

**FORMACION DE NIEBLAS MARINAS Y SU TRANSFORMACION EN ESTRATOS**  
**Odón Hernández Holgado**  
**INM, Centro Meteorológico Territorial en Cantabria y Asturias,**  
**C/ Ricardo Lorenzo s/n, Santander odon.h@inm.es**

**I.- Introducción**

Las nieblas de verano son en general de advección y se generan por enfriamiento y saturación del aire que circula sobre un área del mar con temperatura inferior a la del aire. Estas nieblas se producen con frecuencia en la costa cantábrica. Dependen para su formación de una conjunción de condiciones entre las cuales destacan:

1.- La estabilidad, que se manifiesta en una débil o moderada inversión de temperaturas próxima al suelo junto con elevadas temperaturas hasta 850 mb.

2.- La existencia de afloramientos de aguas frías en la proximidad de la costa.

3.- La sustitución de una situación anticiclónica por otra en que las bajas presiones relativas de origen térmico peninsular extienden su influencia de forma progresiva a todo el Cantábrico.

Las nieblas de irradiación pueden formarse en los valles, de forma muy frecuente en la cuenca de Oviedo (río Nalón), extendiéndose hacia el este por el valle del río Sella. Estas nieblas se forman el primer día de un periodo que abarca varios días con situación de nieblas. Posteriormente el ascenso de temperaturas impide la formación por irradiación.

Al mismo tiempo que se producen estas nieblas de irradiación, se generan al oeste de Asturias en las cuencas de los ríos Navia y Narcea, nieblas de evaporación.

Sin embargo la mayor trascendencia tanto por su extensión como por sus efectos, la tienen las nieblas de advección o marítimas.

**II.- Afloramientos de aguas frías**

En el año 1998, se identificaron tres casos en los que se tuvo la certidumbre de que las nieblas se desarrollaron a partir de episodios de afloramiento. El caso más completo fue el generado entre los días 3 y 10 de agosto, que derivó en estratos los días 11 y 12.

En la Tabla.-1 se resumen los datos de temperatura, punto de rocío y vientos registrados a 00, 06, 12 y 18 UTC durante el ciclo de días referido. Muestra vientos de componente este más intensos los días 5 y 6, manteniéndose el día 7 aunque disminuyendo.

El día 8 predominan las calmas y los vientos flojos variables y giran al noroeste el día 9. Como ejemplo de la relación existente entre el viento y los afloramientos, el expuesto a continuación mediante la Tabla.-2 y la Fig.1.

DÍA	VELOCIDAD	DIRECCION	VMAX	DMAX
3	5.9	050	27	240
4	7.5	050	42	050
5	21.1	080	65	080
6	18.1	080	51	080
7	17.4	090	42	060
8	11.6	120	29	110
9	16.1	270	39	280
10	4.6	300	24	300
11	4.4	020	27	350
12	4.4	040	22	330

Tabla 2.- Muestra, en la velocidad media del viento en km/h y la racha máxima (VMAX), así como la dirección en grados y la dirección de la racha máxima (DMAX) del periodo entre el 3 y el 10 de agosto de 1998, en Santander. Datos del Observatorio de Santander.

A partir del día 5 los vientos son de componente este sobre la costa de Cantabria favoreciendo el desarrollo de fenómenos de afloramiento.

Días	Horas	00			06			12			18		
		Estaciones	Temp.	Temp. rocío	Viento	Temp.	Temp. rocío	Viento	Temp.	Temp. rocío	Viento	Temp.	Temp. rocío
Día 4	Ribadeo	16,1	14,5	Calma	16,2	16,1	19003	21,6	14,5	01006	19,9	14,7	05006
	C. Busto	14,3	12,7	14007	16,4	14,8	19004	21,4	18,8	05001	19,7	16,9	05005
	Avilés	13,8	13,1	Calma	15,0	13,0	24007	20,8	14,0	05004	20,4	17,0	08005
	C. Peñas	16,7	13,2	17003	17,8	13,7	27003	23,0	15,3	02002	19,8	15,7	07003
	Gijón	15,9	14,8	Calma	15,9	14,8	04004	24,1	16,4	06004	22,9	18,5	07006
	Llanes	15,5	14,2	23002	16,4	15,4	21001	21,6	18,4	05003	22,0	18,4	10008
	Santander	16,8	14,0	19005	15,5	12,8	20007	20,5	14,9	34004	21,3	16,3	33002
Día 5	Ribadeo	16,3	14,8	11003	14,6	14,3	15002	22,3	15,9	04011	21,6	15,5	06009
	C. Busto	19,3	17,1	06004	18,1	16,4	06009	20,1	18,2	05011	19,5	17,6	05011
	Avilés	18,8	18,0	07004	18,5	18,0	09008	20,2	20,0	09010	20,6	19,0	09017
	C. Peñas	18,8	18,0	06002	19,0	18,2	08006	20,9	17,7	09006	19,9	18,7	08008
	Gijón	21,0	19,3	07002	21,0	19,3	06004	24,0	20,1	07009	23,6	20,4	09005
	Llanes	20,9	19,0	07001	18,6	17,3	09005	22,7	21,0	09010	21,7	20,4	11011
	Santander	18,6	18,3	24002	17,6	16,8	21005	22,3	19,9	06008	21,9	19,3	05011
Día 6	Ribadeo	15,4	14,6	08004	14,4	14,3	28002	24,8	16,3	06009	21,6	15,9	08012
	C. Busto	18,2	16,4	06010	18,1	16,3	09007	19,9	17,9	05009	18,8	16,8	06010
	Avilés	18,4	16,4	10010	16,6	16,0	12004	23,2	18,2	09012	21,6	17,0	09010
	C. Peñas	19,1	16,9	08010	18,8	17,7	12010	20,9	18,8	08007	20,2	17,8	08008
	Gijón	20,5	18,8	10002	19,7	18,9	13002	24,9	20,2	07008	24,4	19,0	08004
	Llanes	19,9	18,6	11008	19,7	16,7	10007	23,4	21,5	10007	22,5	20,0	11007
	Santander	18,8	17,2	07005	18,0	16,0	14003	22,2	19,1	06009	21,5	18,0	06018
Día 7	Ribadeo	16,5	15,7	06004	14,8	14,7	24001	24,4	16,7	08014	21,9	17,9	06010
	C. Busto	17,7	15,9	08010	17,4	15,6	Calma	20,6	18,7	07005	19,8	17,9	09010
	Avilés	17,4	15,7	10002	17,2	17,0	Calma	24,8	19,0	06006	23,6	19,0	09009
	C. Peñas	18,8	18,2	12009	18,4	17,8	14010	21,9	19,5	09009	20,9	19,7	09008
	Gijón	19,9	18,4	Calma	17,9	17,4	14001	25,2	20,7	07007	24,7	21,2	08006
	Llanes	18,1	17,1	23003	18,6	17,6	24002	24,8	22,7	09005	23,1	21,6	10004
	Santander	19,9	13,0	22003	18,0	15,8	16002	23,4	18,3	06006	23,2	21,3	06007
Día 8	Ribadeo	17,2	16,9	Calma	19,3	18,8	06001	24,5	19,1	20005	23,5	21,0	07007
	C. Busto	18,6	16,8	Calma	17,8	16,0	Calma	20,7	18,8	09001	21,7	19,8	09003
	Avilés	19,0	16,6	15004	18,0	18,0	Calma	24,6	21,0	03005	23,8	20,0	Calma
	C. Peñas	19,5	19,0	12010	19,9	19,4	13005	23,7	20,5	12004	22,9	20,6	13008
	Gijón	21,0	20,0	Calma	19,9	19,4	Calma	25,9	21,8	35003	25,9	21,4	Calma
	Llanes	20,1	19,3	22002	19,8	19,0	Calma	24,6	23,2	Calma	24,9	23,3	Calma
	Santander	20,4	19,8	09002	19,8	18,5	26004	23,6	20,4	28005	24,4	22,7	30001
Día 9	Ribadeo	20,5	20,0	20007	17,4	17,1	16002	23,0	20,0	34005	22,1	21,4	10004
	C. Busto	19,7	17,8	Calma	18,5	16,7	25010	19,3	17,5	27005	18,8	17,0	28004
	Avilés	22,2	21,0	Calma	20,0	18,0	29005	19,0	18,0	31011	18,8	18,0	30008
	C. Peñas	20,8	19,3	15007	17,6	16,8	26013	18,8	18,3	27011	18,9	17,9	28010
	Gijón	22,0	21,0	Calma	21,1	20,6	13001	24,2	21,1	35003	22,5	19,9	32003
	Llanes	21,2	19,9	23002	20,9	19,9	Calma	22,6	21,2	30007	21,4	20,4	31007
	Santander	21,0	19,4	09005	21,2	19,8	23003	23,8	20,4	35002	21,8	21,2	27010
Día 10	Ribadeo	20,5	20,3	28003	19,6	19,3	20003	22,4	20,9	34005	21,5	20,7	31007
	C. Busto	18,0	16,2	Calma	17,5	15,8	Calma	19,4	17,6	30001	19,1	17,3	Calma
	Avilés	18,0	17,4	Calma	17,2	17,0	Calma	18,4	18,0	Calma	19,2	18,0	06003
	C. Peñas	18,4	17,8	30002	17,6	17,0	22003	19,5	18,9	Calma	19,5	18,5	Calma
	Gijón	20,7	19,9	Calma	19,5	19,0	Calma	22,0	19,6	36002	21,8	19,5	06003
	Llanes	20,5	19,5	Calma	19,7	18,9	28002	21,7	20,5	33002	21,6	20,4	05002
	Santander	20,0	19,1	24006	19,9	19,3	26006	21,2	19,6	26004	21,0	19,5	34004
<input type="checkbox"/> Periodos con Niebla		<b>Temperaturas en rojo</b> Ascensos y máximas del ciclo				<b>Temperaturas en azul</b> Descensos				<b>Vientos en rojo</b> → Terrales <b>Vientos en azul</b> → Marítimos <b>Vientos en negrita</b> → ESTE / Más fuertes			

Tabla.- 1

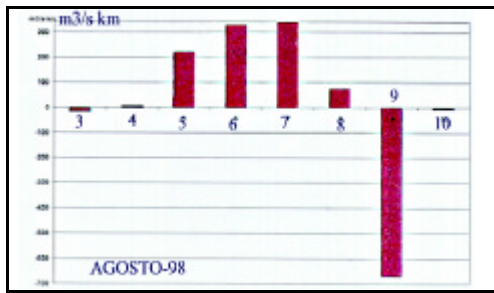


Fig. 1. Índice de afloramiento durante los días 3 al 10 de agosto. Instituto Oceanográfico en Santander, en metros cúbicos por segundo y kilómetro durante los días del ciclo.

En la Fig.1 los afloramientos son positivos hasta el día 8 y negativos con el cambio del viento al noroeste.

En la Fig.2 (Imágenes del Instituto Oceanográfico en Santander), los afloramientos son más fuertes cuanto más al oeste del Cantábrico, donde los vientos de componente este también son más fuertes.

En las imágenes de temperaturas del agua del mar, no se detectan afloramientos en la costa del País Vasco. Los vientos que se registraron en esa zona los días 5,6 y 7 de agosto, cuando eran más fuertes en el resto del Cantábrico, fueron variables, de componente sur por la noche y de componente norte flojos en las horas centrales del día.

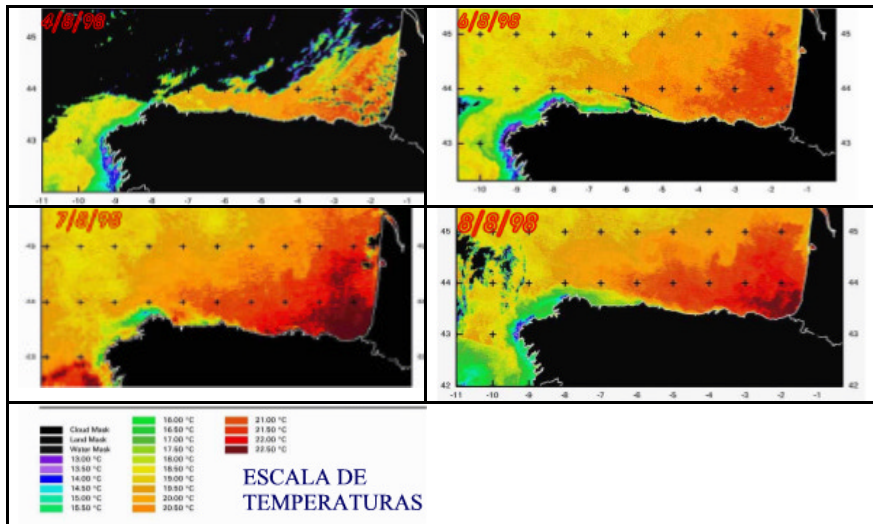


Fig. 2

### III.- Evolución de la situación sinóptica.

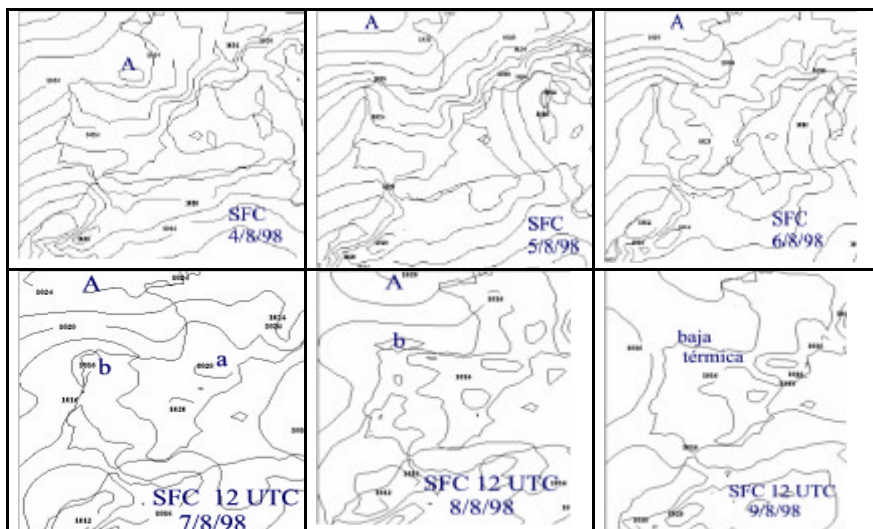


Fig. 3

En la Fig.3, se presenta la situación en superficie a las 12 UTC durante los días del ciclo de agosto de 1998. El anticiclón centrado el día 4 sobre el Cantábrico se desplaza hacia el norte y la baja térmica peninsular ocupa su lugar, primero sobre Asturias y posteriormente abarcando todo el Cantábrico el día 9, disminuyendo la presión: 1032, 1028, 1022, 1016 y 1014 mb, como

respuesta al aumento de temperatura en el estrato superficie-850 mb y al aumento de humedad por debajo de la inversión. Los análisis mesoescalares de la Fig. 4, muestran, como evoluciona la situación a 06 UTC. El núcleo de alta sobre el Cantábrico se desplaza hacia el este, debilitándose y siendo sustituida por una baja térmica que entra por Asturias y se generaliza, pasando de un flujo del sur o sureste a una convergencia de vientos marítimos del nordeste con los terrales muy flojos del sureste. Finalmente el día 9, se produce un cambio al noroeste forzado por la mesoalta debida a las nieblas, situada al norte de Lugo.

**IV.- Aumento de las temperaturas. Características del aire. Inversión térmica.**

La evolución de la situación sinóptica implica un predominio del viento de dirección este y sureste (Fig. 3), con un aumento de las temperaturas el día 6, comenzando por Asturias occidental y desplazándose hacia el este los días 7 y 8 (Tabla.-1, temperaturas en color rojo).

Esta advección de aire cálido y seco produce entre superficie y el nivel de 850 mb, un calentamiento que se refleja en el perfil de temperaturas de los sondeos de Santander, de los días 7, 8 y sucesivos ( Fig.5 ), con una inversión desde la superficie, o a algunas decenas de metros por encima de él ( entre 100 y 200 m), debido al refrescamiento de las temperaturas junto al suelo producido por la presencia del mar.

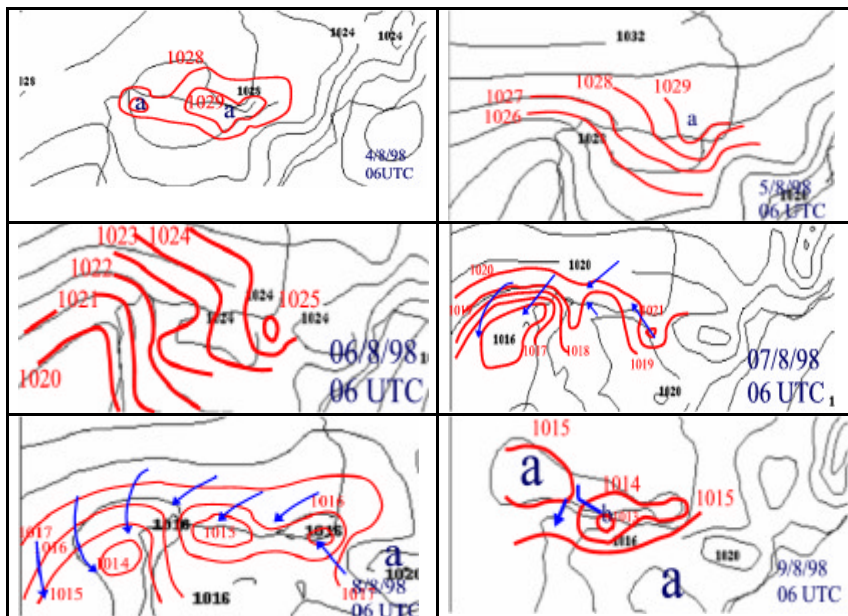


Fig.4

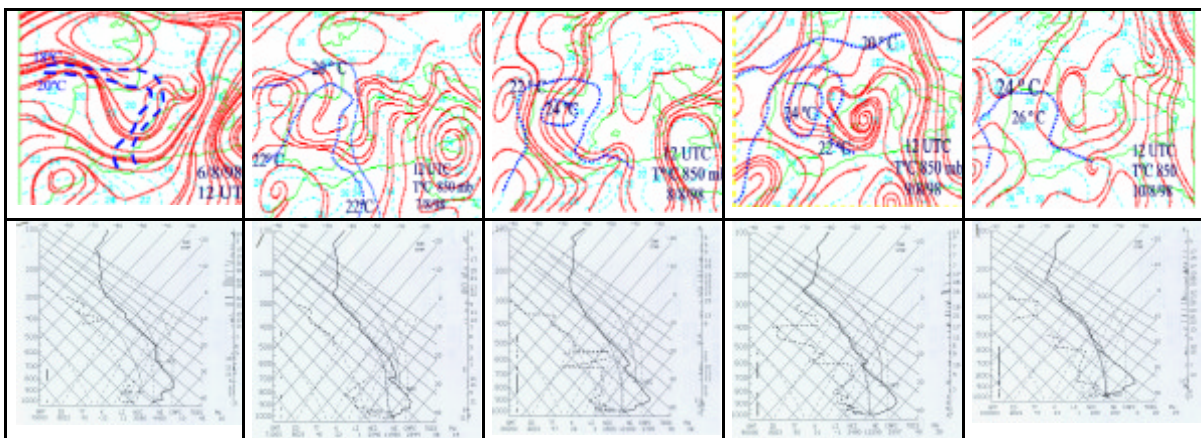


Fig. 5 Advección cálida de temperatura y evolución de los sondeos entre los días 6 y 10 de agosto de 1998

Con las condiciones expuestas hasta ahora: inversión de temperaturas a poca altura sobre el suelo, existencia de afloramientos y cambio en la situación de superficie de anticiclónica a baja relativa, se produce un cambio en las líneas de flujo, tal como se resume en la Fig.7, que es un elemento clave para obtener un esquema sobre la formación de las nieblas de advección.

El día 6 el flujo de aire se mueve de dirección sur girando al este con un recorrido marítimo que sólo genera la niebla cuando alcanza la zona de aguas frías al oeste de Galicia. No se forma la niebla cuando el aire terral pasa sobre los afloramientos fríos próximos a la costa de Asturias y Galicia, con excepción de un banco de niebla al norte de Cabo Peñas, a unos kilómetros de la costa, y que se extiende hasta Estaca de Bares. De la

El día 7 las nieblas se forman en el extremo occidental de Asturias y Lugo y algún banco aislado al norte de Cabo Peñas.

El viento a 06UTC está en calma o es inferior a 1 m/s, excepto en Cabo Peñas en que sopla del SE con una fuerza de unos 5 m/s. Es indispensable la existencia de viento con cierta persistencia e intensidad para que produzca el transporte e intercambio turbulento de calor y la humedad, de modo que el enfriamiento al pasar sobre los afloramientos, no se quede reducido a una tenue zona de contacto.

La temperatura es de unos 17 o 18° C y la de rocío por encima de 17° C, excepto en Ribadeo y Cabo Busto, teniendo en el primero por la presencia de la niebla, una temperatura seca y de rocío casi iguales (14,8 y 14,7 ° C).

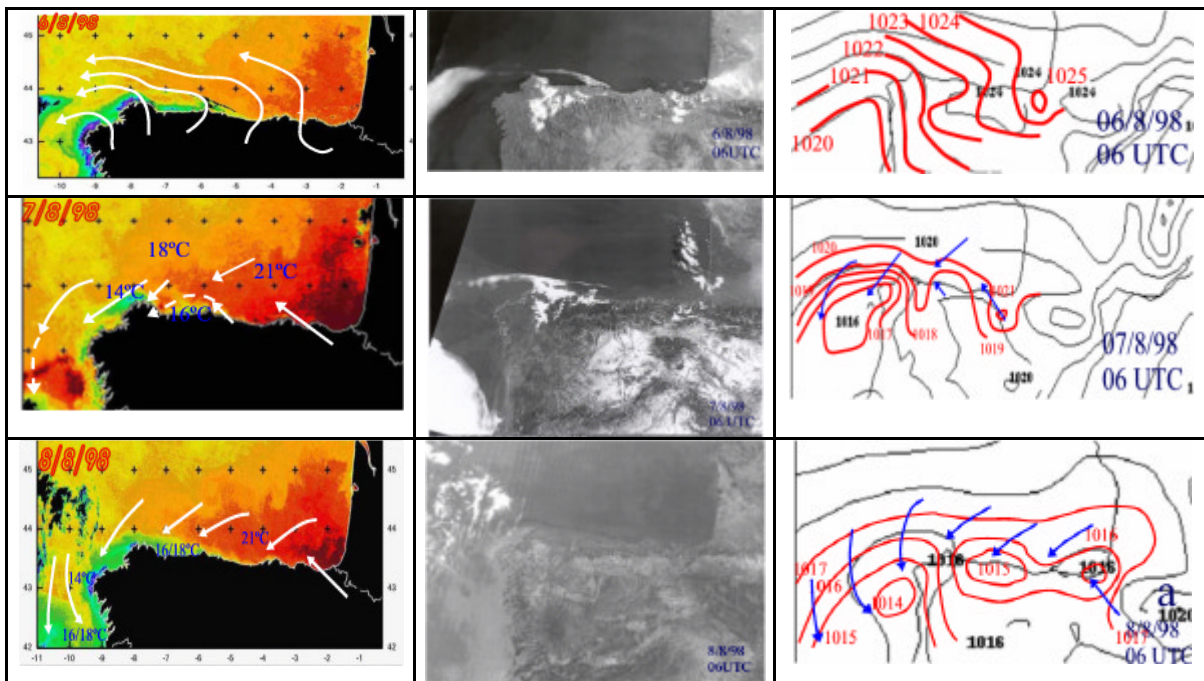


Fig.7

Tabla.-1 a 00 UTC obtenemos un viento en Cabo Peñas de 080° y 5 m/s y a 06 UTC de 120° y 5 m/s. En Llanes entre 100 y 110° y 4 m/s.

Este viento terral del SE, en Cabo Peñas, con temperaturas entre 19 y 20 °C y de rocío entre 17 y 18,5° C, fluye sobre el mar y a algunos kilómetros de distancia forma una niebla de poco espesor sobre un área aislada y muy alargada de aguas relativamente más frías. Este recorrido de algunos kilómetros y la fuerza del viento de 5 m/s constituyen los elementos principales para que se produzca la niebla, aporte de humedad y mezcla en una capa poco profunda. Para vientos flojos, del orden de 5 m/s se requiere una diferencia entre temperatura y punto de rocío inferior a 1° C (Croft *et al.*, 1997).

La aparición de la niebla en esa zona (Fig. 7), se debe a que el flujo marítimo procedente de las altas presiones al norte del Cantábrico converge sobre la zona occidental de Asturias y Lugo. Este aire que viene circulando por aguas más cálidas (entre 21 y 18 ° C), se enfría y satura al pasar sobre los afloramientos fríos del litoral (entre 14 y 16° C) formando la niebla.

El mismo mecanismo de formación es el responsable de la formación de la niebla el día 8, con la particularidad de que la convergencia de vientos hacia la baja relativa sobre el Cantábrico es más extensa, incluyendo la costa occidental de Cantabria.

En Galicia se forman las nieblas junto a la costa cuando la baja de 1014 mb el día 8 obliga a la convergencia de vientos sobre la costa oeste, pasando previamente por aguas más cálidas y finalizando su recorrido sobre los afloramientos fríos. Antes, pese a la existencia de dichos afloramientos, las nieblas no se forman.

Un esquema de formación de estas nieblas de advección es el siguiente (Fig. 8):

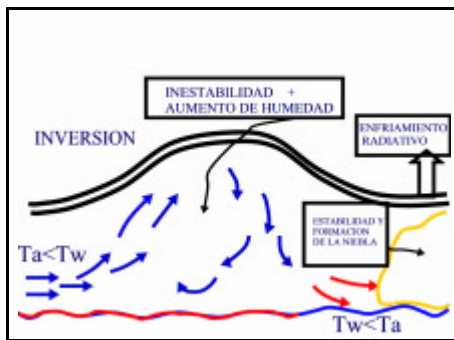


Fig. 8

El aire procedente de latitudes más al norte, fluye sobre agua con una temperatura superior, de modo que se calienta y aumenta su contenido de humedad, por la fuerte evaporación que se produce.

Dentro de los límites marcados por la inversión de temperaturas el aire se vuelve turbulento, produciendo una mezcla, en la que la humedad se reparte en todo el espesor del estrato y la temperatura adquiere un gradiente adiabático. Estaríamos ante una capa marina bien mezclada limitada por una inversión.

El contenido de humedad aumenta en el recorrido sobre el mar y si encuentra una zona de aguas más frías, la estabilización del aire que se genera, así como el enfriamiento, darán lugar a la niebla.

El flujo del viento del nordeste o norte, proveniente de aguas más cálidas, es la clave para la formación de estas nieblas, siempre que se den las condiciones necesarias: existencia de una inversión de temperaturas y afloramientos de agua fría.

Puede ocurrir que la baja presión relativa no se manifieste claramente, aunque sea lo más habitual en verano, pero si la configuración de la presión es tal que implica un flujo de viento del nordeste o norte hacia las aguas frías del litoral, dará el mismo resultado: la formación de la niebla.

La inversión tipo en los sondeos de 00 UTC del observatorio de Santander no es muy fuerte, parte desde el suelo y tiene gran espesor vertical. La temperatura asciende aproximadamente 6° C hasta 1000 m y unos 2 o 3° C en los primeros 400 m.

No se dispone de sondeos en la zona de nieblas al oeste de Asturias. Cuando el día 10 a 00 UTC la niebla está sobre Santander, su sondeo muestra una inversión sobre 300m, aumentando la temperatura casi 2 ° C en 60 m y unos 5 ° C en los siguientes 400m (Tabla.-3).

Alt. m	Temperatura °C	Humedad relativa	Dirección	Velocidad m/s
52	20,4	93	250	4,0
128	19,6	89	257	3,4
185	19,2	91	268	3,2
244	18,7	94	278	3,0
305	18,3	93	289	2,9
366	20,0	79	300	2,7
421	20,9	70	312	2,6
478	21,8	63	324	2,6
529	22,6	55	337	2,5
574	22,9	57	351	2,5
631	23,3	54	005	2,6
691	23,6	52	021	2,7

Tabla.-3

Esta inversión por encima de 300m de altura es el tope de la niebla. Hasta alcanzar esta altura se ha producido un aumento progresivo en el transcurso de los días, debido al enfriamiento radiativo durante la noche y al enfriamiento producido por la mezcla turbulenta. El viento ligero mantiene el suministro de humedad a la niebla y su reparto en toda la profundidad del estrato. La niebla se mantiene hasta que la altura de la inversión sobrepasa los 400 m en que se transforma en estratos, según Leipper, (1948,1968) y Baker (1977) citados por V. R. Noonkester (1978).

El perfil de temperaturas en el estrato entre superficie y 1000 m irá evolucionando según el esquema de formación propuesto y de acuerdo con los datos de los sondeos de Santander tal y como representa la Fig.9.

El gradiente inestable existente dentro de la capa de niebla es importante para el mantenimiento de la misma, al aportar humedad a la mezcla, desde la superficie del mar, siendo ésta una de las consideraciones del modelo cualitativo de Leipper (1948,1968) y posteriormente considerado por Baker (1977) para su modelo numérico bidimensional (V.R. Noonkester, 1978).

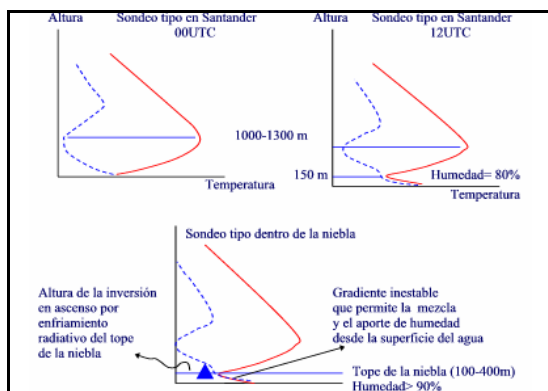


Fig.9

### V.- Disipación de las nieblas

La trayectoria del aire se va modificando a medida que el calentamiento diurno refuerza la baja térmica del interior peninsular, que avanza hacia el norte de Castilla y León, haciendo que las ondulaciones del flujo debido a la alternancia de núcleos de bajas y altas durante la tarde-noche y primeras horas de la mañana desaparezcan, dando lugar a un flujo casi rectilíneo de componente este (Fig. 10).

El viento de componente este moderado (10 kt o más) en las horas centrales del día, produce una mezcla turbulenta que cambia la configuración en las proximidades del suelo elevando la inversión desde el suelo hasta unos 150 metros aproximadamente, generando un gradiente adiabático y una distribución uniforme de la humedad en el estrato (Fig. 11), que es la principal causa de la disipación de las nieblas al mediodía (Fig. 12).

Durante la tarde-noche, la configuración de presiones cambia, generándose las ondulaciones del flujo debidas a los núcleos de altas y bajas, y el ciclo de generación- dispersión de las nieblas vuelve a repetirse (Fig. 10 izq.).

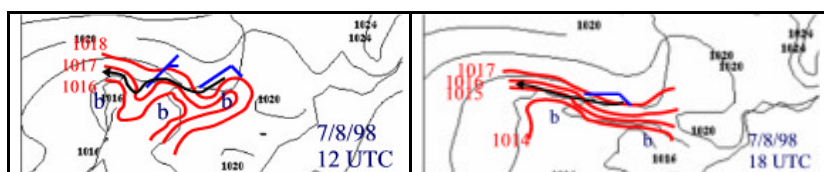


Fig. 10

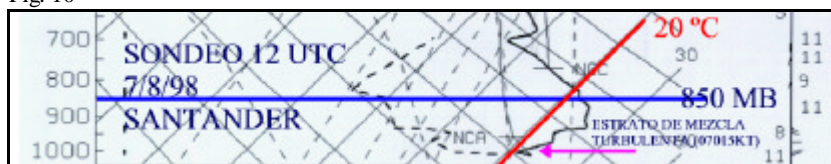


Fig.11

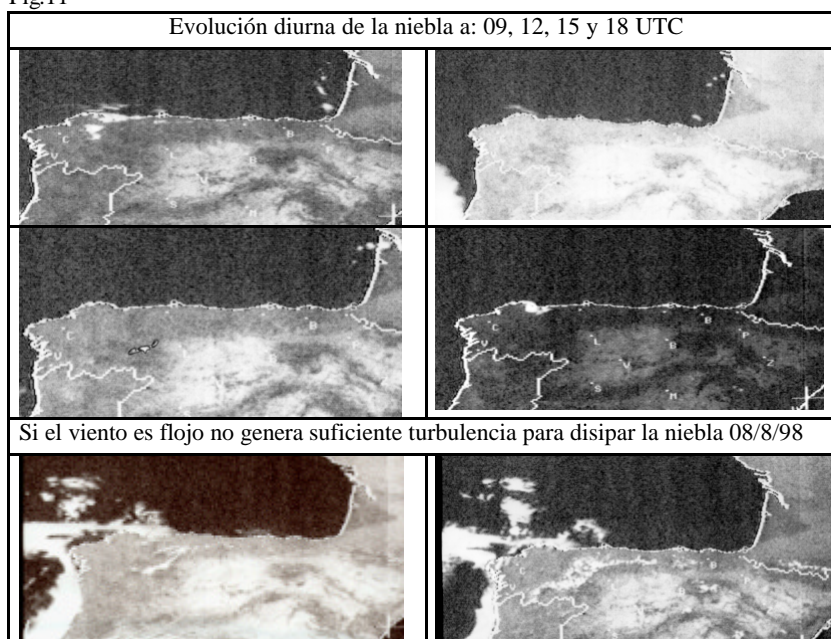


Fig. 12

Como el viento va disminuyendo con el paso de los días (Tabla.-1), en las horas centrales del día comienzan a predominar las brisas suaves y los vientos flojos variables, que no generan suficiente turbulencia como para mezclar el estrato en profundidad y disipar las nieblas que han ido alcanzando mayor espesor al oeste de Asturias (Fig. 12).

En el País Vasco se mantienen las condiciones de ausencia de nieblas de días anteriores.

El día 9 se produce un movimiento de la masa de niebla en conjunto, empujada por el viento de dirección W o NW, generado por la estructura de presiones.

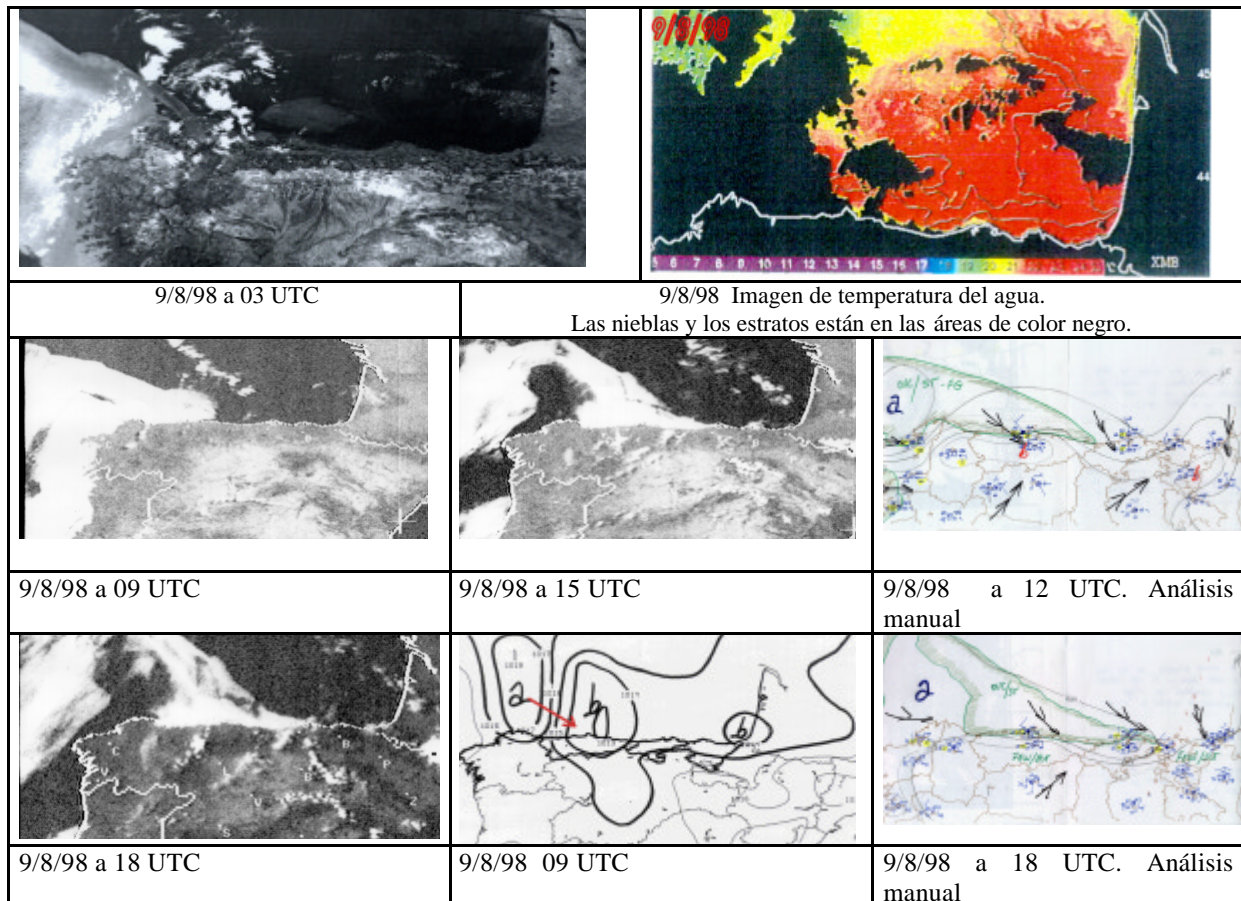


Fig. 15

### VI.- Movimiento de las nieblas.

El análisis PAMIS a 09 UTC muestra una estructura con dos núcleos: una mesoalta al norte de Lugo y una mesobaja al norte de Asturias, dentro de una amplia zona de bajas presiones sobre el Cantábrico.

El día 9 la estructura mesoescalar con una baja tan amplia sobre el Cantábrico y el alta sobre la niebla hace que predominen los vientos del oeste en Asturias y del suroeste en el resto, no existiendo la convergencia de los vientos en la dirección alta-baja de los días anteriores. Esto impide que se forme la niebla sobre los afloramientos fríos de la costa de Cantabria y solamente haya brumas a 06 UTC.

En el litoral de Asturias los vientos son del NW de unos 10 kt, sin embargo el Observatorio de Oviedo (20 km hacia el interior) registra un viento del NE inferior a 5 kt. La niebla se desplaza a una velocidad de 10 kt aproximadamente.

La niebla alcanza la costa oriental de Cantabria. Se registran vientos de 10 kt en todo el litoral de Asturias y Cantabria. En Oviedo se mantiene el viento del NE con unos 10 kt.

Sobre la niebla (Fig.16) existe una cuña anticiclónica de 1014 mb y la extensión horizontal en la parte más ancha de la zona de nieblas es de unos 100 km. La extensión vertical, según la altura de la inversión en el sondeo de Santander a 12 UTC, es de 167 m sobre Santander. Puede esperarse que sobre Asturias la extensión vertical sea superior. El cálculo aproximado (ya que no se dispone de sondeo en Asturias), puede hacerse



suponiendo que la altura de la inversión del sondeo de 00UTC del día 10/8/98 en Santander, va a ser similar a la que 12 horas antes había en Asturias, ya que ha habido un desplazamiento de toda la masa de niebla hacia el este. El espesor vertical sería podría ser superior a los 300 metros sobre Asturias. La niebla alcanza la costa oriental de Cantabria y de forma local, en forma de bancos, la costa oriental de Vizcaya, hasta Cabo Machichaco. En el resto de la costa del País Vasco las observaciones sólo cifran bruma y estratos en Monte Igueldo a 06 UTC del día 10. En Fuenterrabía a 05 UTC cifran estratos a 1100 pies (unos 400 m) de altura. La niebla en su movimiento hacia el este, circula sobre aguas de afloramientos fríos costeros en Cantabria y aguas más cálidas en el País Vasco.

Cuando se mueve sobre aguas más cálidas se produce, calentamiento, aumento de humedad por evaporación e inestabilidad. El viento suave de 5 m/s genera la mezcla suficiente para producir un gradiente inestable, aumentar la altura de la inversión y transformar la niebla en estratos cuando el tope de la inversión se aproxima a los 400 m, produciéndose a la vez un proceso de disipación que le da la forma a la masa de niebla, en su avance hacia el este.

La disipación de las nieblas en algunas zonas se produce cuando el calentamiento del aire en contacto con la superficie del mar con temperaturas más elevadas y el aumento de humedad generan una convección térmica que da lugar a desarrollos nubosos dentro de la niebla, que aparecen de forma dispersa o aislada. En los alrededores de estas zonas se produce un flujo subsidente más seco. Este proceso disipa los estratos más rápidamente de lo que pueden volverse a formar con el aporte de humedad e inestabilidad térmica (James W. Telford y Steven K. Chai, 1993).

Una mezcla de niebla y estratos se observa en Santander durante la madrugada del día 10. En el mismo periodo en Bilbao e Igueldo cifran bruma y estratos. El paso de la niebla se registra como si de un frente frío se tratara: la presión aumenta 0,4 mb,

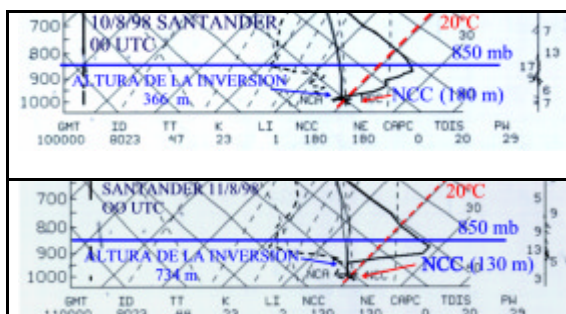


Fig- 18

la humedad relativa se incrementa en un 15% , la temperatura baja unos 3° C y el viento aumenta de 2 a 5m/s, cambiando su dirección al oeste. Se asemeja al caso expuesto por V. R. Noonkester (1979) en la baja California .

### VII.- Transformación de las nieblas en estratos

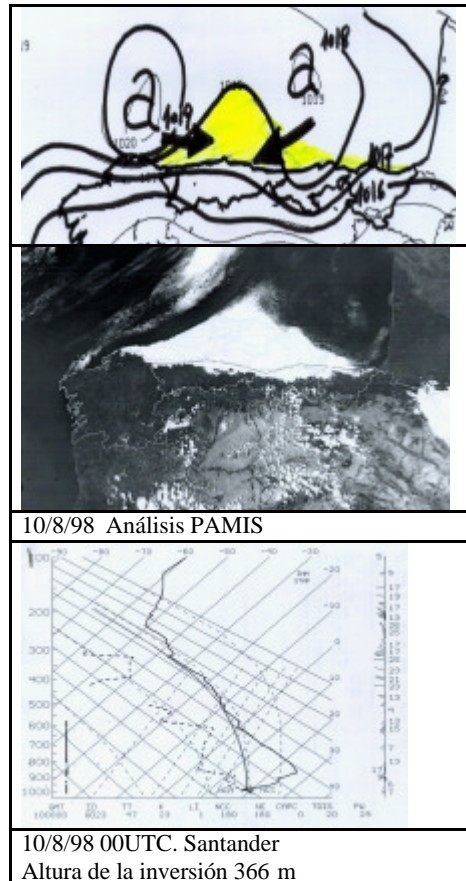


Fig. 17

La Fig.17, muestra la masa de nieblas transformándose progresivamente en estratos a medida que la inversión asciende de nivel, debido a la mezcla turbulenta que enfría cada vez más la base de la inversión y al enfriamiento radiativo del tope de la niebla. La elevación de la altura de la inversión junto con la mezcla turbulenta que disminuye la humedad junto al suelo, transforma la niebla en estratos, que se forman a partir del nivel de condensación.

### VIII.- Conclusiones

Las nieblas de advección en verano se generan por enfriamiento y saturación del aire que circula sobre un área del mar con temperatura inferior a la del aire y dependen para su formación de una conjunción de condiciones entre las cuales destacan:

1.-La estabilidad, que se manifiesta en una débil o moderada inversión de temperaturas próxima al suelo junto con elevadas temperaturas hasta 850 mb. Esta inversión proviene de la subsidencia del anticiclón situado al norte de la Península combinada con una advección cálida y seca debida al flujo suave de aire, proveniente del sur, que alcanza el Cantábrico y provoca un ascenso de temperaturas en el estrato superficie-850 mb. Junto al suelo las temperaturas se mantienen más frescas en el litoral por la presencia del mar, generando la inversión.

En altura, en el nivel de 500 mb, existe una amplia dorsal.

2.- La existencia de afloramientos de aguas frías en la proximidad de la costa, que se producen cuando soplan vientos de componente este durante uno o más días, desplazando las aguas costeras superficiales hacia la derecha (alejándose de la costa), surgiendo aguas profundas junto a la costa, de menor temperatura. La cantidad de agua aflorada depende de la dirección del viento y su intensidad. A mayor intensidad corresponde un mayor afloramiento y cuando la dirección es paralela a la costa ( 090°-este) también se incrementa.

3.- La sustitución de una situación anticiclónica por otra en que las bajas presiones relativas de origen térmico peninsular extienden su influencia de forma progresiva a todo e Cantábrico.

El desplazamiento hacia el norte del anticiclón situado inicialmente próximo al Cantábrico, permite su sustitución por la baja térmica peninsular que afecta a Asturias primero y al resto del Cantábrico después. Hacia este núcleo de bajas presiones durante la noche, convergen vientos procedentes de la zona marítima donde se encuentran las altas presiones y una brisa terral muy débil (en general inferior a 1 o 2 m/s ). Este aire marítimo al discurrir sobre aguas relativamente más cálidas que las procedentes de los afloramientos, eleva su temperatura y contenido de humedad, de forma que cuando llega a la zona de aguas frías próxima a la costa, se enfría y satura produciendo la niebla. Los vientos procedentes de esta dirección, nordeste o norte, y por tanto de aguas cálidas, son claves para la formación de la niebla cuando las condiciones de existencia de afloramientos e inversión de temperaturas se cumplan.

El viento diurno, de mayor intensidad en las horas centrales del día, disipa la niebla, cuando ésta es de reciente formación (primer y segundo día), y no lo logra cuando se ha incrementado su espesor con el paso del tiempo por enfriamiento del tope de la capa de nieblas, debido a la mezcla turbulenta y al enfriamiento radiativo durante la noche. También la presencia de áreas más extensas de aguas frías en la

costa occidental de Asturias, así como sus menores temperaturas permite la persistencia de las nieblas que adquieren mayor espesor con el transcurso de los días.

La disminución del viento da lugar a dos efectos, uno de ellos se manifiesta en la dificultad para la disipación de la niebla durante el día, y otro en forma de una brisa terral muy débil durante la noche que impide la formación de la niebla sobre el afloramiento frío costero debido, sobre todo, a la ausencia de mezcla necesaria para que el enfriamiento y saturación se extiendan a un cierto espesor , que en caso contrario se limitarían a una fina capa más próxima a la superficie del agua.

Esta situación de nieblas costeras llega a su fin por varias razones, siendo la fundamental un cambio de viento al cuarto cuadrante, ya sea por la presencia de un frente frío de verano, que trae vientos del NW por delante o debido a la estructura mesoescalar que genera la propia niebla, creando un alta sobre la niebla, en la parte más espesa, al oeste de Asturias, y por el contrario una baja relativa al este del cantábrico. Esta situación de presiones da lugar a vientos del NW ( superior a 10 kt) que arrastran la niebla hacia el este y producen un aumento del proceso de mezcla turbulenta, enfriando las capas superficiales y transmitiendo el enfriamiento hacia arriba, levantando la inversión y dando lugar a una capa inestable que convierte de forma progresiva la niebla en estratos.

El País Vasco no está afectado por este tipo de nieblas, excepto cuando en su movimiento alcanzan la costa oriental de Vizcaya, transformándose progresivamente en estratos más al este.

#### **BIBLIOGRAFÍA**

- MORAN, F. (1944): Apuntes de Termodinámica de la Atmósfera  
PETTERSSEN S. (1938): On the cause and the forecasting of the California fog. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* , 19, 49-55  
NOONKESTER V.R. (1979): Coastal Marine Fog in Southern California. *Mon. Wea. Rev.*, 107, 830-851.  
CROFT P.J.,R.L. PFOST, J.M. MEDLIN y G.A.  
JHONSON (1997): Fog Forecasting for the Southern Region: A Conceptual Model Approach. *Wea. and For.*, 12. 545-556.  
LEIPPER D.F. (1994): Fog on the U.S. West Coast: A Review. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 75, nº2, february 1994.  
PILIÉ R.J., E.J. MACK, C.W. ROGERS, U.KATZ y W.C.  
KOCMOND (1979): The Formation of Marine Fog and the Development of Fog- Stratus Systems along the California coast. *J. Appl. Meteor.*, 18, 1275- 1286.  
CHO YANG-KI., MOON-OUK KIM y BYUNG-CHOON KIM (2000): Sea Fog around the Korean Peninsula. *J. Appl. Meteor.*, 39, 2473-2478  
TELFORD J.W. y S. K. CHAI (1993): Marine Fog and Its Dissipation over Warm Water. *J. Atmos. Sci.*, 50, n ° 19, 3336-3349.