

ENTORNOS SINOPTICOS EN LA OCURRENCIA

DE NIEBLA EN LIMA

Nelson Quispe Gutiérrez
Jorge Chira La Rosa

Dirección de Meteorología Sinóptica - Dirección General de Meteorología
Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – SENAMHI
Cahuide 785, Jesús María – Lima 11. Fax 265-8798

nquispe@senamhi.gob.pe
jchira@senamhi.gob.pe

ABSTRACT

The present article describes the case of fog that ocured between May 17 to 21Th 2003. We used horizontal visibility observations from Jorge Chávez International Airport in Callao, during may 2003. These observations were analyzed with the predominant synoptic conditions before, during and after the event occurrence. In order to analyze the synoptic surroundings of high and low troposphere, we used the regional model Eta/SENAMHI during the experiment.

The fog episodes were followed by the persistence of southerly wind in low levels of the troposphere (950 hPa) and a deep trough located at middle and high levels (500 and 200 hPa), associated to the cold advection towards the Peruvian coast induced by the decrease of thicknesses of 500/1000 hPa. The fog began to form at 0600 Z and it dissipated around the 1500 Z, in some isolated zones light drizzles appeared caused by the west wind persistence that induced a slight instability.

RESUMEN

El presente trabajo describe un caso de niebla ocurrido del 17 al 21 de Mayo del 2003. Se realizaron observaciones de visibilidad horizontal en el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez del Callao, durante el mes de mayo del 2003; estas fueron analizadas con las condiciones sinópticas prevalecientes antes durante y después de la ocurrencia del evento. Para analizar los entornos sinópticos de alta y baja tropósfera se utilizó el modelo regional Eta/SENAMHI en las fechas mencionadas.

Los episodios de niebla fueron precedidos por la persistencia del viento meridional del sur en niveles bajos de la tropósfera (950 hPa) y una profunda vaguada en niveles medios y altos (500 y 200 hPa), asociados a la advección fría hacia la costa peruana, inducido por decaimiento de espesores de 500/1000 hPa. La niebla empezó a formarse de las 06:00 Z y se disipó alrededor de las 1500 Z, en algunas zonas aisladas se presentó ligeras lloviznas por la persistencia de viento del oeste que indujo una ligera inestabilidad.

I. Introducción

Conocer los mecanismos físicos y los entornos sinópticos en la evolución de las nieblas en Lima son de gran importancia, por que ellos constituyen un factor limitante en las actividades de transporte (aeronavegación, tránsito terrestre y marítimo), además conllevan al incremento de las afecciones respiratorias, en desmedro de la salud de la población infantil y del adulto mayor, principalmente. Sin embargo, la presencia de nieblas en el litoral peruano representan también, una manera no convencional de captar agua, así como permiten el mantenimiento de los ecosistemas de lomas costeras. En tal sentido, el pronóstico de nieblas es un factor importante para la planificación de las actividades en los sectores socioeconómico y ambiental de la población.

La ocurrencia de nieblas en Lima ha ocasionado en varias oportunidades el cierre del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, incluso se han reportado accidentes aéreos en el país, producto de la reducción de la visibilidad por la formación de nieblas y neblinas con consecuencia de pérdidas de vidas humanas. (Caretas, N°1755, Enero 2003).

Nuestro objetivo es determinar las condiciones físicas y los entornos sinópticos que favorecen la formación y evolución de la niebla en Lima, con la finalidad de monitorear y alertar oportunamente acerca de la ocurrencia de este evento.

Según Eichenberger citado por Anchayhua (2001), la niebla es el fenómeno producido por la presencia de numerosas gotitas de agua (algunas veces cristales de hielo), en suspensión. La diferencia entre neblina y niebla se establece mediante un criterio de visibilidad, en la cual si la visibilidad es superior a 1 Km se considera neblina y si es inferior a 1 Km. se considera niebla.

La corriente fría de Humboldt regula la temperatura del aire debajo de los 610 m.s.n.m., la cual produce una capa límite marítima que no supera las 20 millas marinas tierra adentro, de acuerdo a Gilford et. al (1992)

La intensificación del Anticiclón del Pacífico Sur (APS) intensifica los vientos alisios que a su vez intensifica el afloramiento costero y si éstas son más frías que la región donde se traslada establecerá inversión térmica. En las zonas costeras es conocida como la Inversión de los Alisios. Así también establecen un gradiente térmico entre el mar y el continente.

Cuando el flujo marino del anticiclón atraviesa la superficie rugosa de la costa desértica, se produce una turbulencia atmosférica mecánica que tiende a igualar el contenido de vapor de agua en la capa, llegando el aire a saturarse a cierta distancia por debajo de la capa de fricción, dando lugar, según Gómez (1978) a la condensación en un nivel por encima del suelo, el cual se conoce como " Nivel de condensación " este nivel se incrementa entre la base de la inversión térmica o inversión de subsidencia y la base de la nubosidad tipo estratiforme predominante.

Según el COMET (Cooperative Program for Operational Meteorology and Training) de los Estados Unidos, la formación de niebla puede ser inminente cuando la temperatura del punto de rocío se aproxima a la temperatura de la superficie del mar.

Pinche L. (1986), menciona que el flujo del aire del Anticiclón del Pacífico Sur que se desliza sobre aguas cada vez más frías a medida que se acerca a la costa, se enfría y en consecuencia, la humedad relativa aumenta, creando las condiciones propicias para la formación de nubosidad estratiforme y nieblas típicas a lo largo de la costa.

Según Gilford et. al (1992), la capa de subsidencia puede extenderse a 111 kilómetros fuera de la costa y alcanzar

alturas hasta los 1830 m.s.n.m. La capa de inversión es precursora de la formación de nubosidad tipo estratiforme, niebla, neblina y ligera llovizna conocida como "garúa". El gradiente térmico vertical y espesor de la inversión térmica varía mes a mes. Su penetración tierra adentro, también fluctúa en el periodo diurno aún si no hay presencia de brisa marina.

Gilford, et, al (1992) citado por Anchayhua (2001), menciona que durante los meses de noviembre a marzo, ocurren nieblas por radiación frecuentemente entre las 23 y 08 hora local (HL), a lo largo de las laderas occidentales de la cordillera occidental de los Andes centrales de América del Sur; los vientos ligeros y cielos claros pueden disminuir las visibilidades por debajo de 3 millas entre las 04 y 07 HL. La visibilidad entre 4 y 6 millas, es común con una frecuencia con neblina ligera en los bordes de los grandes lagos, neblina espesa con visibilidad por debajo de 1 milla es posible en áreas bajas.

Anchayhua (2001), en un estudio sobre "Análisis Climático y Sinóptico de las nieblas en el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez" concluyó que el mayor número de casos se localizan entre las 06 y 08 HL, siendo las 07HL la que presentó 203 casos; formándose las nieblas entre las 22 y 05 HL, para disiparse entre las 09 y 12 HL, no se presentó ningún caso entre las 13 y 16 HL. A nivel mensual, las nieblas se presentan entre diciembre y octubre, con máximas entre marzo y junio; con valor hasta de 3 casos/año en abril. En noviembre, no se presentó ningún caso a nivel estacional. El mayor número de casos se presentó en otoño y verano con 166 y 126 casos respectivamente. Mientras, que en la primavera presenta más casos que en invierno; con 22 casos y 14 casos. Con una máxima hora que ocurre a las 07 HL en las cuatro estaciones a nivel interanual, las nieblas presentan un máximo de 41 casos/año en 1989, y un mínimo de 1 caso/año en 1969 y 1992.

Según Shaffer (NOAA), los casos más frecuentes de niebla, ocurren como resultado del enfriamiento del aire en contacto con la superficie terrestre. Tal enfriamiento puede ser debido a (1) pérdida de calor del suelo por la radiación terrestre de onda larga debido a cielo despejado, (2) pérdida de calor por aire caliente que circula sobre una superficie fría, y (3) expansión adiabática del aire que circula sobre una pendiente de terreno hacia una elevación superior. Las nieblas de radiación son altamente sensitivas a la turbulencia. Las nieblas advectivas de otro lado pueden resistir fuerte turbulencia si el grado de enfriamiento es relativamente alto.

Según Pettersen (1956), la niebla advectiva es producida por el transporte de masas de aire húmedo sobre una superficie fría, provocando el enfriamiento de los niveles superficiales hasta el punto de rocío. La máxima frecuencia de niebla advectiva, se presenta con una velocidad del viento, bajo tales condiciones, la niebla es relativamente superficial y estable caracterizada por una inversión superficial.

Es relativo hablar de nieblas de radiación, nieblas de advección y nieblas orográficas respectivamente, ya que raramente uno observa una niebla producida sólo por un proceso. La mayoría de las nieblas se forman por procesos interrelacionados, aunque uno de ellos puede ser el predeterminante. La advección de aire cálido sobre una superficie fría, precedida por enfriamiento nocturno, es la combinación que ocurre con frecuencia, (Pettersen, 1956). Cuando una inversión está presente a cierta distancia arriba del agua, la capa debajo de la inversión se llenará de vapor y se formará niebla suficientemente densa.

Según Shaffer (NOAA), los episodios de niebla ocurren mayormente durante el otoño e invierno austral. Cada episodio es caracterizado por varios estados: desarrollo o preconditionamiento, formación, crecimiento y madurez y disipación. Esta situación es posible ser monitoreado en una

escala sinóptica y típicamente dura de 5 a 15 días.

Durante la fase de acondicionamiento el sistema de alta presión subtropical se mueve tierra adentro y causa un evento cálido, caracterizado por aire seco que fluye cuesta abajo de las colinas costeras hacia el mar, limpiando la capa límite marítima.

El humedecimiento de la capa límite conduce a la formación de niebla. La niebla se profundiza durante su estado de crecimiento.

Durante su disipación la base de la niebla se eleva y la masa de nube residual pasa a ser nubes estratos, los subsecuentes vientos costeros pueden disipar los estratos.

II Datos y Procedimiento

En el estudio se utilizó los análisis de las corridas del modelo regional Eta/SENAMHI, que corre operativamente en el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), éste es un modelo hidrostático de área limitada que emplea la coordenada vertical ‘Eta’ (η) que es una generalización de la coordenada sigma (Mesinger, 1984).

Las condiciones iniciales y de borde son tomados de la corrida de las 0000 UTC del modelo global GFS (ex AVN) del National Center for Environmental Prediction (NCEP) de Washington con intervalos de 6 horas. Los análisis y pronóstico son realizadas una vez al día con 48 Km de resolución horizontal y 10 niveles en la vertical (1000 950 925 850 700 500 400 300 200 y 100 hPa).

El análisis de las condiciones atmosféricas fueron realizadas durante el mes de Mayo (etapa de transición a invierno), para ello se contó con el modelo regional Eta/SENAMHI y observaciones sinópticas de la estación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez (Lima) e información climática de neblinas.

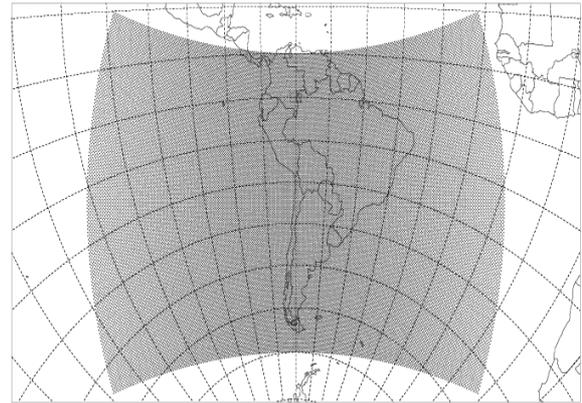


Figura 1: Dominio y Resolución de la grilla del modelo Eta/SENAMHI (Dominio Sudamérica)

III Antecedentes de influencia de la Niebla

Una de las formas de aprovechamiento de la niebla, es la captación del agua de la misma por un mecanismo llamado “Atrapa nieblas”, que es una malla entrelazada que condensa la niebla y colecta el agua. Según el Servicio Nacional de Meteorología (SENAMHI), durante el mes de agosto del año 2000, se colectó más de 70 litros de agua en la localidad de Lomas de Lachay, norte de Lima. El año 2000 se caracterizó por ser año Niña, presentando la temperatura superficial de agua de mar del Pacífico Tropical mas fría de lo normal y ello contribuyó al incremento de la frecuencia de ocurrencia de neblinas y nieblas en la costa peruana. Como se observa en la figura 2, la forma de almacenamiento de agua, producto de la niebla. También se muestra el almacenamiento total mensual de los años 1999 y 2000, donde se observa importantes diferencia en los meses de invierno.

Según el Ministerio de Salud (MS), durante el año 2000, el 11% de las causas de muerte en el Perú fueron la Influenza (gripe) y la Neumonía, que estuvieron asociados a altas concentraciones de humedad proveniente de las neblinas y nieblas, que contribuyeron a un aumento de estas Infecciones Respiratorias Agudas (IRAS). Ver Figura 3.

Así también, el Ministerio Transportes y de Comunicación (MTC) registró durante el

año 2000, que el 16 % de las causas de accidentes de tránsito se debió al mal tiempo, una de estas causas fue la escasa visibilidad horizontal asociada a las nieblas.

Ello contribuyó a la mayor frecuencia de accidentes de tránsito en horas de la madrugada y las primeras horas de la mañana. Ver Figura 4.

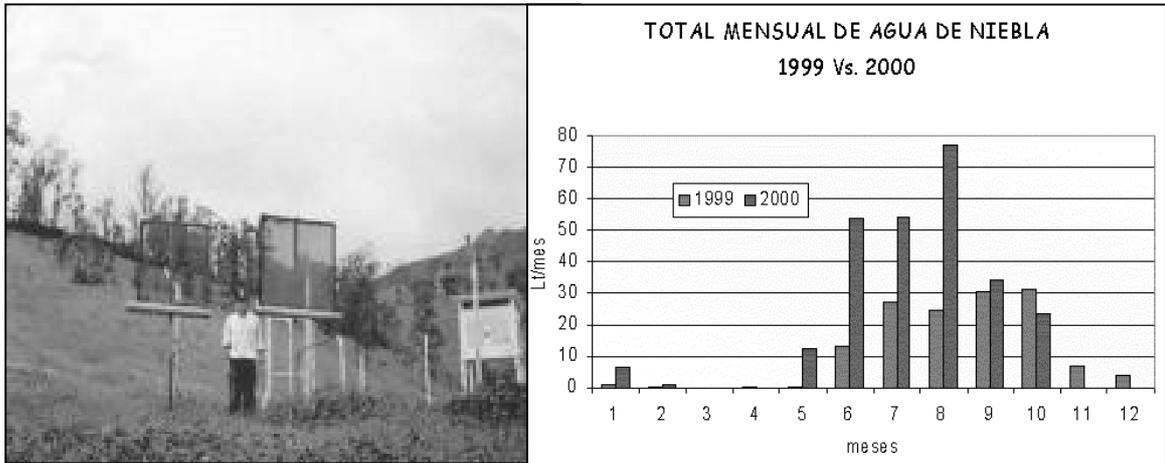


Figura 2: Aprovechamiento del Agua de Niebla

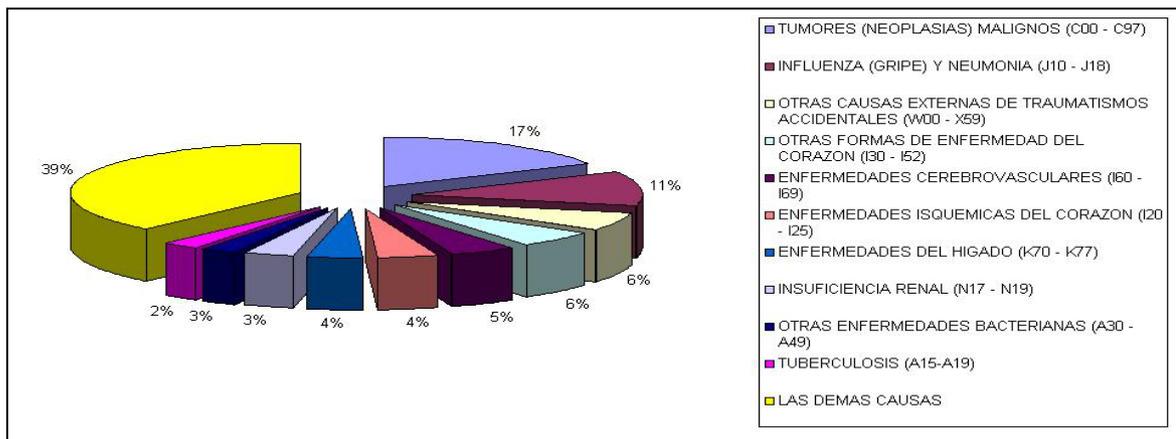


Figura 3: Principales Grupos de Causas de Enfermedades en el año 2000
Fuente: MS

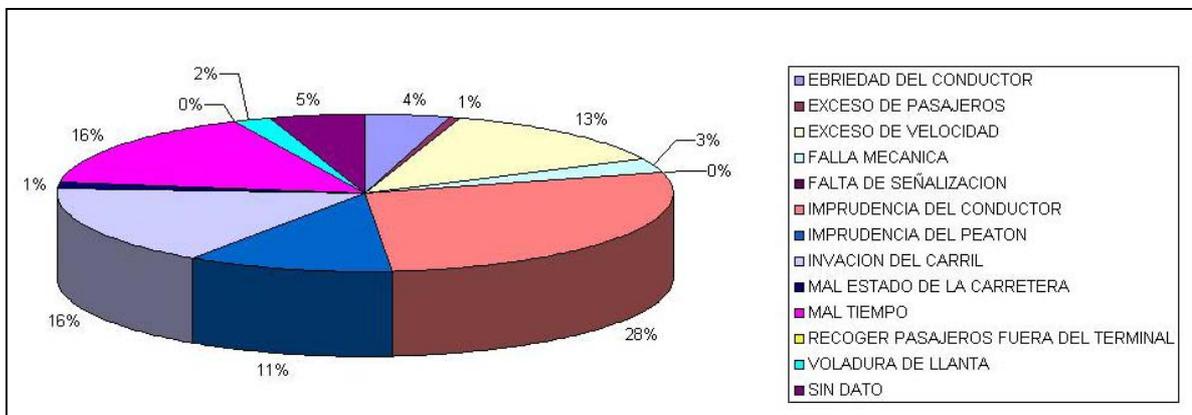
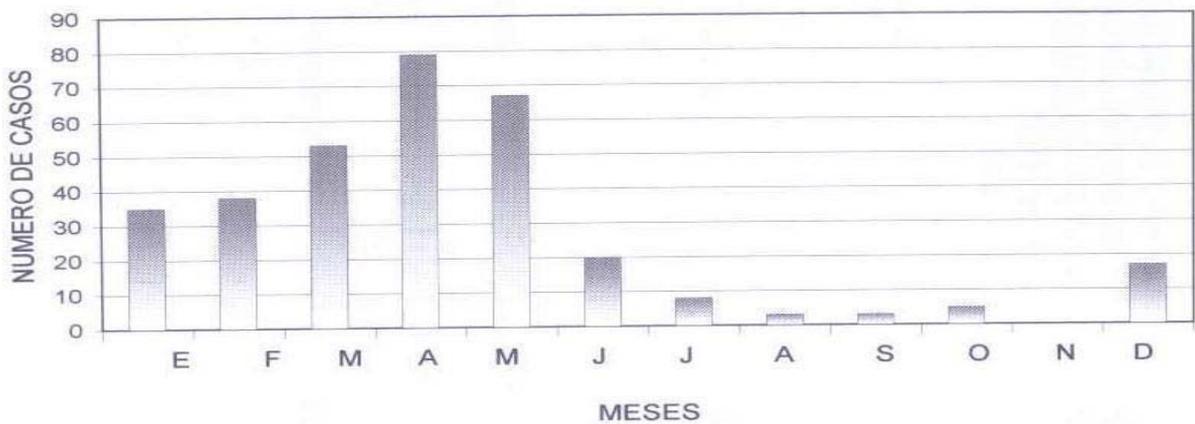


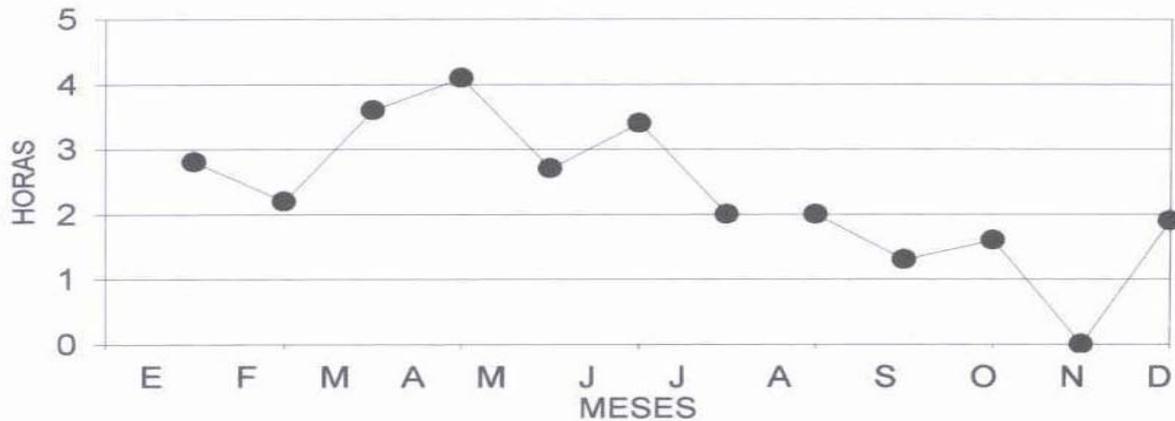
Figura 4: Principales Grupos de Accidentes de Tránsito
Fuente: MTC

IV Análisis de la ocurrencia de niebla



Extraído de "Análisis Climático y Sinóptico de las Nieblas En el Aeropuerto Jorge Chavez Callao, Lima - Perú" Anchayhua A., 2001.

Figura 5: Frecuencia de Ocurrencia de Los Eventos Nieblas en Treinta Años (1968-1997)



Extraído de "Análisis Climático y Sinóptico de las Nieblas En el Aeropuerto Jorge Chavez Callao, Lima - Perú" Anchayhua A., 2001.

Figura 6: Promedio Mensual de la Duración (Horas) de Los Eventos Niebla en Treinta Años

En la figura 5 y 6 observamos que la mayor frecuencia de formación de nieblas se presenta en los meses de abril y mayo, llegándose a contabilizar mas de 150 casos de niebla en el transcurso de los últimos 30 años, el tiempo de duración del fenómeno oscila entre 2 y 4 horas, en los meses mencionados. El mes que no presenta nieblas es noviembre, no registrándose en los años que se dispone de información. La ocurrencia de nieblas está asociado a entornos sinópticos de alta y baja troposfera, así como al enfriamiento de la temperatura superficial de agua de mar.

La hora de ocurrencia está asociado a la pérdida de energía en el transcurso de la

noche según (Shaffer), así también podría estar asociado a la advección de aire cálido sobre una superficie fría, precedida por enfriamiento nocturno según (Petterssen).

Julio, es el más frío y húmedo en Lima, por la configuración, posicionamiento e intensificación del APS, incentivando flujos predominantes del sur que generan persistentes lloviznas y formación de neblinas y nieblas en menor frecuencia e intensidad que los meses de Abril y Mayo por la ausencia de flujos del norte en niveles de 850 hPa.

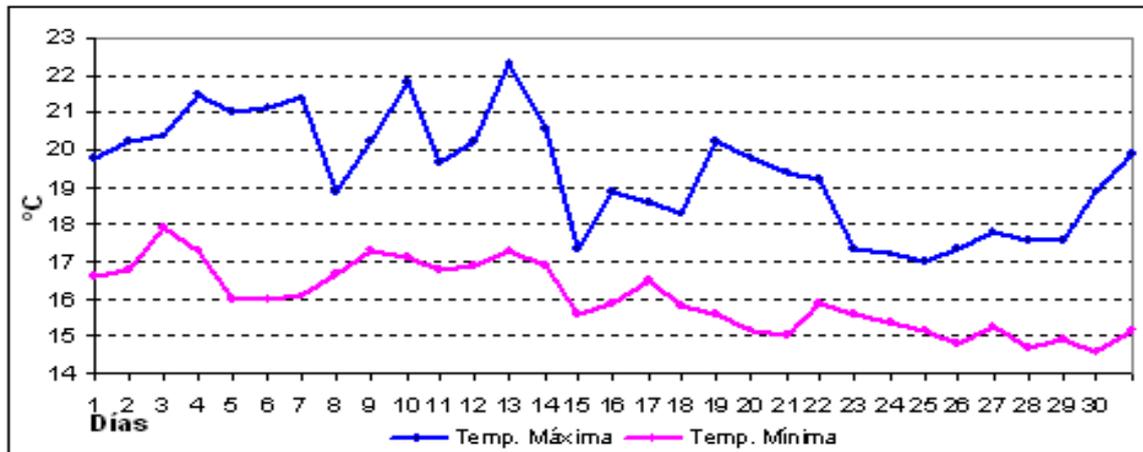


Figura 7: Variación diaria de las temperaturas extremas
Estación: Aeropuerto Internacional Jorge Chávez
Mayo/2003

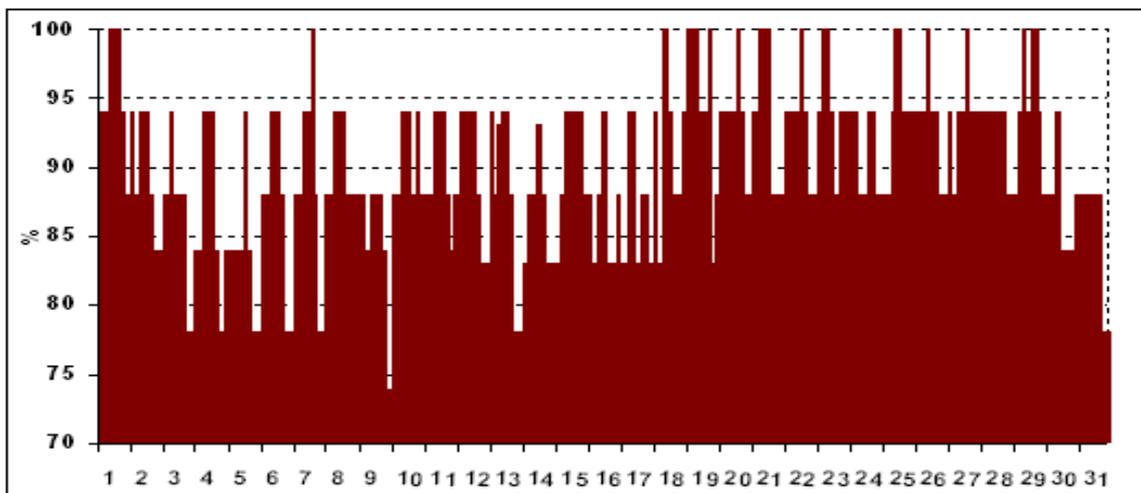


Figura 8. Variación diaria de la Humedad Relativa
Estación: Aeropuerto Internacional Jorge Chávez
Mayo/2003

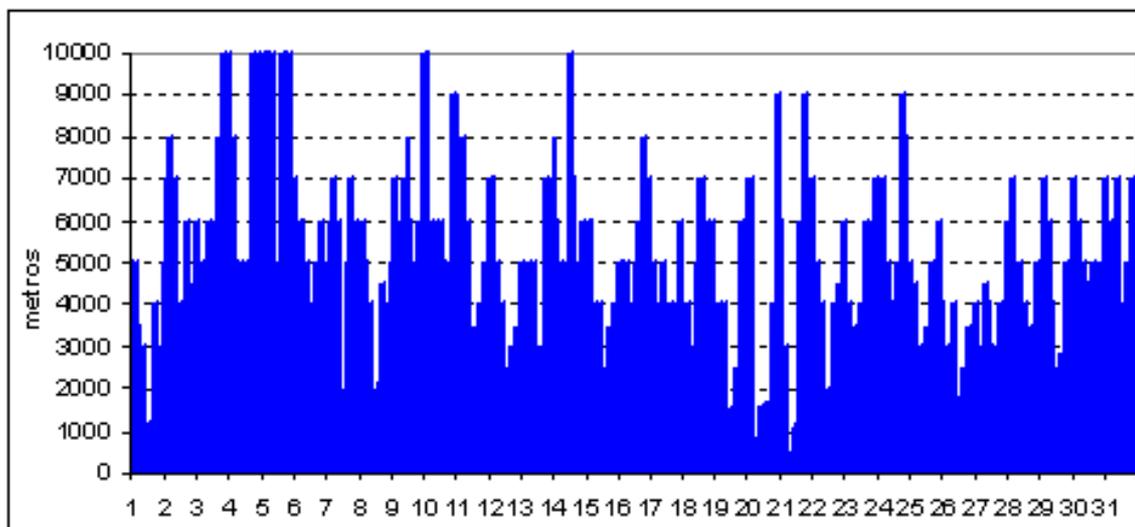


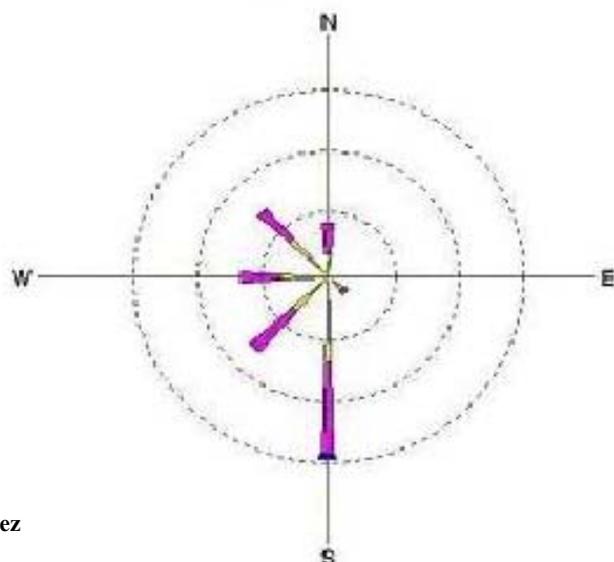
Figura 9. Variación diaria de Visibilidad horizontal
Estación: Aeropuerto Internacional Jorge Chávez
Mayo/2003

Mayo, es la etapa de transición de verano a invierno, este periodo muestra varios cambios en los patrones atmosféricos, así como condiciones de verano e invierno, uno de ellos es la invasión de aire cálido en niveles de 850 – 700 hPa. proveniente de latitudes ecuatoriales, otra característica es la invasión de aire más frío proveniente de latitudes medias del sur, presentando condiciones de mayor densidad. Considerando el enunciado de Petterssen, entonces podremos aseverar que la formación de niebla es mas evidente en la etapa de transición, siendo los meses de abril y mayo como lo muestra la figura 4.

En la figura 6, se puede apreciar el paulatino descenso de las temperaturas extremas del aire, característico en el cambio estacional. Este descenso esta asociado a la temperatura superficial de agua de mar (TSM) que según el COMET, la formación de niebla puede ser inminente, cuando la temperatura del punto de rocío se aproxima a la temperatura de la superficie del mar y está presenta una relación inversa con respecto al estado de saturación de la tropósfera baja. El incremento de la humedad relativa en la última década (ver figura 7) está asociado al descenso de la temperatura del aire.

DIRECCION	FRECUENCIA	MAGNITUD
	%	NUDOS
N	10.5	6.6
NE	0.0	0.0
E	0.0	0.0
SE	3.6	5.6
S	34.8	6.3
SW	18.2	6.3
W	15.8	5.5
NW	17.0	6.5

Figura 10: Rosa de Viento
Estación: Aeropuerto Internacional Jorge Chávez
Mayo/2003



Los modelos numéricos son actualmente una herramienta insustituible de los predictores en el corto plazo,

Durante este mes, se presentaron varios casos de formación de nieblas, el mas importante fue del día 21, reduciendo la visibilidad a menos de 200 m. La etapa de formación ocurrió en el transcurso de la noche, presentando la menor visibilidad a las 07 HL, disipándose en el transcurso de las 09 a 11 HL. Este evento esta dentro de las condiciones climáticas del periodo estacional, considerando lo enunciado por Anchayhua (ver figura 9).

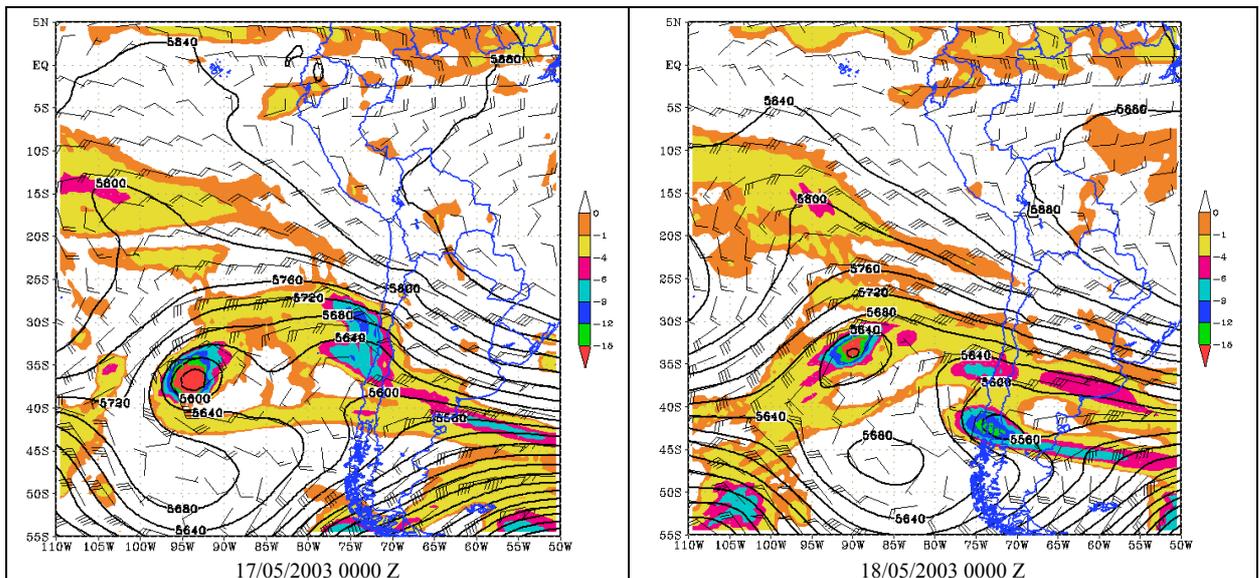
Un aspecto importante en las condiciones sinópticas, son los flujos predominantes en los diferentes niveles de la troposfera. Un caso particular de la formación de nieblas en Lima son los vientos predominantes del sur e ingresos esporádicos del norte, que se posicionan sobre el aire frío del sur, generando estabilidad y mayor grado de saturación. En mayo se presentó una mayor frecuencia de vientos del sur (34.8%) con respecto a los vientos del norte (10.5 %). Otra condición sinóptica importante son los vientos del oeste que disminuyen la estabilidad generada por los vientos del sur y norte, provocando lloviznas posterior a la formación de las nieblas (ver figura 10).

proporcionando las guías básicas para elaborar los productos de predicción. Estos modelos producen simulaciones cada vez

mas precisos, a pesar de que todavía no son del todo perfecto, se ha demostrado que contienen información muy útil a cerca de la variación espacial y temporal de la estructura cinemática y termodinámica de la atmósfera, incluso para fenómenos convectivos de tipo severo (Stensrud et. Al., 1997).

Este caso particular de nieblas, considera como la fase inicial el día 17 de mayo, el cual presenta condiciones sinópticas particulares. En niveles medios (500 hPa) presenta una vaguada que se extiende a lo largo del Pacífico tropical con una isohipsa de 5800 mgp y dos vórtices ciclónicos máximos, el primero se encuentra entre los 35° S y 92° W, con un núcleo de vorticidad relativa de -15VR ($10^{-5} * S^{-1} = 1VR$) y 5600 mgp, el segundo vórtice se ubica entre 33° S y 75° W con un núcleo de -9VR y 5640 mgp sobre la costa central de Chile. Al sur de los vórtices ciclónicos presenta una amplia dorsal que se extiende sobre el Pacífico sur (ver figura 11 del 17 de mayo). En las próximas 24 horas, el primer vórtice se desplaza ligeramente hacia el noreste aumentando ligeramente el valor del núcleo de la isohipsa, el segundo vórtice se desliza hacia el sur de su posición ubicándose sobre las montañas de Chile. Es importante notar que se acerca una segunda vaguada en el extremo sur entre los 50° S y 120° W que viene empujando a la dorsal del

Pacífico sur (ver figura 11 del 18 de mayo). El tercer día es el más importante, por que presenta el acoplamiento de la primera y la segunda vaguada del extremo sur, generando una profunda vaguada que se extiende desde los 50° S hasta los 10° S con un núcleo principal de 5320 mgp y -12VR entre los 45° S y los 105° W (ver figura 11 del 19 de mayo). Este acoplamiento permitió el total desplazamiento de la dorsal hacia continente y el movimiento retrógrado del segundo vórtice que se encontraba en montañas chilenas e incrementando su núcleo a -15VR con una isohipsa de 5520 mgp. El cuarto día, el núcleo de la vaguada acoplada se desplazó hacia el noreste incrementando su núcleo a 5400 mgp y el vórtice a -15VR, ubicándose entre los 40° S y los 95° W, en cuanto al segundo vórtice muestra una ligera disminución a -9VR y el contorno del núcleo de la vaguada presenta menor profundidad con valor de 5440 mgp desplazado ligeramente al sur de su posición inicial, sobre las montañas chilenas. El quinto día, muestra la vaguada con su eje paralelo a la costa chilena con un vórtice máximo de -12VR y contorno de 5400 mgp ubicado entre 38° S y 78° W, es importante esta descripción del desplazamiento de la vaguada en niveles medios por que es la precursora del evento, todo lo que ocurre en niveles medios será reflejado en niveles de baja troposfera.



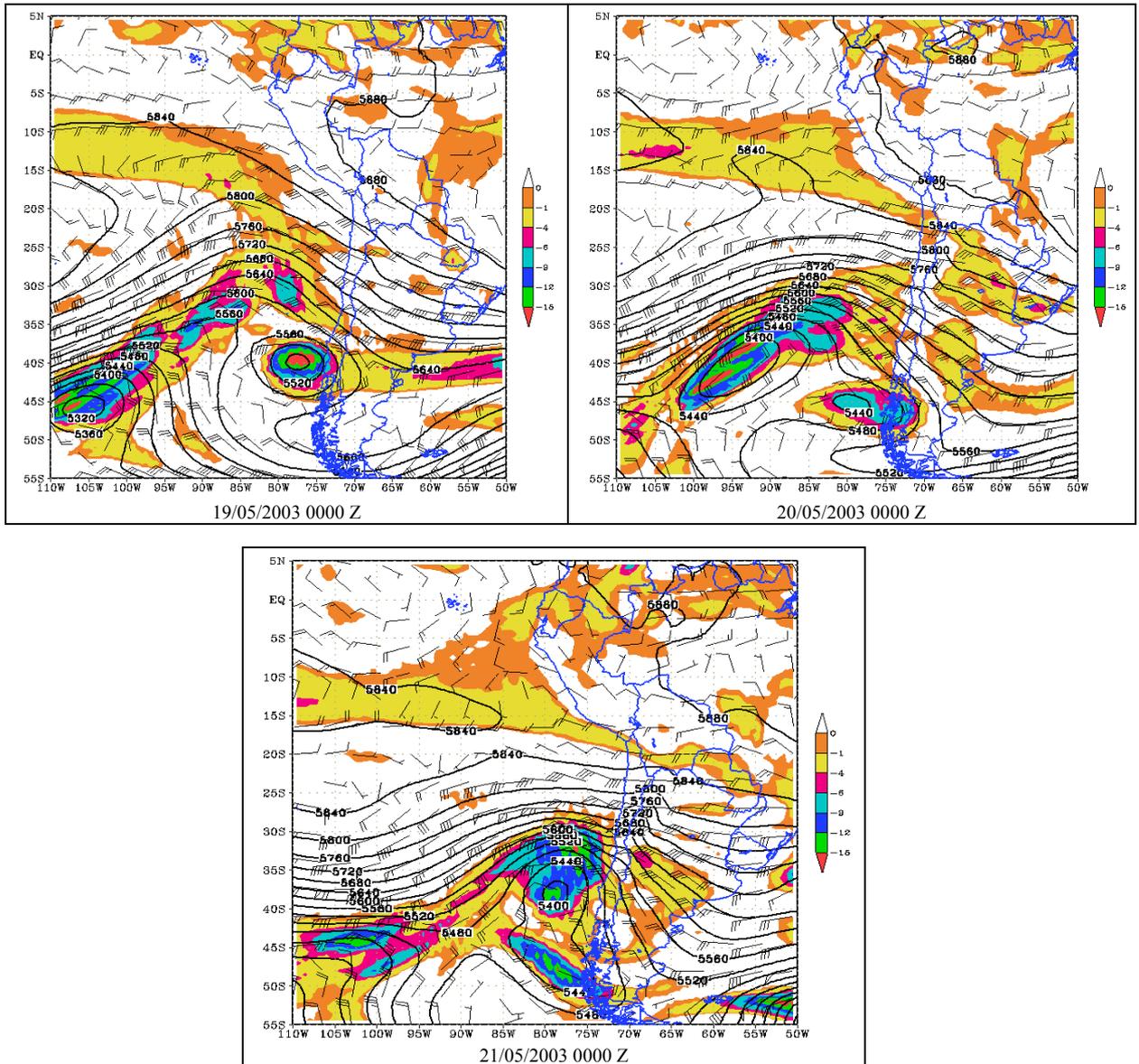


Figura 11: Vorticidad Relativa negativa ($1/s \cdot E^{-5}$) en shaded, Isohipsas (mvp) en líneas y Viento (Kts) en barbillas en el nivel de 500 hPa

Tomando como premisa, que toda la circulación intensa en niveles de alta tropósfera será reflejado en bajos niveles, analizaremos el comportamiento de la evolución de las isobaras, los espesores de 500/1000 hPa y las isotacas en 850 hPa, teniendo en cuenta las circulaciones que se presentan en niveles de 500 hPa. el día 17, muestra el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) se extiende entre los 45° S y 90° W, al norte del sistema presentó una baja con núcleo de 1017 hPa superponiéndose un núcleo frío con espesor de 5580 mvp con vientos que varían de 20 a 25 nudos, si observamos la figura 11 del día 17 de mayo, apreciamos el primer vórtice máximo que esta asociado al sistema de baja presión (ver figura 12), y hacia el sur

del vórtice máximo se presenta el ingreso de una cuña que está asociado al APS. Entre los días 18 y 19 de mayo, se intensifica la vaguada en niveles medios (ver figura 11), profundizando el sistema de baja presión en superficie, presentando un núcleo de 992 hPa entre los 40° S, desplazando en su totalidad al APS y el espesor muestra su máxima caída con valores de 5400 mvp. También los vientos se intensifican presentando valores de 25 a 30 nudos. En niveles de baja tropósfera están relacionadas con las caídas del espesor entre los niveles 500/1000 hPa que permiten el ingreso de advección de aire frío en baja atmósfera según Holton (1979).

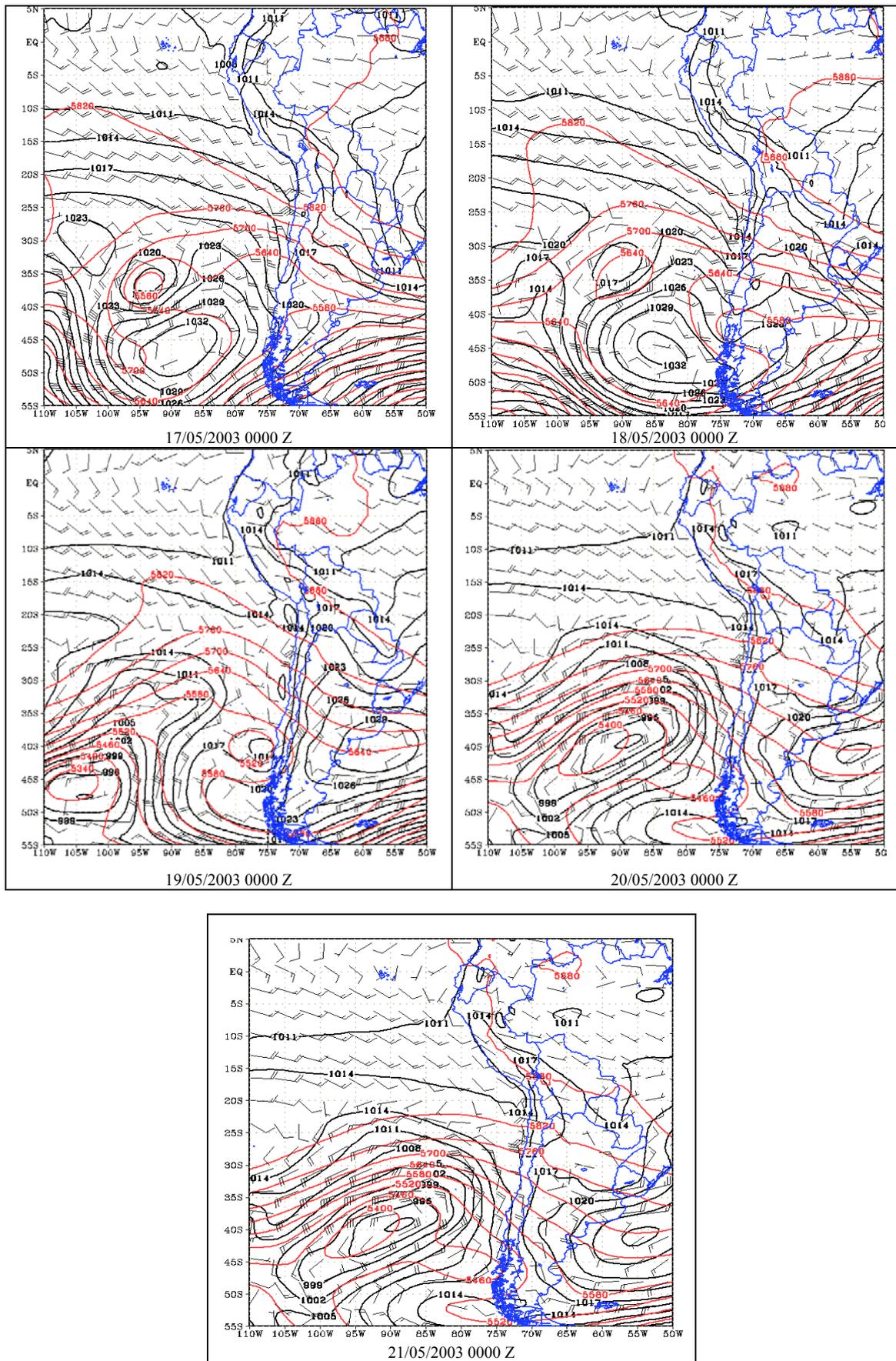


Figura 12. Presión Atmosférica a Nivel Medio del Mar (hPa) en líneas gruesas, Espesor Geopotencial 500/1000 (mvp) en líneas delgadas y Viento (Nudos) en barbilla en el nivel de 850 hPa

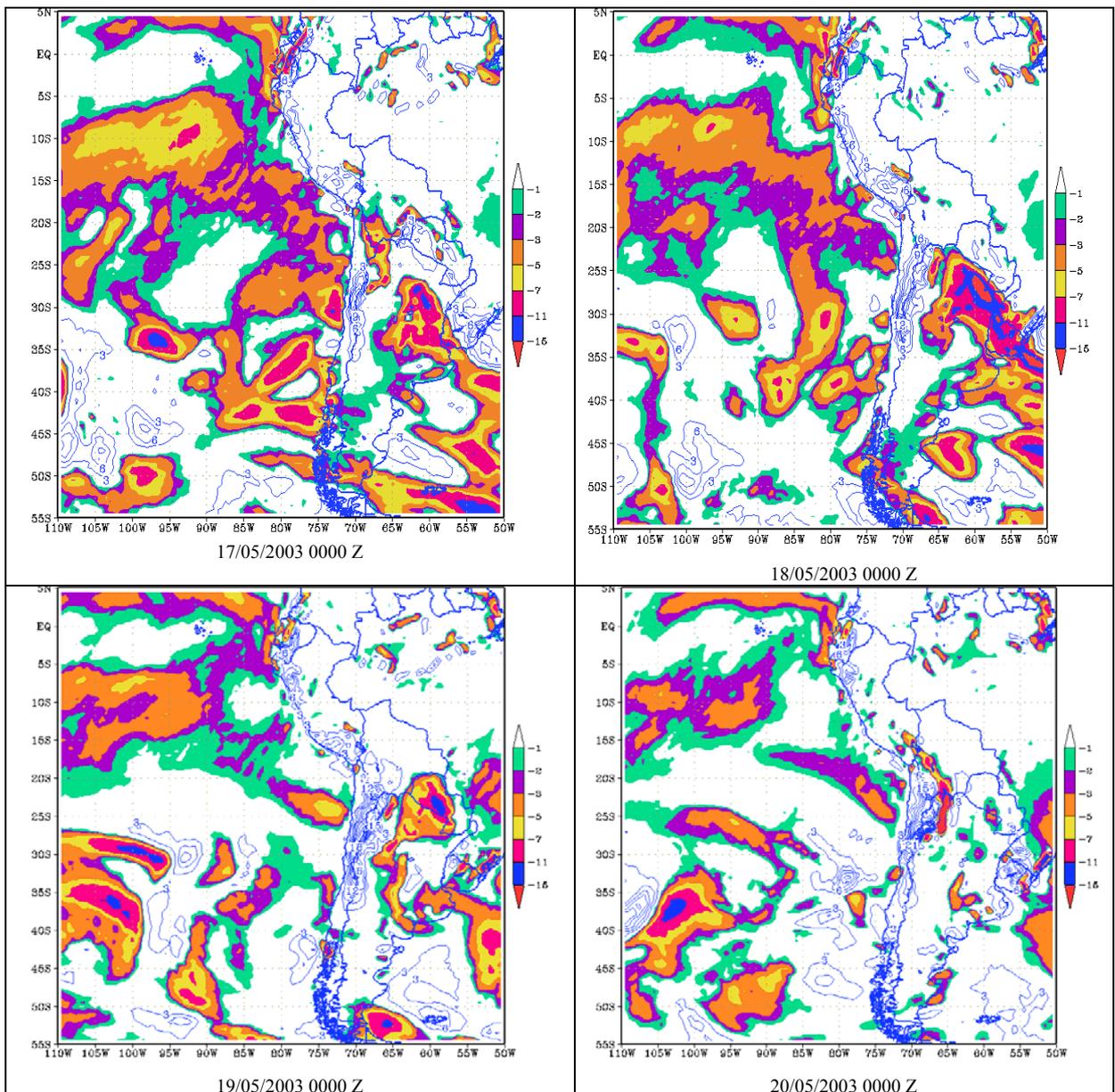
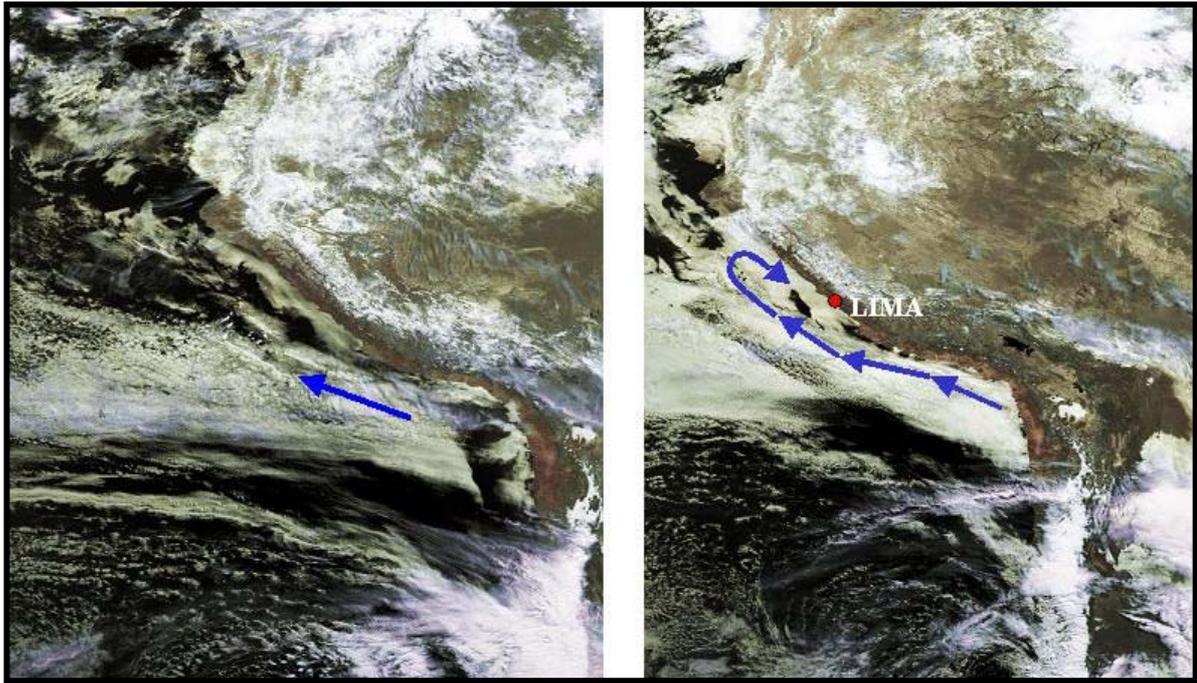


Figura 13. Advección Horizontal de la Temperatura del Aire ($^{\circ}\text{C}/24\text{h}$) en shaded valores negativos y en líneas valores positivos en el nivel de 950 hPa

La caída o aumento de espesor nos permite diferenciar con mayor precisión el tipo de masa de aire que define un sistema, siendo el ingreso de aire frío o cálido. La caída de espesor en los tres primeros días facilitó el ingreso de aire frío por niveles bajos, está se manifiesta en la advección de temperatura negativa (ver figura 12) con valores hasta de $-6^{\circ}\text{C}/\text{día}$ entre los 15°S y 80°W , favoreciendo el descenso de la temperatura del aire del 17 al 21 de mayo en la costa peruana (ver figura 7), asimismo la formación y desplazamiento de la baja en

superficie estuvo asociado a la intensificación y desplazamiento de la vaguada en niveles medios de la troposfera, induciendo a generar vientos del norte en el nivel de 850 hPa flujos debajo de la vaguada, en las regiones que se ubican en la costa de Chile y Perú, propiciando advección cálida en dichas regiones, favoreciendo la estabilidad al posicionarse sobre superficie mas fría, condición necesaria para formar neblinas según Petterssen (1956).



a: 19_mayo_2003 1500 Z

b: 20_mayo_2003 1500 Z

Imagen 1. Imágen Visible

Satélite NOAA 14

En la imagen 1, se aprecia la formación nubosa de tipo estratiforme para el día 19, extendiéndose a lo largo de la costa peruana, intensificándose en las siguientes 24 horas con mayor concentración nubosa en toda la costa peruana y chilena. En la imagen se

observa las flechas negras que representan la dirección de formación de la nubosidad estratiforme en la costa sur y central, generando un vórtice ciclónico en la zona central por la forma saliente del litoral ayudando a la mayor concentración de aire saturado en bajos niveles (Lima).

V. Conclusiones

El primer día de estudio se observó el APS intenso con un núcleo de 1032 hPa, generando flujos predominantes del sur en niveles bajos en zonas adyacentes a la costa peruana y chilena.

La formación de la niebla e la costa central del Perú estuvo asociado a flujos en superficie predominantes del sur y el ingreso de flujos del norte en niveles de 850 hPa.

La presencia de una vaguada en el Pacífico oriental en niveles medios estuvo asociado a la formación de sistemas de baja presión que favorecieron la

advección fría y como consecuencia el descenso de la temperatura del aire en la costa central.

La formación de niebla se manifestó en el transcurso de la noche del 20 de Mayo, presentando la menor visibilidad a las 07:00 HL del 21 de Mayo y se disipó entre las 09: 11:00 HL.

En las imágenes de satélite se ha podido notar que el flujo del sur incentiva estabilidad y la formación de nubosidad estratiforme a lo largo de la costa peruana.

VI. Bibliografía

1. Anchayhua, A. R., (2001): "Análisis Climático y Sinóptico de las Nieblas en el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez Callao, Lima – Perú". Tesis Universidad Nacional Agraria, La Molina. Ing. Meteorólogo, 76pp.
2. COMET (2000): "West Coast Fog". Extraído de: <http://meted.ucar.edu/fogstrat/> en octubre del 2003
3. El Ultimo Viaje. Revista Caretas. 2003. N° 1755.
4. Gilford. M (et al) (1992): "South America South of the Amazon River a Climatological Study". p. 3-16, 3-17, 3-18, 3-19, 3-20.
5. Gómez, D. (1978): "Análisis físico de la distribución de la precipitación sobre Sud-América". Tesis Ingeniero Meteorólogo. Lima Universidad Nacional Agraria, La Molina. p. 99.
6. Mesinger, F. y A blocking technique for representation of mountains in atmospheric model. Revista di Meteorologia Aeronautica , 44: pp. 195-202, 1984.
7. MINSa, "Estadísticas de Salud". Extraído de: <http://www.minsa.gob.pe/estadisticas/> en octubre del 2003
8. MTC: "Subsector Transporte". Extraído de: <http://www.mtc.gob.pe/estadisticas/> en octubre del 2003
9. Lopez Carmona M. (1) e Izquierdo Gonzales A. (2) (2000): "Aproximación al Pronóstico de Nieblas en el Estrecho de Gibraltar". (1) OMD de la Flota y de la Base Naval de la Rota (2) Departamento de Física Aplicada de la Universidad de Chile.
10. Petterssen, S (1956): "Weather analysis and forecasting". New York. McGraw-Hill Book. 2 t.
11. Pinche, C. (1986): "Estudio de las Condiciones Climáticas y de la Niebla en la Costa Norte de Lima". Tesis Ingeniero Meteorólogo. Lima Universidad Nacional Agraria, La Molina. p. 7, 8, 10 y 16.
12. SENAMHI, "Agua de las Nieblas". Extraído de: <http://www.senamhi.gob.pe/ambiente/> en octubre 2003
13. Shaffer, W.: "Dense Fog Study for Knoxville in Tennessee". Extraído de: <http://www.srh.noaa.gov/mrx/research/Fog/fogTYS.htmwww.srh.noaa.gov> en octubre del 2003.