

ANÁLISIS DEL VIENTO Y LA NIEBLA EN EL AEROPUERTO DE LOS RODEOS (TENERIFE). CAMBIOS Y TENDENCIAS

Víctor M. ROMEO¹, M^a Victoria MARZOL²

¹ *Graduado en Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de La Laguna*

² *Dpto. de Geografía e H^a. Universidad de La Laguna*

vmromo@ull.edu.es | mmarzol@ull.es

RESUMEN

La particular localización del aeropuerto Tenerife Norte-Los Rodeos, en el nordeste de la isla de Tenerife, es la causa de la modificación de la dirección habitual de los vientos alisios del NE a vientos del NO, acompañados frecuentemente por nubosidad. Esto ocasiona que en un número significativo de días al año este aeropuerto esté cubierto por la niebla, lo que afecta de una forma muy importante a su operatividad. El objetivo del trabajo es caracterizar su régimen de vientos y de la niebla durante los últimos trece años (2000-2012) y comprobar si se han producido cambios significativos en ambas variables climáticas con respecto a los periodos normales de 1961-1990 y 1971-2000. Los resultados indican que las dos direcciones dominantes del viento, NO y SE, mantienen sus frecuencias no así la niebla que ha aumentado su presencia en los últimos años.

Palabras claves: Niebla, alisios, viento, aeropuerto Los Rodeos, Tenerife, islas Canarias.

ABSTRACT

The particular location of Tenerife North-Los Rodeos airport in a relatively flat and exposed to the prevailing trade winds in the northeast of the island of Tenerife, the area is due to the modification of its usual direction of winds turning NE winds NO often accompanied by cloud cover. This causes a significant number of days per year the airport is covered by fog, affecting a very important way to its operation. The objective of this work is to characterize the wind regime and fog at this airport during the last thirteen years (2000-2012) and check if there have been significant changes in both climate variables with respect to the normal periods of 1961-1990 and from 1971 to 2000. The results indicate that the two dominant wind directions, NO, SE keep their frequencies not fog has increased its presence in recent years.

Key words: Fog, alisios, wind, airport Los Rodeos, Tenerife, Canary Islands.

1. INTRODUCCIÓN

Las condiciones meteorológicas tienen una importancia crucial en el desarrollo normal de las comunicaciones, tanto por carretera como por el océano y el aire. En esta ocasión nos interesa reflexionar sobre el papel que tienen dos fenómenos atmosféricos, como son el viento y la niebla, en la operatividad de un aeropuerto concreto, el de Los Rodeos en la isla de Tenerife. En el mundo existen numerosos aeropuertos que se paralizan, a veces días, por fenómenos meteorológicos como la nieve, polvo en suspensión, vientos fuertes y racheados o la niebla. De todas las causas, la pérdida de visibilidad horizontal por niebla, tanto de radiación, advectiva como por nubosidad baja, está considerada como el motivo más frecuente de la interrupción del tráfico aéreo en muchos de ellos, ocasionando importantes pérdidas económicas y trastornos a los viajeros y, en ocasiones, fatales accidentes con pérdidas humanas (Fedorova, 2001, 2010; Weymouth *et al.*, 2007; Tardif y Rasmussen, 2008; Westcott y Kristovich, 2009; Schalkwyk y Dyson, 2013). La niebla fue el origen del mayor accidente

aéreo ocurrido en la historia de la aviación y fue, precisamente, en Los Rodeos, el 27 de marzo de 1977, en él fallecieron 583 personas debido a la colisión de dos Boeing 747.

Los estudios relacionados con el viento y la niebla, son bastante escasos, si se compara con otras variables como la temperatura y la precipitación. Los análisis realizados se focalizan en aproximaciones de carácter climático (Font Tullot, 1956; Marzol, 1993), con fines para el aprovechamiento del potencial eólico (Villarrubia, 2004, Fernández, 2011) o como riesgo natural (Morales y Ortega, 2002; Ayala y Olcina, 2002). Este artículo pretende establecer los rasgos más significativos de ambas variables con el fin de comprender las interrupciones del tráfico aéreo en el segundo aeropuerto de la isla de Tenerife. Antecedentes destacados son los trabajos de Font Tullot en 1945 y Huetz de Lemps en 1969. El Plan Director del aeropuerto de Los Rodeos, elaborado por el Ministerio de Fomento en 2001, y el Mapa Estratégico de Ruido, de 2007, incluyen un análisis de la frecuencia, dirección y velocidad media del viento en los periodos 1988-1998 y 1996-2005. A nivel nacional, son varios los trabajos que relacionan al menos una de las dos variables y su incidencia en los aeropuertos de Sevilla, Madrid y Pamplona (Marín, 1989; Castejón y García-Legaz, 1996; Pejenaute, 2006).



Fig. 1: LOCALIZACIÓN DEL AEROPUERTO TENERIFE NORTE-LOS RODEOS Y EL CAMBIO DE UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA (1: HASTA 1971 Y 2: A PARTIR DE ESA FECHA). FUENTE: GRAFCAN.

El aeropuerto se localiza en el noreste de Tenerife (Fig. 1), en torno a los 600 m.s.n.m., en una de las escasas zonas relativamente llanas de la isla. Esos terrenos, ubicados próximos a los dos núcleos de población más importantes -Santa Cruz de Tenerife y La Laguna-, fueron elegidos a mediados del siglo pasado para situar uno de los dos aeropuertos con los que cuenta la isla. La llanura central se encuentra flanqueada al este por los montes del macizo de Anaga, con altitudes alrededor de 900 m.s.n.m., y al oeste por las estribaciones de la Dorsal de Pedro Gil, que alcanzan los 1.700 m.s.n.m. Esas elevaciones, situadas a ambos lados del aeropuerto, hacen que esta zona adquiera la forma de un pasillo alargado más que la de un valle y que los vientos alisios se canalicen por él, lo que ocasiona la modificación de su dirección habitual, pasando de ser vientos del NE a ser vientos del NO. Esta exposición a los vientos dominantes y la altitud a la que se encuentra la pista del aeropuerto generan uno de los mayores problemas que afecta directamente a su operatividad: la niebla. La presencia de niebla está asociada al paso de bancos de nubes estratocumuliformes, de NO a SE, cuya base discurre al ras de la propia pista y se convierte en una niebla de advección, a veces tan densa que es motivo del cierre del aeropuerto.

El trabajo se estructura en tres partes, en la primera se analizan las características del viento en el periodo 2000-2012, en la segunda se comparan los resultados obtenidos con los valores

medios de las series normales 1961-1990 y 1971-2000 para comprobar si se han producido cambios significativos, y en la tercera se analizan y comparan los días de niebla del período estudiado con los de la serie 1951-2000.

2. DATOS Y METODOLOGÍA

El estudio del viento se realiza mediante el análisis estadístico de sus dos variables: dirección y velocidad. En lo que respecta a la dirección se trabaja con la rosa de vientos de 16 rumbos y en el caso de la velocidad se emplea la escala Beaufort según los umbrales que establece la Organización Meteorológica Mundial (OMM) en la Guía del Sistema Mundial de Observación de 2010, actualizada en 2012 (OMM n° 488). Los datos proceden de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) y corresponden a la estación meteorológica situada en el aeropuerto de Los Rodeos, a 16°19'62"N, 28°28'39"O, a 632 m.s.n.m. (ver situación en la Fig. 1). El período estudiado es de 13 años (2000-2012) y se trabaja con las observaciones a cuatro horas del día (00, 07, 13 y 18 h). En total, se contabilizan 4.749 días con 18.996 registros, de los que se descartan 46 (el 0,2%), 39 de ellos porque la dirección del viento presenta una componente variable y 7 registros por la ausencia de datos. El test de rachas de Thom aplicado a las dos variables, dirección y velocidad del viento, de esta serie indica que es homogénea.

En el caso de la niebla, es necesario indicar que se contabiliza como día de niebla aquel en el que el observador de la estación meteorológica cifra una visibilidad, a nivel de pista, inferior a 1 km, no utilizando los tres visibilímetros existentes. El análisis de esta variable se realiza del período 1951-2013 y a escala mensual. En el año 1971 se produce un cambio de ubicación de la estación meteorológica desde la cabecera norte de la pista, más afectada por la niebla, a la cabecera sur con una situación de cierto sotavento, lo que reduce el registro del número de días con niebla (Fig. 1). Por ese motivo, se compara la evolución de este meteoro en los últimos 13 años con respecto al período 1971- 2000. Se aplica el test de rachas de Thom a esta serie, obteniéndose que es homogénea con una significación del 97,8%, y la prueba T de Student de la serie dividida en dos períodos (1951-1970 y 1971-2013) indica que ambas pertenecen a la misma serie con un grado de significación del 95%, por lo que la serie de días de niebla se puede considerar homogénea.

3. RESULTADOS

3.1. Caracterización de la dirección media del viento en Los Rodeos (2000-2012)

Al analizar la frecuencia relativa de cada dirección del viento, utilizando para ello todas las observaciones del periodo estudiado, lo primero que destaca es el predominio del cuarto cuadrante puesto que los vientos del Oeste hasta el NNO representan el 68% del total de las observaciones. Aunque todas sus direcciones alcanzan valores elevados, sobresale la asiduidad de las componentes NO y ONO (tabla 1). Opuestos a esos vientos dominantes, y sólo con una frecuencia en torno al 20%, se encuentran los del segundo cuadrante. En cuanto a los vientos de los restantes cuadrantes, su incidencia es muy escasa puesto que su frecuencia apenas supera el 10%.

FRECUENCIA MEDIA DE LA DIRECCIÓN DEL VIENTO EN LOS RODEOS (2000-2012)																
N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSO	SO	OSO	O	ONO	NO	NNO	calma
3,9	0,9	0,4	0,5	2,3	6,0	6,4	5,2	2,9	0,5	0,4	1,2	11,9	21,4	23,1	11,2	1,9

Tabla 1: FRECUENCIA (%) MEDIA DE LA DIRECCIÓN DEL VIENTO EN LOS RODEOS, A LAS 00, 07, 13 Y 18 HORAS (2000-2012). FUENTE: AEMET

El comportamiento del viento en Los Rodeos tiene una dualidad muy bien diferenciada. Durante seis meses, de abril a septiembre, domina el viento del NO, siendo más frecuente en las horas de la tarde, mientras que en los otros seis meses, de octubre a marzo, esa dirección se comparte, en muchas ocasiones casi al 50%, con los vientos del SE, que son más frecuentes al mediodía. Estacionalmente también se observan claras diferencias puesto que en el invierno los vientos del segundo cuadrante tienen similar frecuencia que los del cuarto; desde mediados de primavera hasta comienzos del otoño los vientos del SE van perdiendo relevancia en favor de los del NO, que se convierten en los más importantes con diferencia. Esta dirección llega a suponer el 40 y 43% de los días en mayo y junio al atardecer, hora en la que alcanzan la mayor asiduidad. Con la llegada del otoño se produce un cambio en el comportamiento y a partir de septiembre los vientos del SE vuelven a ser significativos hasta hacerse igual de frecuentes que los del NO a comienzos del año. Ahora bien, las tareas de aterrizaje y despegue de las aeronaves de este aeropuerto no se ven interferidas por causa de ese cambio de la dirección del viento a lo largo del año puesto que las dos componentes predominantes son coincidentes con la orientación de la pista.

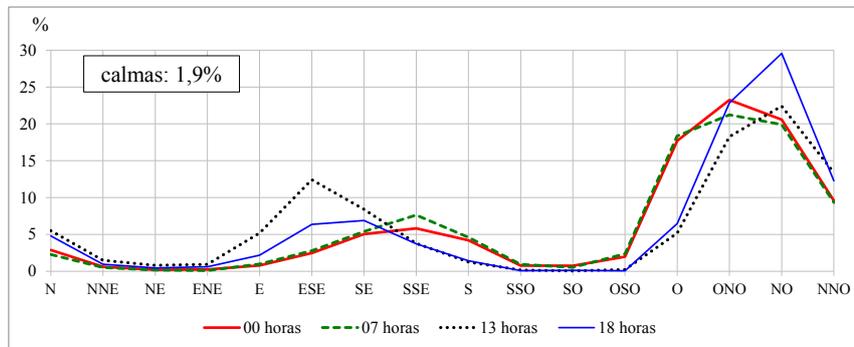


Fig. 2: FRECUENCIA (%) MEDIA ANUAL DE LA DIRECCIÓN DEL VIENTO A CUATRO HORAS DEL DÍA EN LOS RODEOS (2000 - 2012). FUENTE: AEMET

El gráfico de los porcentajes de las frecuencias medias anuales, calculados sobre el total de las observaciones de cada hora (Fig. 2) ratifica, por una lado, el dominio de los vientos del cuarto cuadrante a lo largo de todo el año, con un pico máximo a las seis de la tarde, y, por otro, que los vientos del segundo cuadrante constituyen la segunda componente dominante. El resto de las direcciones son muy infrecuentes en este lugar.

3.2. La velocidad media mensual y anual del viento en el período 2000 - 2012

Del análisis de las frecuencias absolutas y relativas de la velocidad del viento del total de los datos a cuatro horas (00, 07, 13 y 18 h), utilizando los umbrales de la escala de Beaufort, se concluye que el 78% de los vientos son inferiores al grado 4 de dicha escala, lo que supone que no se superan los 28 km/h. Si el umbral se pone en el grado 5, es decir vientos inferiores a 38 km/h, se puede afirmar que el 95% de los vientos en el pasillo de Los Rodeos tuvieron, durante los últimos trece años, una velocidad de floja a moderada. Las frecuencias mayores corresponden a los grados 3 y 4, lo que significa que más de la mitad de las observaciones tienen una velocidad entre los 12 y 28 km/h, valores habituales de los vientos alisios. En cuatro ocasiones el viento ha superado el grado 8 de la escala de Beaufort, catalogado como temporal (02/04/2000, 09/04/2002, 10/04/2002 y 29/11/2005). Los periodos de calmas son relativamente escasos porque sólo suponen el 1,9% de la serie estudiada.

En lo referente a la dirección de esas velocidades, los vientos del 4º cuadrante poseen una velocidad cercana a los 25 km/h durante todo el año mientras que los del 2º cuadrante son siempre inferiores, de 10 a 15 km/h, siendo al mediodía cuando alcanzan la mayor intensidad (Fig. 3).

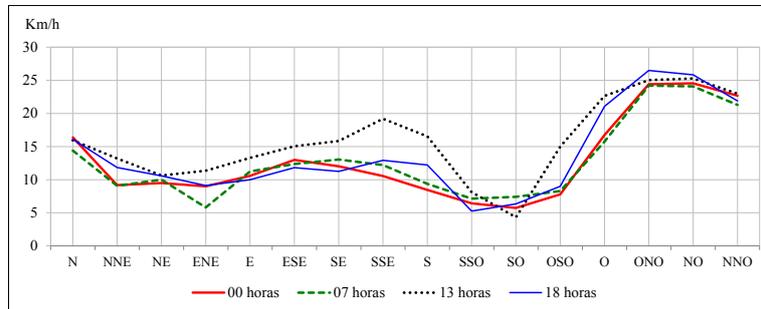


Fig. 3: VELOCIDAD (KM/H) MEDIA ANUAL DEL VIENTO A CUATRO HORAS DEL DÍA EN LOS RODEOS (2000-2012). FUENTE: AEMET. ELABORACIÓN PROPIA

La velocidad del viento en este aeropuerto tiene diferencias estacionales. A principios del invierno el viento del NO posee una velocidad media cercana a los 20 km/h, en enero empieza a aumentar hasta situarse entre 20 y 25 km/h en marzo. Durante la primavera se mantiene en torno a los 25 km/h, incrementándose por encima de ese valor durante todo el verano, incluso superando los 30 km/h en julio, siendo este mes el más ventoso. Con la llegada del otoño comienza a descender paulatinamente la velocidad del viento del NO hasta llegar a ser de 20 km/h en noviembre. Lo mismo ocurre a lo largo del día. Por la noche, hay un predominio claro de vientos del ONO, con una velocidad media que se acerca a los 25 km/h; al amanecer, esa dirección del alisio reduce ligeramente su frecuencia y velocidad, mientras que los vientos del SSE aumentan sobre todo su constancia. En el mediodía los vientos del ONO rolan al NO y los del SSE al ESE, incrementándose la velocidad de ambos con respecto a lo que ocurre a las 7 de la mañana. Finalmente, al atardecer la tendencia se invierte y son los vientos del NO los más frecuentes, ya que casi el 30% de los días tienen esa dirección. En cuanto a la calmas alcanzan sus valores más elevados por la noche.

3.3. Diferencias del viento en el periodo 2000-2012 con respecto a los valores normales 1961-1990 y 1971-2000

Al comparar los valores de los tres periodos se observa un predominio de los vientos del cuarto cuadrante frente a los del segundo en las tres las series, repitiéndose una ausencia casi total del resto de las direcciones.

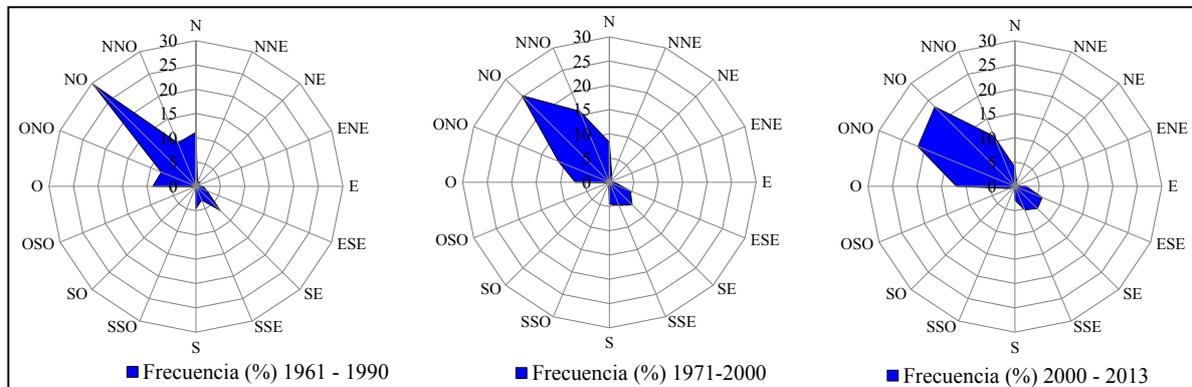


Fig. 4: FRECUENCIA (%) DE LA DIRECCIÓN DEL VIENTO EN LOS RODEOS EN 1961-1990, 1971-2000 Y 2000-2012. FUENTE: AEMET. ELABORACIÓN PROPIA

Las diferencias más significativas son:

1. La incidencia de las dos direcciones dominantes del viento en el aeropuerto Los Rodeos, 4º y 2º cuadrantes, ha aumentado en los últimos años en detrimento de las restantes (tabla 2).

SERIES	4º cuadrante	2º cuadrante
1961-1990	57%	15%
1971-2000	60%	19%
2000-2012	64%	20%

Tabla 2: VARIACIÓN DE LA FRECUENCIA DE LOS VIENTOS DEL NO Y SE EN EL AEROPUERTO DE LOS RODEOS

2. En el caso de las calmas ocurre lo contrario, su frecuencia se ha reducido drásticamente pasando del 11% en el treintenio 1961-1990, al 8%, en el de 1971-2000 y apenas al 2% en los primeros trece años de este siglo.

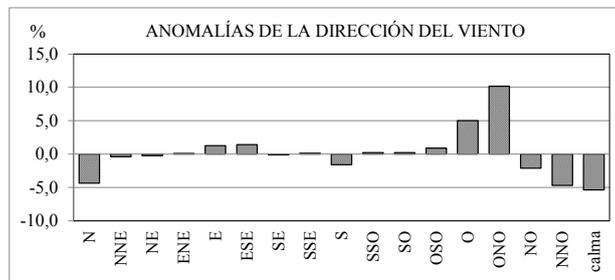


Fig. 5: ANOMALÍAS DE LA DIRECCIÓN DEL VIENTO EN EL AEROPUERTO DE LOS RODEOS ENTRE EL PERÍODO 2000-2012 Y 1971-2000.

3. Al comparar los dos últimos periodos, 1971-2000 y 2000-2012, y así evitar las posibles interferencias debidas al cambio de ubicación de la estación, se observa que las únicas direcciones que han aumentado su frecuencia son las del E, ESE y sobre todo los del Oeste y NO. En definitiva, parece que el viento en este aeropuerto ha rolado al ONO en los últimos años (Figs. 4 y 5).

Al comparar la velocidad media del viento de los últimos trece años con la de la serie 1971-2000 se aprecia un descenso generalizado en todas las direcciones salvo en la de los vientos del Noroeste que aumenta un 2% (Fig. 6).

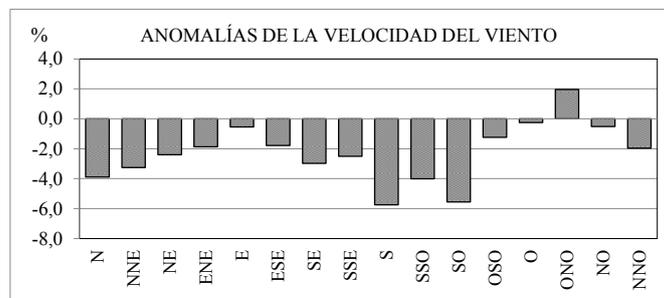


Fig. 6: ANOMALÍAS DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO EN EL AEROPUERTO DE LOS RODEOS ENTRE LOS PERÍODOS 2000-2012 Y 1971-2000.

3.4. Frecuencia de los días de niebla en Los Rodeos

En los días en los que el régimen de los alisios es el dominante en las islas Canarias, es muy frecuente que las vertientes septentrionales se vean cubiertas por un manto de nubes. Al ser un fenómeno asociado a los vientos del NO en Los Rodeos, es interesante ver su evolución en los periodos analizados, para comprobar si existen diferencias y si éstas son coherentes con los resultados obtenidos anteriormente. La niebla está presente una media de 82 días al año, es decir uno de cada cuatro días el aeropuerto está cubierto por la niebla en algún momento del día. En su frecuencia anual se observa que no existe tendencia en ninguno de los tres periodos (Fig. 7).

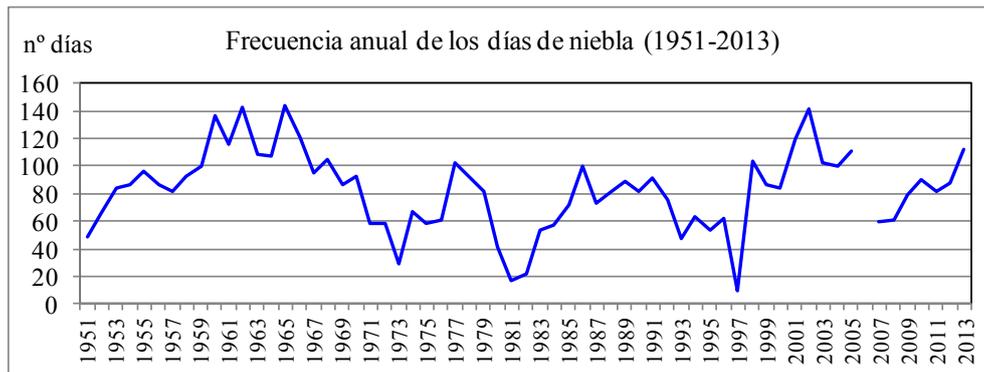


Fig. 7: FRECUENCIA ANUAL DE LOS DÍAS DE NIEBLA EN EL AEROPUERTO DE LOS RODEOS DESDE 1951 HASTA 2013. FUENTE: AEMET

La frecuencia mensual de este meteoro evidencia que la niebla se convierte en un condicionante de la actividad de este aeropuerto sobre todo durante los meses del verano. La diferente frecuencia de los días de niebla de los periodos 1951 a 1970 y 1971 a 2000 está distorsionada por el cambio de ubicación de la estación meteorológica. Sin embargo, si es viable esa comparación entre los de 1971 a 2000 y lo ocurrido en los últimos catorce años, resultando que se ha producido un aumento de esa frecuencia en todos los meses (Fig. 8).

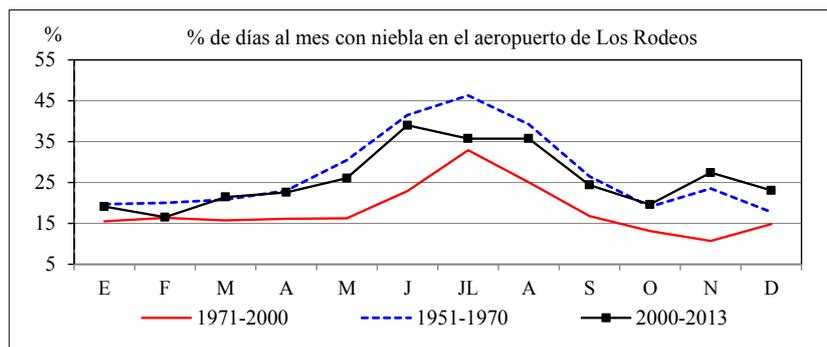


Fig. 8: FRECUENCIA MEDIA MENSUAL DE LOS DÍAS CON NIEBLA EN EL AEROPUERTO DE LOS RODEOS EN LOS TRES PERÍODOS ANALIZADOS.

En los últimos catorce años se constata que el aeropuerto ha visto interferida su actividad por la niebla con algo más frecuencia, sobre todo en el mes de noviembre, por lo que el mayor cambio se produce en otoño (Fig. 9).

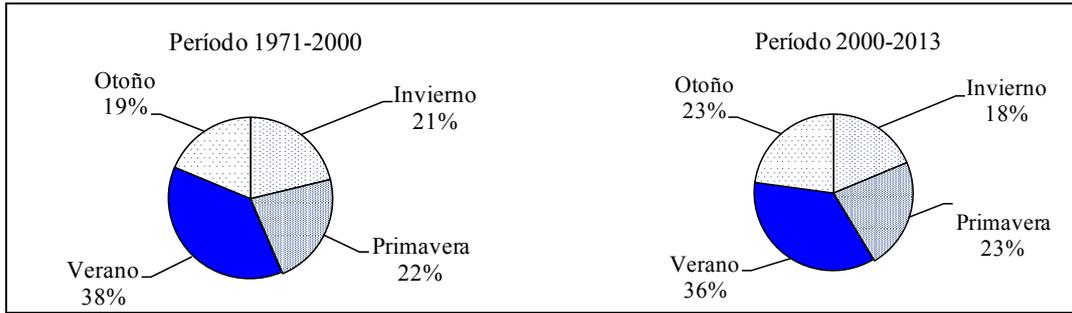


Fig. 9: PORCENTAJE DE DÍAS CON NIEBLA EN CADA UNA DE LAS ESTACIONES DEL AÑO EN EL AEROPUERTO DE LOS RODEOS.

3.6 Ejemplo de la dualidad del viento en el aeropuerto de Los Rodeos: lo ocurrido durante la segunda quincena de abril de 2013

Como ha quedado patente, en el pasillo de Los Rodeos existe un régimen de vientos en el que se alternan de forma casi exclusiva dos componentes, el NO y el SE. El predominio de una u otra componente va a marcar el tipo de tiempo dominante, no sólo en él sino en la totalidad de la isla. El régimen de alisos se caracteriza por una humedad relativa elevada, una temperatura suave y una considerable nubosidad; por el contrario, bajo la influencia del tiempo sur, denominado así por ser vientos secos y cálidos procedentes del Sáhara, la humedad relativa baja, la temperatura es alta o muy alta y el número de horas de sol al día suele ser muy elevado. Lo ocurrido durante la segunda quincena del mes de abril de 2013 muestra los sucesivos episodios que alternaron los vientos del NW con los del SE en el sector de Los Rodeos.

En la figura 10 se observa cómo el tiempo del día 18 era el típico del régimen de alisos, puesto que la temperatura era suave, inferior a 20°C en las horas centrales del día, y la humedad relativa muy alta, del 100% al atardecer; el 80% de las horas de ese día el viento fue del ONO. Del 19 al 23 se produce un cambio radical en las condiciones, los vientos húmedos y frescos del NO son sustituidos por otros cálidos y secos del SSE. Así la temperatura supera los 30°C durante el mediodía y la humedad relativa desciende por debajo del 30%. En los siguientes días se produce una situación de transición en la que disminuye la temperatura y asciende la humedad hasta que el día 27, y sobre todo el 28, el régimen de los alisos vuelve a “entrar”. En estos diez días se contabilizaron sólo dos días de niebla, el 18 y el 28 de abril, coincidiendo con los días de alisio del Noroeste.

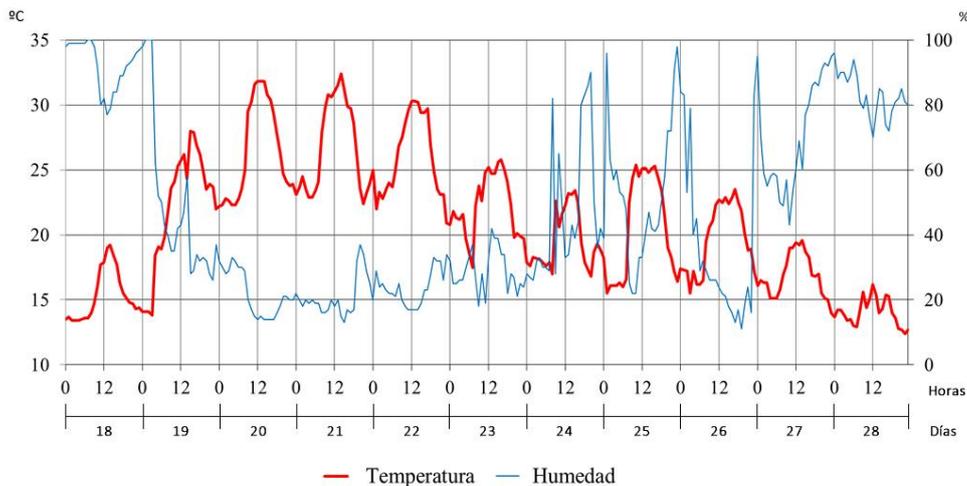


Fig. 10: EVOLUCIÓN DE LA HUMEDAD RELATIVA Y LA TEMPERATURA

HORARIA DESDE EL DÍA 18 AL 28 DE ABRIL DE 2013 EN LOS RODEOS. FUENTE:
AEMET. ELABORACIÓN PROPIA

6. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos confirman el predominio durante casi todo el año de los vientos alisios del NE, que en el sector de la isla donde se ubica el aeropuerto, debido a la orografía, se canalizan y se convierten en vientos del NO. Estos vientos, dominantes en la mayoría de los meses, alcanzan sus picos máximos de frecuencia y velocidad en los de primavera y verano.

El segundo rasgo definitorio es la dualidad existente entre los vientos del cuarto y segundo cuadrante, y la casi nula presencia de vientos de los otros cuadrantes. Los meses en los que desciende la presencia de los alisios son los vientos del SE los que ganan relevancia, llegando incluso a sobrepasar en frecuencia e intensidad a los primeros en determinados momentos del año. En lo que se refiere a su velocidad, ésta es superior en los vientos del NO que en los del SE, en verano que en invierno y al mediodía que al atardecer.

Al comparar la serie 2000-2012 con los periodos 1961-1990 y 1971-2000, se concluye que se ha producido una cierta variación en el comportamiento del viento, aumentando su frecuencia en esos trece años con respecto a las series normales y rolando la dirección predominante del NO al ONO. En el caso de los vientos del SE, ocurre algo similar pero las modificaciones son menos acusadas. De ello se extraen dos conclusiones, que el régimen de vientos en el pasillo de Los Rodeos está cada vez más marcado por las direcciones NO y SE, coincidiendo con la orientación de la pista de aterrizaje, y que hay un descenso continuado de los episodios de calmas.

Por último, se aprecia un aumento de los días de niebla en el periodo 2000-2013 al compararlo con la serie 1971-2000. A este respecto, el organismo estatal Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea (Aena) ha instalado un nuevo sistema instrumental de ayuda al aterrizaje (ILS, por sus siglas en inglés) que facilitará, a partir de 2015, las operaciones de aproximación y despegue en condiciones de baja visibilidad. Eso reducirá de forma considerable las cancelaciones, desvíos y retrasos tan frecuentes en este aeropuerto, sobre todo en verano.

7. REFERENCIAS

- Ayala, J. y Olcina, J. (2002). *Riesgos naturales*. Ariel, Barcelona.
- Castejón, F. y García-Legaz, C. (1996). *Predicción de nieblas. Aplicación particular al aeropuerto de Madrid Barajas*. I.N.M.
- Fernández, J.M. (2011). *Guía completa de la energía eólica*. A. Madrid Vicente, Madrid.
- Fedorova, N. (2001). *Investigation of radiation fog formation on the South coast of Brazil*. 2nd International Conference on Fog and Fog Collection. St. John's, Canadá, pp. 395-398.
- Fedorova, N. (2010). *Dangerous fog analyses and forecast in the Maceio airport, Brasil*. 5th International Conference on Fog Collection and Dew. Munster, Alemania, pp. 7-10.
- Font Tullot, I. (1945). *Resumen del régimen de vientos y nieblas en el aeropuerto de Tenerife*. Cabildo Insular de Tenerife.
- Font Tullot, I. (1956). *El tiempo atmosférico en las Islas Canarias*. S.N.M. Serie A (memorias nº 26), Madrid.

- Huetz de Lempis, A. (1969). *Le Climat des Îles Canaries*. S.E.D.E.S. París.
- Marín, J. R. (1989). *Nieblas en el aeropuerto de Sevilla*. Primer simposio nacional de predictores del I.N.M., pp. 295-310.
- Marzol, M.V. (1993). Los factores atmosféricos y geográficos que definen el clima del archipiélago canario. En *Aportaciones en Homenaje al profesor Luis M. Albentosa*. Diputación provincial de Tarragona, Tarragona, pp. 151-176.
- Ministerio de Fomento, AENA. (2001). *Plan Director del Aeropuerto de Tenerife Norte*. Madrid.
- Ministerio de Fomento, AENA: (2007). *Mapas estratégicos de ruido de los grandes aeropuertos. Aeropuerto de Tenerife Norte*, Madrid.
- Morales, C. y Ortega, T. (2002). “La niebla como riesgo”. *Riesgos naturales*. Ariel ciencia, Barcelona.
- OMM (2012). *Guía del Sistema Mundial de Observación*. OMM-Nº 488, Ginebra.
- Pejenaute, J. M. (2006). *Las nieblas y el tráfico aéreo en el aeropuerto de Pamplona*. En Cuadrat, J.M.; Saz, M.; Serrano, S. et al (eds) *Clima, Sociedad y Medio Ambiente*. Publicaciones de la AEC, serie A, nº 5, pp. 817-826.
- Schalkwyk, van L. and Dyson, L. (2013). “Climatological characteristics of fog at Cape Town International Airport”. *Weather and Forecasting*, 28, pp. 631-646.
- Tardif, R. and Rasmussen, R. (2008). “Process-Oriented Analysis of Environmental Conditions Associated with Precipitation Fog Events in the New York City Region”. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, vol 47, pp. 1671-1703.
- Villarrubia, M. (2004). *Energía eólica*. CEAC. Barcelona.
- Westcott, N. and Kristovich, D. (2009). *A Climatology and Case Study of Continental Cold Season Dense Fog Associated with Low Clouds*. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, vol 48, pp. 1671-1703.
- Weymouth, G.; Bonch, T.; Newham, P.; Bally, J.; Potts, R.; Nicholson, A.; Korb, K. (2007). *Dealing with uncertainty in fog forecasting for major airports in Australia*. Fourth International Conference on Fog, Fog Collection and Dew. La Serena, Chile, pp. 73-76.