gradiente, en el segundo, la relación es inversa, con más inversiones cuanto mayor es el gradiente.

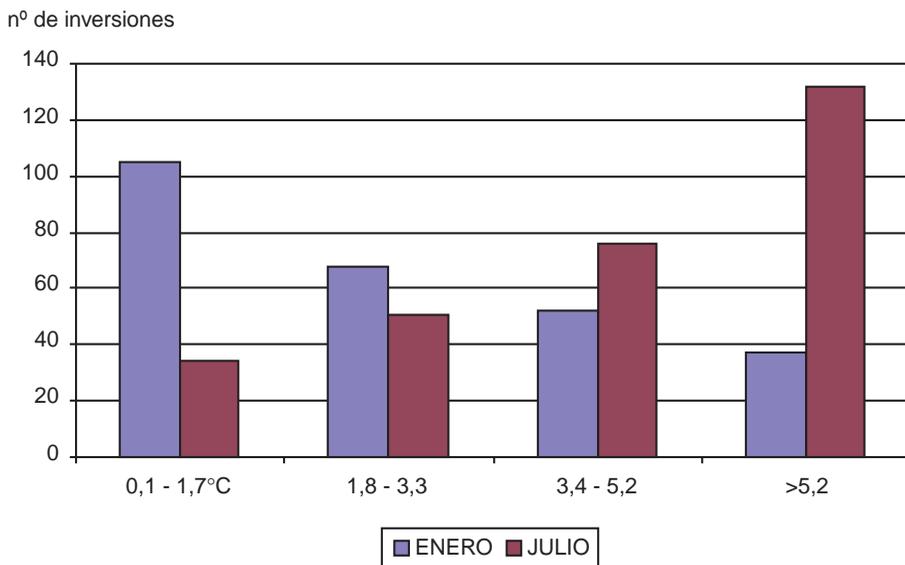
Cuadro II

GRADIENTE MEDIO Y MÁXIMO DE LAS INVERSIONES TÉRMICAS DE SUBSIDENCIA EN SANTA CRUZ DE TENERIFE (1983-1992)

MESES	SONDEO 0:00 horas		SONDEO 12:00 horas	
	GRAD. MEDIO (°C)	GRAD. MÁXIMO(°C)	GRAD. MEDIO(°C)	GRAD. MÁXIMO(°C)
ENERO	2,9	9,3	2,9	8,4
FEBRERO	3,4	9,1	3,4	10,5
MARZO	3,7	10,3	3,7	9,9
ABRIL	3,6	9,0	3,7	9,4
MAYO	3,6	8,6	3,9	11,7
JUNIO	4,2	10,2	4,7	11,9
JULIO	5,1	12,1	5,2	11,5
AGOSTO	4,8	11,8	4,8	11,5
SEPTIEMBRE	3,5	9,9	3,5	9,7
OCTUBRE	2,8	8,1	2,9	8,3
NOVIEMBRE	2,8	8,7	2,7	8,0
DICIEMBRE	2,9	8,6	2,8	8,0
SERIE	3,7	12,1	3,7	11,9

Fuente: C.M.T.C.O. Elaboración propia.

FIGURA 8. Distribución de las inversiones térmicas según el gradiente de temperatura las 0.00 h.



Fuente: C.M.T.C.Oc. Elaboración propia

Al mismo tiempo, enero refleja las condiciones de los meses del invierno y julio las del verano. Los meses intermedios muestran valores medios, aunque el otoño está más cercano a enero y la primavera a julio.

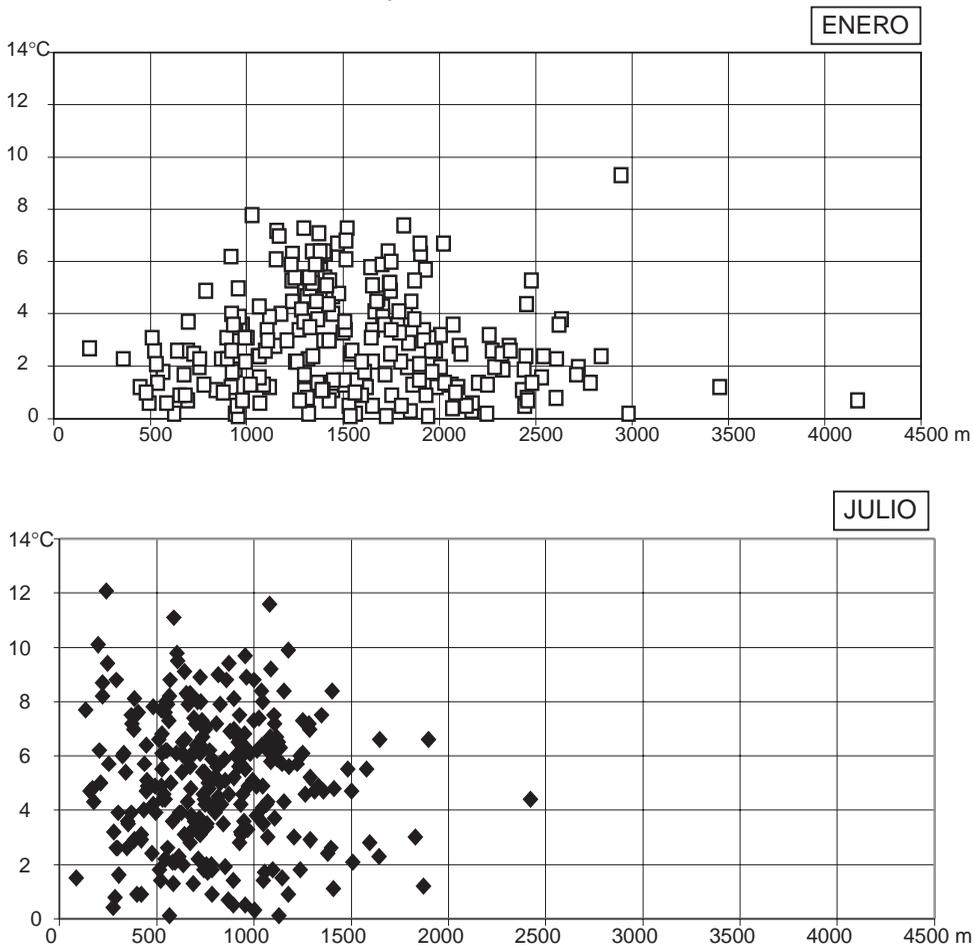
La explicación a esta clara estacionalidad del gradiente a lo largo del año entre los meses finales del otoño y durante el invierno con respecto al verano y los últimos meses de la primavera se encuentra en la mayor importancia de la inversión térmica de subsidencia del alisio en la época estival cuando resulta ser más frecuente y evidente la estratificación en dos capas, como consecuencia de un reforzamiento de la subsidencia superior y de la acentuación de la corriente fría de Canarias, lo cual también da lugar a una mayor estabilidad.

Es fácil adivinar que si existe una relación entre el gradiente y la estación del año también haya otra entre aquél y la altitud de la base de las inversiones, puesto que ésta última está directamente conectada a una clara estacionalidad, de manera que, por regla general, y teniendo en cuenta los valores medios, cuanto mayor es el gradiente menor es la altitud a la que comienza la inversión y al contrario; además los gradientes más elevados corresponden a los meses cálidos, mientras que los gradientes menores predominan en los meses fríos. Si comparamos los meses “opuestos” de julio y enero podemos comprobar esa correlación (figuras 9 y 10).

Conclusiones

En función de la información que ofrecen los sondeos termodinámicos realizados desde el Centro Meteorológico Territorial de Canarias Occidental, podemos destacar que las islas Canarias por su posición en el borde suroriental de la célula anticiclónica atlántica y por la

FIGURA 9. Inversiones térmicas de subsidencia según su gradiente y altitud de la base en enero y julio a las 00:00 h.



Fuente: C.M.T.C.Oc. Elaboración propia.

importante corriente marina de aguas frías que baña sus costas, posee unas condiciones de su troposfera inferior y media determinadas por la presencia persistente de frecuentes inversiones térmicas de subsidencia que se registran, en un porcentaje muy alto, desde mediados de la primavera hasta finales del verano. Estas rupturas en el gradiente térmico vertical dan lugar a que, termodinámicamente, la característica predominante de las masas de aire que se desplazan sobre el archipiélago sea la estabilidad. Sólo se rompe ésta, de forma esporádica, desde noviembre hasta febrero, como consecuencia de la llegada de borrascas o depresiones desde las latitudes templadas con aire frío del Norte, lo que unido al relieve se concreta en chubascos intensos sobre toda la región.

Aunque ese predominio de las inversiones térmicas sea muy claro a lo largo de todo el año, existe una fuerte estacionalidad en la que se combinan no sólo frecuencia sino también altitud de la base y gradiente, de manera que en los meses centrales del *verano* éstas son *muy frecuentes*, a una *altitud relativamente baja* y con un *importante gradiente térmico*,

mientras que en los meses fríos las rupturas en el gradiente son *menos frecuentes*, la *altitud de la base es mayor y menor la diferencia de temperaturas* entre la base y la cima de la inversión.

Debido a su altísima frecuencia estas inversiones de temperatura no sólo tienen relevancia en las características termodinámicas del aire, sino que, obviamente, se plasman en el clima y, por tanto, en el paisaje de las islas. Los gradientes teóricos dados para el descenso termométrico con la altitud tienen poca validez en Canarias, de manera que la alta montaña insular posee unos valores medios de temperatura considerablemente superiores a los que le correspondería por su altitud, siendo la inversión térmica la principal responsable.

Bibliografía

- BARASOAIN, J. A. (1943): *El mar de nubes en Tenerife*. S.M.N. Serie A-13, Madrid.
- DELANNOY, H.; LECOMPTE, M. y ROMANE, F. (1979): «Géographie des températures quotidiennes dans le moyen-Atlas et ses bourdes». *L'Espace Géographique*, nº 1; pp. 25-41.
- DORTA, P. (1990): «Estado de la atmósfera en las olas de calor estivales en Canarias». *Ería*, nº 23; pp. 205-211.
- DORTA, P. (1991): «Características climatológicas de las olas de calor estivales en el archipiélago canario». *Alisios*, nº 1; pp. 7-20.
- DURAND DANTES, F. (1982): *Geografía de los aires*. Ariel, Barcelona.
- FONT TULLOT, I. (1949): «El régimen de vientos superiores en Tenerife». *Revista de Geofísica*. Vol. VIII, nº 32; pp. 486-506.
- FONT TULLOT, I. (1949): *El clima del África occidental española*. S.M.N. Serie A (memorias nº 21), Madrid.
- FONT TULLOT, I. (1950): «Las invasiones de aire caliente africano en el Archipiélago Canario». *Revista de Geofísica*. Vol. IX, nº 36; pp. 334-349.
- FONT TULLOT, I. (1951): «El espesor de la capa superficial de aire marítimo en la región de las Islas Canarias». *Revista de Geofísica*. Vol. X, nº 40; pp. 281-291.
- FONT TULLOT, I. (1952): «La corriente aérea superior del NW en Tenerife». *Revista de Geofísica*. Vol. XI, nº 42; pp. 157-172.
- FONT TULLOT, I. (1955): «Factores que gobiernan el clima de las Islas Canarias». *Estudios Geográficos*, nº 58; pp. 5-21.
- FONT TULLOT, I. (1956): *El tiempo atmosférico en las Islas Canarias*. S.N.M. Serie A (memorias nº 26), Madrid.
- FONT TULLOT, I. (1983): *Climatología de España y Portugal*. I.N.M. Madrid.
- GLASS, G. (1982): *Descripción de las islas Canarias*. 1764. Instituto de Estudios Canarios, La Laguna.
- GRACIA LÓPEZ, F. (1946): «¿Cuál es la dirección del alisio en las Islas Canarias?». *El Museo Canario*, Separata nº 17; pp. 33-41.
- HUFTY, A. (1984): *Introducción a la Climatología*. Ariel, Barcelona.
- HUETZ DE LEMPS, A. (1969): *Le climat de Iles Canaries*. Ed. S.E.D.E.S. París.
- LEROUX, M. (1989): «La circulation tropicale et ses conséquences climatiques». *Cashiers d'Outre-Mer*, 42 (165); pp. 5-28.
- LÓPEZ GÓMEZ, A. (1975): «Inversión de temperatura entre Madrid y la sierra de Guadarrama con advección cálida superior». *Estudios Geográficos*, nº 138-139; pp. 567-604.
- LÓPEZ GÓMEZ, J. (1985): «Observaciones de Humboldt sobre el clima del Teide». *Estudios Geográficos*. Tomo XLVI, nº 181; pp. 409-415.
- LÓPEZ GÓMEZ, A.; FERNÁNDEZ GARCÍA, F.; ARROYO, F.; MARTÍN VIDE, J. y CUADRAT, J.M. (1993): *El clima de las ciudades españolas*. Cátedra, Madrid.
- MARTÍ EZPELETA, A. (1990): «Las inversiones térmicas en la depresión de Sariñena». *Geographicalia*, nº 27; pp. 105-120.
- MARTÍN VIDE, J. (1991): *Fundamentos de Climatología analítica*. Síntesis, Madrid.

- MARZOL, M^a.V. (1981): «El clima de montaña de la isla de Tenerife. Variaciones en el gradiente térmico vertical». *Actas del VII Coloquio de Geografía*, Pamplona, tomo I; pp. 163-168.
- MARZOL, M^a.V. (1984): «El clima», en *Geografía de Canarias*. Tomo I (Geografía Física), S/C Tenerife, Interinsular, capítulo IX; pp. 158-202.
- MARZOL, M^a.V. (1987): «La contaminación atmosférica en Santa Cruz de Tenerife». *Finisterra*, Vol. XXII, n^o 43; pp. 162-181.
- MARZOL, M^a.V. (1988): *La lluvia, un recurso natural para Canarias*. Caja General de Ahorros de Canarias, Santa Cruz de Tenerife.
- MARZOL, M^a.V.; RODRÍGUEZ, J.; AROZENA, M.E. y LUIS GONZÁLEZ, M. (1988): «Rapport entre la dynamique de la mer de nuages et la végétation au Nord de Tenerife (I. Canarias)». *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, vol. 4, Aix-en-Provence; pp. 273-283.
- MARZOL, M^a V.; DORTA, P.; RODRÍGUEZ, J. (1991): «Variations temporelle et particularités de la temperature horaire dans la ville de Santa Cruz de Tenerife (Iles Canaries)». *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, vol. 5, Fribourg; pp. 43-53.
- MARZOL, M^a.V. (1993a): «Tipificación de las tres situaciones atmosféricas más importantes de las Islas Canarias». *Revista de Historia Canaria. Homenaje a la Dra. Marrero, La Laguna*; pp. 79-95.
- MARZOL, M^a.V. (1993b): «Los factores atmosféricos y geográficos que definen el clima del archipiélago canario». *Aportaciones en homenaje al profesor Luis Miguel Albentosa*; pp. 151-176.
- MARZOL, M^a.V. (1993c): «El clima: rasgos generales». En *Geografía de Canarias*. Tomo I (Geografía general), cap. 7, Prensa Ibérica S.A., Las Palmas de Gran Canaria.
- TORRIANI, L. (1978): *Descripción de las islas Canarias*. Ediciones Goya, Santa Cruz de Tenerife.