

LAS NIEBLAS Y EL TRÁFICO AÉREO EN EL AEROPUERTO DE PAMPLONA

Javier M. PEJENAUTE GOÑI
Departamento de Geografía e Historia
Centro Asociado de la UNED de Pamplona

RESUMEN

La disminución de la visibilidad debida a las nieblas invernales de radiación crea problemas en el tráfico aéreo, por lo que es importante su conocimiento y previsión. En este trabajo se pretende contribuir a conocer su formación y predicción en el aeropuerto de Pamplona, a un nivel general, con el estudio estadístico de algunas variables, como la frecuencia de aparición, reducción de la visibilidad y techo de nubes; y a un nivel más concreto, mediante el estudio de las nieblas acaecidas en el invierno 2004-05.

Palabras clave: Nieblas de radiación, inversión, anticiclón, estabilidad, visibilidad, techo de nubes, tráfico aéreo.

ABSTRACT

Because the reduced visibility due to radiation winter fogs creates air traffic problems, it is important to know and be ready for them. This work aims to contribute some knowledge of the way they are formed and forecast at the airport of Pamplona, at a general level through the statistic study of certain variables, such as appearance frequency, visibility reduction or cloud roof; at a more precise level by means of the study of fog episodes during the winter of 2004-05.

Key words: radiation fog, inversion, anticyclone, stability, visibility, cloud roof, air traffic.

1. INTRODUCCIÓN

Las nieblas de radiación, que se forman en la Cuenca de Pamplona, producen una disminución de la visibilidad, y originan problemas de cancelación y desvío de los vuelos. Se trata de un meteoro en el que intervienen procesos complicados que hacen difícil el pronóstico de su aparición, intensidad y duración. Después de una primera aproximación (PEJENAUTE GOÑI, 1993 y 1994), se ha creído conveniente abordar la niebla con una mayor profundidad. Este meteoro ha sido estudiado a un nivel general (PIORNO, 1992; MORALES y ORTEGA, 2002), en el Valle del Ebro (GARCÍA DE PEDRAZA, 1985), en los aeropuertos de Sevilla y Madrid-Barajas (MARÍN DOMÍNGUEZ, 1989; CASTEJÓN y GARCÍA-LEGAZ, 1996) y en la cuenca occidental del Mediterráneo (QUEREDA *et al.*, 2004).

Esta aportación, que se enmarca dentro de la investigación que se realiza sobre las situaciones de riesgo en Navarra, pretende contribuir al conocimiento, formación y predicción de las nieblas

invernales de radiación en el aeropuerto de Pamplona, a un nivel general, con el estudio estadístico de algunos parámetros, como la frecuencia de aparición, la reducción de la visibilidad a varias distancias y el techo de nubes; y a un nivel más concreto, mediante el análisis de los días de nieblas del invierno 2004-05, con la utilización de los mapas del tiempo en superficie y topografías de 850 hPa, 700 hPa y 500 hPa del INM, los resúmenes climatológicos decenales y los radiosondeos de Madrid y Santander (00h y 12h)

2. LA CUENCA DE PAMPLONA ES ZONA DE RIESGO DE NIEBLAS INVERNALES

Entre los Pirineos y la Cadena Divisoria por una parte, y las sierras Exteriores Prepirenaicas por otra, se encuentra la Cuenca de Pamplona, situada a la salida de los Valles Pirenaicos, en cuyo centro se emplaza el aeropuerto. Se trata de una comarca llana, a más de cuatrocientos cincuenta metros de altitud, y rodeada por montañas entre los ochocientos y mil trescientos metros, que reúne buenas condiciones para la formación de nieblas.

El aeropuerto de Pamplona registra una media de diecisiete días de niebla al año (MMA, 2002). El coeficiente de variación anual (0,41), mayor en los meses de noviembre y febrero (0,93 y 0,96), y menor en diciembre y enero (0,65 y 0,83), indica que existe un contraste entre los años de marcado carácter anticiclónico, con muchos días de niebla y vuelos cancelados, y los de dominio de los temporales atlánticos con pocos registros. Los años de más nieblas fueron 1977 y 1975 (35 y 31 días de niebla) y los de menos, 1985 y 1995 (6 días de niebla). Las nieblas comienzan, en octubre y noviembre; aumentan y son más peligrosas en diciembre y enero; desciende su frecuencia en febrero; y se pueden prolongar hasta marzo.

El estudio de su frecuencia de aparición, reducción de la visibilidad a varias distancias y techo de nubes, en distintas franjas horarias (MMA, 2002), da una idea más exacta del alcance de este meteoro en el aeropuerto de Pamplona. El porcentaje de frecuencia de nieblas en enero y diciembre es elevado a las ocho de la mañana (10,9% y 8,6%), disminuye a las diez, si bien un buen número de nieblas permanecen agarradas (9% y 7,1%), y desciende a las once y las doce (6,9% y 5,3%; 4,3% y 4,2% respectivamente)

Se observa alta frecuencia de jornadas de escasa visibilidad en los meses de invierno. Más de un diez por ciento de los días de enero tienen una visibilidad inferior a 3000 m, desde las seis de la mañana hasta las dos del mediodía, y en diciembre, desde las seis hasta las diez de la mañana. Más de un diez, y ocho por ciento respectivamente de los días de enero y diciembre anotan una visibilidad inferior a 1000 m, desde las seis hasta las nueve de la mañana. Más del siete por ciento de las observaciones realizadas en enero y diciembre registran una visibilidad inferior a 400 m, desde las seis hasta las diez de la mañana. Finalmente, la visibilidad inferior a los 200 m supone algo más del cinco por ciento de las jornadas de enero, desde las seis hasta las ocho de la mañana, y en diciembre, desde las seis hasta las siete.

La frecuencia relativa de los episodios de techo de nubes (altura de la base de la capa nubosa más baja) por debajo de 300 m, se sitúa en enero por encima del diez por ciento, desde las seis hasta las trece horas, siendo más elevada en las mediciones de las ocho y las nueve (14,5% y 13,3%); desciende ampliamente en diciembre, situándose entre el seis y el nueve por ciento durante toda la mañana, y mucho más en noviembre, en donde los valores están próximos al cinco por ciento

en el tramo horario comprendido entre las ocho y las once de la mañana. El techo de nubes inferior a 150 m, registra una frecuencia en enero del ocho por ciento, desde las seis hasta las nueve de la mañana, siendo la más elevada a las ocho y a las nueve (10,1% y 9,2%); los valores descienden en diciembre, situándose entre el cinco y el siete por ciento desde las seis a las once de la mañana, y mucho más en noviembre, en donde la mayor frecuencia tiene lugar a las nueve de la mañana (4,2%). El techo de nubes inferior a 60 m, mide una frecuencia en enero y en diciembre entre el tres y el cinco por ciento, desde las seis hasta las diez de la mañana, siendo más elevada en las mediciones de las seis y las siete respectivamente (4,6% y 4,4%).

El estudio simultáneo de episodios de reducción de visibilidad y techo de nubes es interesante a la hora de ver la evolución de las nieblas. En el parámetro 1000 m / 90 m se anota una frecuencia en enero superior al diez por ciento, desde las seis hasta las nueve de la mañana, siendo la más elevada en las mediciones de las seis y nueve (13% y 11,4%); los valores descienden ampliamente en diciembre, entre el siete y el nueve por ciento desde las seis a las diez de la mañana, con máxima frecuencia a las nueve (9,2%), y mucho más en noviembre, en donde la mayor frecuencia tiene lugar a las siete de la mañana (5,3%). En el intervalo 400 m / 30 m se anota una frecuencia en enero superior al siete por ciento, desde las seis hasta las diez, siendo la más elevada a las seis y las ocho (8,4% y 8,1%); descienden ampliamente los valores en diciembre, con máxima frecuencia a las siete de la mañana (7,7%).

3. LAS NIEBLAS DEL INVIERNO 2004-05

El invierno 2004-05 ha sido un período caracterizado por la prolongada presencia de nieblas que comenzaron en la última semana de noviembre, reaparecieron en la segunda semana de diciembre, alcanzaron su punto culminante entre los días 5 a 18 de enero, y finalizaron el 22 de febrero. Se registraron 22 de días de niebla (tres de ellas, cencellada) y 52 de neblina, balance elevado si se consultan los valores históricos. Las crestas tropicales que las originaron presentan tres configuraciones diferentes, que se estudian a continuación.

a. La A1 que obtiene el 31,8% de frecuencia, es la formada en superficie por un anticiclón de orientación zonal, que se extiende desde la Península al Mediterráneo occidental y que adopta diversas variantes. La más frecuente es la formada por dos anticiclones cerrados, uno de ellos centrado en el Mediterráneo occidental, y el otro en el norte peninsular y Europa central. A veces, aparece un sólo centro en el Norte de la Península. Y finalmente, un anticiclón extenso ocupa todo el Mediterráneo occidental. Esta situación da lugar a casi la mitad de las nieblas intensas en la Cuenca de Pamplona, ya que se ve favorecida por la llegada de una ligera brisa húmeda del mar Mediterráneo, que entra vía valle del Ebro, sin encontrar obstáculos.

En la topografía de 850 hPa, lo más frecuente es que la isohipsa 1560 m en noviembre y parte de diciembre, y la 1620 m en enero, cierre un área anticiclónica sobre la Península y el Mediterráneo occidental; la Cuenca de Pamplona se encuentra entre las isoterms 4° y 8°, y en posiciones cercanas hay, a veces, un embolsamiento cálido cerrado de 8°. En el mapa de 700 hPa, las nieblas intensas aparecen con mayor frecuencia, cuando Navarra está comprendida dentro de la isohipsa 3180 m e isoterma 0°, o sea en anticiclones cálidos en altura; y en un número inferior de casos, cuando se encuentra incluida dentro de la isohipsa 3120 m y entre las isoterms 0 y -4°. En la topografía de 500 hPa se observan dos esquemas que favorecen su formación: dorsal con isohipsa

5760 m ó 5820 m que engloba la Península, la más activa, y ligera circulación zonal con Navarra entre las isohipsas 5700 m y 5760 m, la menos fuerte.

Los últimos días de noviembre, sobre todo el día 26, se caracterizaron por la presencia de altas presiones, que dieron lugar a bancos de nieblas persistentes en la Cuenca de Pamplona. Este día, las temperaturas se sitúan entre los 4,2° y los 2,2°; a lo largo del día, se mantienen escasas diferencias entre las temperaturas del termómetro seco y húmedo (0,4° a 0,6°), con ligero aumento al mediodía (0,8°). La presión es alta, entre 975,1 hPa y 976,2 hPa, por lo que el gradiente bórico es débil (1,1 hPa). Viento en calma y ligera brisa, 2 km/h de segundo y tercer cuadrante, que aporta humedad e impide el movimiento del aire.

El sondeo de Santander de las cero horas muestra estabilidad (índice Showalter 5,35 y 6,49 en Madrid a las 12h), debido a la inversión de subsidencia dinámica en altura y a la inversión térmica de las capas bajas, enfriadas por la intensa irradiación nocturna. Isotherma 0° cercana a los 2900 m. La ratio media de mezcla es de 5,46 g/kg en la capa superficial. Viento flojo del suroeste, que aporta humedad en los niveles bajos. En el sondeo de Madrid de las 12h el punto de niebla, temperatura por debajo de la cual se forma niebla, se sitúa en -0,1°, valor fácilmente alcanzable. Las nieblas persistentes afectaron al tráfico aéreo, siendo desviados seis aviones de llegada a San Sebastián y a Vitoria, el primero el de las 8,50 h y el último el de las 21,45 h. Cuatro vuelos de salida con destino a Madrid y Barcelona fueron desviados y cancelados entre las 9,25 h y las 11,55 h.

b. La A2, la más frecuente (40,9%), es la formada por una situación en omega, con una dorsal que se extiende, en dirección meridiana o submeridiana, desde el norte de África hasta Escandinavia o Europa oriental, y que engloba a la Península Ibérica. Dos vaguadas de amplia curvatura, situadas una al Oeste de Portugal, y otra en Europa central y mar Mediterráneo, limitan la cresta por sus lados occidental y oriental respectivamente, e introducen aire húmedo. Esta situación dibuja en superficie normalmente un centro cerrado zonal de 1032 hPa ó 1036 hPa, situado en las Islas Británicas, interior de Francia o Europa central. Mientras la dorsal bloquee la entrada de la vaguada atlántica, las nieblas se mantienen; pero desaparecen cuando ésta se abre camino. Esta situación causa algo más de la quinta parte de las nieblas intensas, debido, sobre todo, a la borrasca oriental que introduce humedad marina en el valle del Ebro.

En la topografía de 850 hPa, la isohipsa 1560 m, abierta o cerrada, se extiende desde el Norte de África hasta el interior europeo; sobre nuestra vertical se aprecia la lengua cálida y Navarra se encuentra con inversión térmica en una zona comprendida entre las isothermas 4° y 8°. En el mapa de 700 hPa, las nieblas son intensas cuando Navarra está cercana a la isohipsa 3120 m y a la isoterma 0°, o sea con dorsales cálidas; cuando aparece la isohipsa 3060 m y hay un embolsamiento frío de -4°, las nieblas disipan al mediodía. En 500 hPa las nieblas se ven favorecidas por una dorsal cálida de orientación meridiana con isohipsa 5700 m e isoterma -20°, de tal manera que un flujo del suroeste aporta aire marítimo y templado en las capas bajas.

Entre los días 13 y 18 de enero de 2005 reaparecieron las altas presiones, siendo el día 14 el que registró nieblas más intensas (figura 1). Con este esquema bórico y en el centro del invierno es normal que las temperaturas sean bajas todo el día, sin apenas oscilación térmica (4,5°), con unos valores máximos y mínimos de 4,5° y 0°; en las cuatro mediciones del día se observan escasas diferencias en las temperaturas de los termómetros seco y húmedo (0,2°). La presión se sitúa

entre los 976,2 hPa y los 972,5 hPa, con gradiente bórico débil (3,7 hPa). Viento en calma y ligera brisa de segundo cuadrante, que oscila entre los 0 y 9 km/h que aporta humedad e impide el movimiento del aire; escaso recorrido diario del viento (124 km).

En el sondeo de Madrid de las cero horas (figura 1) se observa estabilidad, provocada por la inversión de subsidencia dinámica de la dorsal de altura y por la inversión térmica de las capas bajas, enfriadas por la intensa irradiación nocturna (4,6° en superficie; 8,8° en 917 hPa; y 5,4° en 850 hPa). Isotherma 0° cercana a los 2400 m. La ratio media de mezcla es de 4,49 g/kg en la capa superficial (6,63 g/kg en Santander), por lo que la saturación se opera fácilmente. Viento flojo del Este hasta los 950 hPa, del Noreste hasta los 850 hPa (en Santander hasta los 900 hPa), para pasar posteriormente al Oeste. En el sondeo de Madrid de las 12h el punto de niebla se sitúa en 0°, valor fácilmente alcanzable. Cinco vuelos de llegada fueron desviados, dos a San Sebastián y tres a Vitoria, el primero el de las 9 h y el último el de las 21,45 h.

c. La A3, que presenta el 27,3% de frecuencia, es la formada en superficie por un puente de altas presiones que se extiende en dirección zonal o submeridiana desde el océano Atlántico o Península Ibérica hasta Europa central u oriental, con dos centros cerrados, uno situado en el Atlántico o en el interior peninsular, y otro en Europa central. Esta situación es la responsable de algo más de la quinta parte de las nieblas intensas, debido a que, por su orientación zonal o algo submeridiana, llegan vientos húmedos del Sureste por el valle del Ebro.

En la topografía de 850 hPa, lo más frecuente es que la isohipsa 1560 m cierre un área anticiclónica amplia que se extiende desde el Atlántico hasta el mediterráneo o Norte de Francia y que engloba a la Península; sobre nuestra vertical se encuentra una zona comprendida entre las isothermas 4° y 8°. Por lo tanto, aire relativamente cálido por encima de la inversión y frío en el suelo. En el mapa de 700 hPa, se dan las nieblas intensas cuando Navarra está comprendida dentro de la isohipsa 3120 m e isotherma 0°, o sea con crestas cálidas en altura. Y en 500 hPa se observan dos esquemas: dorsal cerrada sobre la Península con isohipsa 5760 m, la más activa, y ligera circulación zonal con isohipsas más bajas, de tal manera que llegan masas de aire templadas marítimas que aportan humedad a las capas bajas.

El día 17 de enero de 2005 fue jornada de nieblas intensas (figura 1). Las temperaturas son bajas todo el día, con unos valores máximos y mínimos de 2,5° y -0,2°. A lo largo del día, las temperaturas de los termómetros seco y húmedo se mantienen al mismo nivel (medición de las 7 h.) o con escasa diferencia. La presión es alta y se sitúa entre los 975,4 hPa y los 971,1 hPa, por lo que el gradiente bórico es débil (4,3 hPa). Viento en calma y ligera brisa, que oscila entre los 0 y 5 km/h de segundo y tercer cuadrante o de dirección variable, que aporta humedad e impide el movimiento del aire; escaso recorrido diario del aire (92 km).

En el sondeo de Madrid de las cero horas (figura 1) se observa una masa de aire de marcada estabilidad (índice Showalter 8,36 y en Santander 9,94), provocada por la inversión de subsidencia dinámica de la cresta de altura y la térmica de las capas bajas, enfriadas por la intensa irradiación nocturna. En las topografías de 908 hPa y 850 hPa se obtiene una temperatura de 10,2° y 7° respectivamente, muy superior a los 3,4° de superficie. Isotherma de 0° cercana a los 2800 m. La ratio media de mezcla es de 3,58 g/kg en la capa superficial, por lo que la saturación se opera fácilmente. Viento muy flojo del Sur y Sureste hasta los 700 hPa (en Santander hasta los 950 hPa), para pasar al Suroeste, a partir de estas topografías. En el sondeo de Madrid de las 12h

el punto de niebla se sitúa en 0°, valor fácilmente alcanzable. Fueron cancelados dos vuelos de llegada, los 9 h y 21,45 h procedentes de Madrid y Barcelona; y desviados ocho vuelos de llegada, cuatro a San Sebastián y otros cuatro a Vitoria, el primero el de las 8,50 h y el último el de las 20,55 h.

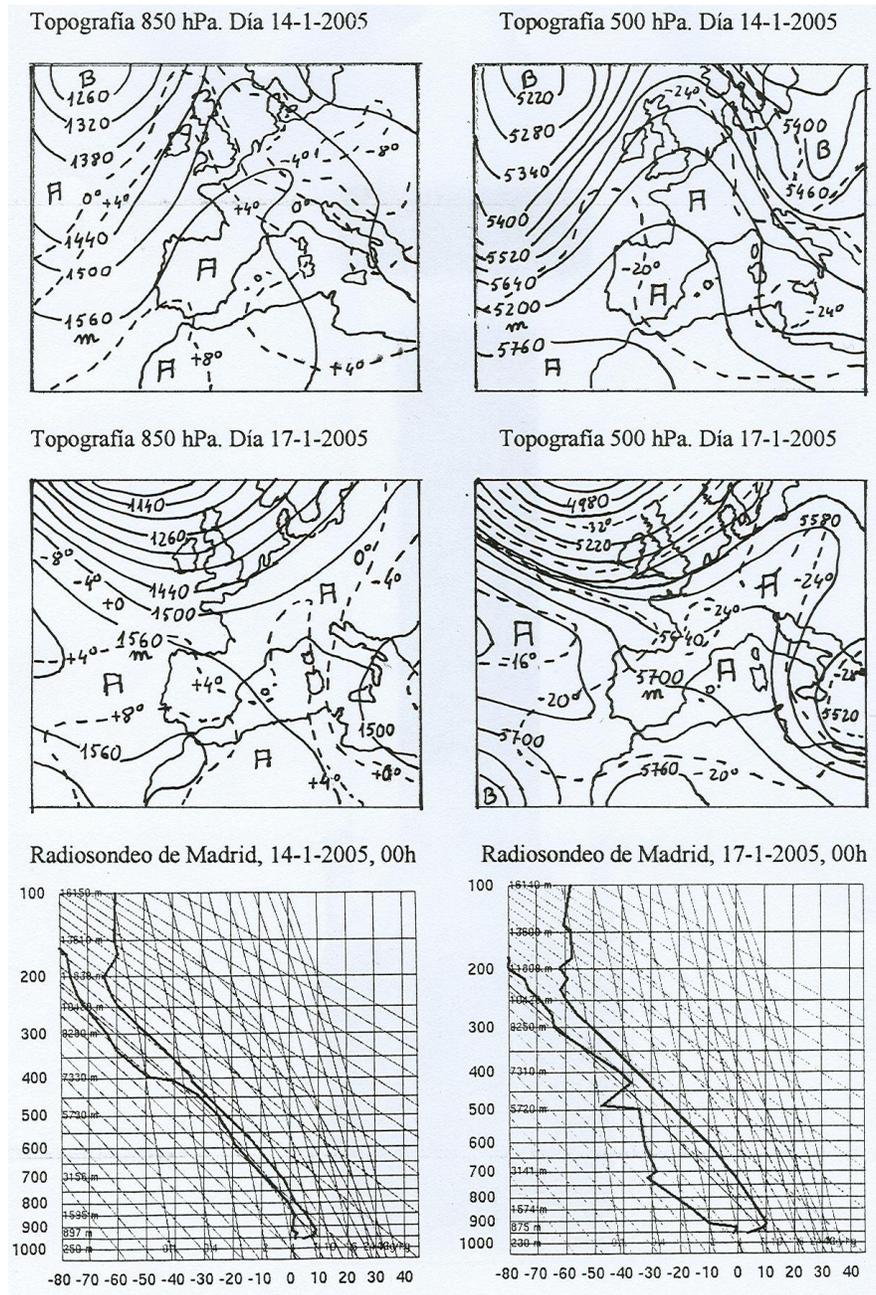


Fig. 1. Topografía de 850 hPa y 500 hPa (12h) y diagramas de Stüve correspondientes a los radiosondeos de Madrid (00h), días 14 y 17 de enero de 2005 (INM)

El estudio de los valores de la temperatura, humedad, presión, viento, nubosidad y visibilidad, en los veintidós días registrados de nieblas matinales y persistentes, permite observar las condiciones en que se originan, fundamentales para su predicción. En los días de niebla se produce una pérdida de calor de la capa inferior del aire por radiación nocturna, por lo que es difícil que la niebla se agarre cuando la temperatura supera los cinco grados. En efecto, en la medición de las 00 horas, el 86% y 72% de los días de niebla, registran temperaturas máximas inferiores e iguales a cinco y tres grados respectivamente; estos valores aumentan a las 7 horas al 95% y 77%, al enfriarse las capas más bajas del aire. Con la radiación solar los valores térmicos se recuperan ligeramente a las 13 horas y sólo el 54% de los días de niebla registra temperaturas máximas inferiores e iguales a cinco grados. Las nieblas con temperaturas inferiores a tres grados disipan tarde. Por la tarde, a las 18 horas, el 59% registra temperaturas máximas inferiores o iguales a cinco grados. Por lo tanto, una jornada típica de nieblas persistentes va asociada a temperaturas máximas inferiores e iguales a tres grados por la noche y la mañana, y ligeramente superiores a dicha cifra, al mediodía y a la tarde. La niebla se disipa cuando se incrementa la temperatura de las masas de aire por un mayor caldeoamiento solar, superando las temperaturas, entonces, los cinco grados.

Las temperaturas mínimas se mantienen en la mayor parte de las jornadas de niebla entre los tres grados bajo cero y los dos por encima de cero. La oscilación térmica es baja en los días de niebla duradera, la mayor parte de las veces, inferior a cinco grados y la tercera parte, a tres grados. En los días de nieblas sólo matinales, aumenta la oscilación a siete y diez grados.

Es cierto que si la masa de aire estancada contiene el vapor de agua suficiente, se condensará sobre ciertas partículas de contaminación industrial y urbana, presentes en la Cuenca de Pamplona, y formará las nieblas. En los días de niebla persistente la capacidad en vapor de agua en superficie en los sondeos de Santander y Madrid de las 00 horas se sitúa entre los 7 y los 8 g/kg (gramos por kilogramo), y 4 y 6 g/kg respectivamente.

También, la diferencia de las temperaturas de los termómetros seco y húmedo en los días de niebla, es un parámetro importante, relacionado con la humedad. Por la noche, la casi totalidad de los días de niebla (95%) presentan una diferencia igual o inferior a $0,6^{\circ}$; dos terceras partes a $0,4^{\circ}$; y una tercera a $0,2^{\circ}$. Los resultados son menores a las 7 horas, de tal manera que la casi totalidad de los días de niebla (95%) obtienen una diferencia igual o inferior a $0,4^{\circ}$ y tres cuartas partes a $0,2^{\circ}$, que se eleva a la casi totalidad en las jornadas de nieblas persistentes. Al mediodía la diversidad es más acusada y el 40,9% anota una diferencia igual o inferior a $0,4^{\circ}$, que se eleva al 66% en los días de niebla intensa; sólo una tercera parte de los días de niebla persistente registra una diferencia igual o inferior a $0,2^{\circ}$. Por la tarde, el 45% anota una variación igual o inferior a $0,4^{\circ}$, que aumenta al 95% en los días de niebla intensa; más de la mitad de los días de niebla persistente miden una diferencia igual o inferior a $0,2^{\circ}$. Por lo tanto, los días de niebla se caracterizan por la escasa diferencia de los valores térmicos de los termómetros seco y húmedo, sobre todo por la noche y por la mañana, siendo también bajos en los días de niebla de larga duración al mediodía y a la tarde.

Los anticiclones en la estación fría son los responsables de la formación de las nieblas, puesto que a la inversión de subsidencia dinámica, derivada de las crestas de altura, se une la inversión térmica en las capas bajas, enfriadas en las largas noches de invierno. A las 00 horas, todas las jornadas de nieblas han registrado alta presión, y más de las tres cuartas partes (40,9%) una

presión, a nivel de la estación, por encima de los 970 hPa y 975 hPa respectivamente, datos superiores a la media anual e invernal (963,3 hPa y 964,8 hPa). Estos valores se mantienen todo el día con pocos cambios, pues el 86% y el 45,5% de los días de niebla presentan una oscilación de la presión diaria inferior a los 5 hPa y 3 hPa respectivamente. Por lo tanto, la alta presión a las 00 horas y su escasa variación a lo largo del día, acompañan a las nieblas.

Los centros de alta presión dan jornadas encalmadas. A las 00 horas, todos los días de niebla anotan una velocidad del viento inferior a los 10 km/h y este dato se mantiene durante las mediciones de la mañana y mediodía, y en el 82% de los casos continúa por la tarde; a las 7 horas y 13 horas, todos los días de niebla tienen una velocidad inferior a los 5 km/h y el 60% se sitúa por debajo de los 2 km/h; y por la tarde, la velocidad aumenta, de tal manera que sólo en la mitad, el viento resulta inferior a los 5 km/h. Muy pocas jornadas de nieblas, el 13%, se dan con viento en calma total. El recorrido diario de viento es pequeño en los días de niebla, en todos los casos y tres cuartas partes inferior a los 200 km y 150 km respectivamente.

Más de las dos terceras partes de las nieblas persistentes se dan con vientos de segundo cuadrante (SE, SSE y S) en todas las mediciones, o con los de dirección variable, que suelen coincidir con suaves bochornos de brisa racheada. Por lo tanto, en los días de niebla, lo normal es que sople viento flojo, ligera brisa, de segundo cuadrante, que arrastra hacia el aeropuerto, la niebla cargada de impurezas, procedentes del Área Metropolitana de Pamplona. Por la mañana, la niebla se espesa en algunas ocasiones, debido a que los rayos del sol producen por convección una débil propagación del aire cálido húmedo hacia el frío próximo al suelo. Si aumenta la fuerza del viento y gira a primer y cuarto cuadrante, cierzo, las nieblas desaparecen.

En los sondeos de Santander y Madrid de las 00 horas y 12 horas, los días de niebla intensa coinciden con ligera brisa del SE, SSE y S en las capas bajas, por debajo de los 850 hPa en unos casos, y 700 hPa en otros, hasta llegar a la inversión de subsidencia, que impide la turbulencia y colabora a la extensión de la humedad por una capa en altura de más de cien metros de espesor. Por encima de estas topografías, el viento se hace más intenso, conservando unas veces la dirección de segundo y tercer cuadrante o rolando al Oeste o Noroeste. Sin embargo, con calma total, la progresión de la niebla hacia zonas más elevadas se hace más difícil, porque entran muy pocas moléculas de aire en contacto con el frío. Por el contrario, si el viento aparece con algo de intensidad, es suficiente para que el aire encerrado bajo la capa de inversión se mezcle con el aire próximo de las capas superiores y se disipe la niebla.

4. CONSECUENCIAS EN EL TRANSPORTE AÉREO

Fueron numerosos los vuelos de llegada y salida cancelados y desviados en el invierno 2004-05. Se cancelaron noventa y cuatro vuelos de llegada, de los cuales algo más de la tercera parte (37,2%) fueron por causas meteorológicas (29,8% por niebla en el aeropuerto de Pamplona, 4,2% por niebla en el aeropuerto origen y 3,2% por hielo o nieve), el 29,8% por requerimientos operativos, el 11,7% por avería, el 6,4% por rotación avión, el 1,1% por restricciones en el aeropuerto de origen, y el 13,8% por otros motivos. De los veintiocho vuelos de llegada cancelados por la niebla, diez fueron en enero, nueve en diciembre, seis en noviembre y tres en febrero. Por tramos horarios, el 46,4%, se canceló entre las 8 y las 10 horas; el 21,4%, entre las

10 y las 12 horas; el 17,8% entre las 12 y las 15 horas; y el 7,2% entre las 15 y 20 horas y entre las 20 y las 24 horas.

Se desviaron ochenta y un vuelos de llegada por causa de la niebla, la mayor parte a Vitoria y San Sebastián (49,4% y 45,7% respectivamente) y muy pocas a Bilbao y Madrid- Barajas (3,7% y 1,2%). Por meses, enero fue el que registró un mayor número de vuelos de llegada desviados (51,8%), seguido de noviembre (34,6%), diciembre (8,6%) y febrero (4,9%). Por tramos horarios, algo menos de la mitad, el 40,7%, fueron cancelados entre las 8 y las 10 horas; el 9,9%, entre las 10 y las 12 horas; el 14,8% entre las 12 y las 15 horas; el 13,6% entre las 15 y 20 horas y algo más de la quinta parte, el 21%, entre las 20 y las 24 horas.

Se desviaron y cancelaron ciento sesenta y seis vuelos de salida, de los cuales el 36,1% lo fueron por causas meteorológicas (32,5% por niebla en el aeropuerto de Pamplona, 2,4% por niebla en el aeropuerto de destino y 1,2% por hielo y nieve en el aeropuerto de Pamplona), el 29,5% por rotación avión, el 17,5% por requerimientos operativos, el 6,6% por avería, el 1,8% por control operacional y el 8,4% por otros motivos. De los cincuenta y cuatro vuelos de salida desviados y cancelados por la niebla, veinte fueron en noviembre, dieciocho en diciembre, quince en enero y uno en febrero. Por tramos horarios, casi la mitad, el 46,3%, fueron cancelados entre las primeras horas y las 10 horas; el 29,6%, entre las 10 y las 12 horas; el 7,4% entre las 12 y las 15 horas; y el 16,7% entre las 15 y 20 horas.

5. CONCLUSIÓN

Las nieblas invernales de radiación, que dan lugar a numerosos retrasos, cancelaciones y desvíos de aviones en el aeropuerto de Pamplona, están asociadas a diferentes situaciones anticiclónicas, que producen una inversión de subsidencia dinámica en altura y otra térmica en las capas bajas, enfriadas en las largas noches invernales en la Cuenca de Pamplona.

Estas dorsales crean las condiciones idóneas, que se manifiestan, entre otras, en las siguientes variables: temperaturas máximas inferiores e iguales a tres grados por la noche y por la mañana, y ligeramente superiores el resto de la jornada; temperaturas mínimas entre los tres grados bajo cero y los dos por encima de cero; oscilación térmica baja, inferior a cinco grados, en los días de niebla persistente; elevada capacidad de vapor de agua en superficie y escasa diferencia de las temperaturas de los termómetros seco y húmedo; alta presión y escasa variación a lo largo del día; recorrido diario escaso de viento, con predominio de las direcciones de segundo cuadrante y variable (SE, SSE, S) por debajo de los 850 hPa en unos casos, y 700 hPa en otros, que impida la turbulencia y colabore en la extensión de la humedad por una capa amplia; y cielo despejado en la medición de las 18 horas de la jornada anterior.

6. AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Meteorología, a la sección de Meteorología del Servicio de Estructuras Agrarias del Gobierno de Navarra, y a la dirección del aeropuerto de Pamplona por facilitarme los datos completos solicitados.

7. REFERENCIAS

- CASTEJÓN, F. y GARCÍA-LEGAZ, C. (1996). *Predicción de nieblas. Aplicación particular al aeropuerto de Madrid-Barajas*. I.N.M.
- GARCÍA DE PEDRAZA, L. (1985). *La Predicción del tiempo en el Valle del Ebro*. I.N.M., pp. 36-47.
- MARÍN DOMÍNGUEZ, J.R. (1989). “Nieblas en el aeropuerto de Sevilla”, *Primer simposio Nacional de Predictores del I.N.M.*, I.N.M., pp.295-310.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (2002). *Valores normales y estadísticos de observatorios meteorológicos principales 1971-2000*. I.N.M., Serie Estadísticas.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (2002). *Climatologías aeronáuticas*. Dirección General del I.N.M. Serie Monografías.
- MORALES, C, y ORTEGA, M^a T. (2002): “La niebla como riesgo”, *Riesgos naturales*, Barcelona, Ariel ciencia, pp. 703-720.
- PEJENAUTE GOÑI, J. (1993). *El clima de Pamplona*. Pamplona. Ayuntamiento de Pamplona, colección Temas Pamploneses, nº 26.
- PEJENAUTE GOÑI, J. (1994). *El tiempo en Navarra*. Pamplona. Gobierno de Navarra, Departamento de Agricultura, Ganadería y Montes, colección Temas de Navarra, nº 12.
- PIORNO HERNÁNDEZ, A. (1992). *Estudio de nieblas de radiación. Modelo de pronóstico de temperaturas de formación*. Universidad de Salamanca, Facultad de Ciencias, Departamento de Física General y de la Atmósfera.
- QUEREDA, J., MONTÓN, E., ESCRIG, J., RUESCAS, A.B., Y MOLLÁ, B. (2004). La previsión de nieblas en la cuenca occidental del Mediterráneo. En: GARCÍA, J.C.; DIEGO, C.; FDEZ. DE ARROYABE, P.; GARMENDIA, C.; RASILLA, D. (Eds.). *El Clima, entre el Mar y la Montaña*, AEC, Serie A, 4, pp. 125-134.