

## EVALUACION DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA EN LA ZONA METROPOLITANA DE LIMA-CALLAO/MARZO-2005

### INDICE

1	INTRODUCCIÓN	2
2	CUENCA ATMOSFERICA DE Z.M. DE LIMA-CALLAO	2
3.	METODOLOGÍA	4
4.	RESULTADOS DEL MONITOREO AMBIENTAL	6
	4.1 Distribución espacial de la deposición seca (contaminantes sólidos sedimentables) durante el mes de marzo del 2005 en la Zona Metropolitana de Lima- Callao.	6
	4.2 Condiciones Meteorológicas durante el mes de marzo	9
5.	CONCLUSIONES	16

### INDICE DE FIGURAS

Fig. 1	Red de estaciones meteorológicas y de contaminantes sólidos sedimentables en la Zona Metropolitana de Lima-Callao	5
Fig. 2	- Totales mensuales de polvo atmosférico (contaminantes sólidos sedimentables) registrados durante el mes de marzo 2005 en Lima-Callao	7
Fig. 3	- Distribución espacial de la concentración de sólidos sedimentables en Lima-Callao durante el mes de marzo del 2005	8
Fig. 4a-	Variación horaria de la temperatura y humedad relativa en el Callao, El Cercado y Santiago de Surco durante el mes de marzo del 2005 en Lima-Callao	10
Fig. 4b-	Variación horaria de la temperatura y humedad relativa en Jesús María y Chorrillos durante el mes de marzo del 2005 en Lima-Callao	11
Fig. 5 –	Rosas de viento Diurnas	13
Fig. 5 –	Rosas de viento Nocturnas	14
Fig. 7.-	Radiosondaje mensual promedio mes de marzo	15

### INDICE DE CUADROS

Cuadro. 1	Concentraciones de los contaminantes sólidos sedimentables. Meses de febrero y marzo2005	7
Cuadro. 2	Características de la Capa de Inversión Térmica en la Costa Central del Perú –marzo 2005	15
Cuadro. 3	Sondaje atmosféricos en los meses febrero y marzo 2005	16

## EVALUACION DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA EN LA ZONA METROPOLITANA DE LIMA-CALLAO/MARZO-2005

### Elaboración

Ing. José Silva Cotrina

Bach. Zarela Montoya Cabrera

SO3. FAP Juan López Malhaber

### 1. Introducción

El día 22 de marzo se celebró el “Día Mundial del Agua” y el inicio del “Decenio del Agua Fuente de Vida, 2005-2015”, tema que fue expuesto en el Congreso de la República al que asistieron diferentes representantes de sectores de gobierno, en que se discutió la importancia vital del agua para la salud y el bienestar de las personas y los intereses por lograr impulsar el compromiso político y global adquirido por la comunidad internacional. Personal profesional del Servicio asistió al evento y participó a través de su Dirección General de Hidrología y Recursos Hídricos, con la ponencia “Los Glaciares y Cuerpos de Agua Altoandinos como Reservas acuíferas para el Futuro”.

Asimismo, con motivo de la celebración del XXXVI aniversario del SENAMHI (25 de marzo), el día 22 se llevó a cabo el Simposio “Estrategias para la prevención y reducción de los desastres naturales hidrometeorológicos en el Perú” en la sede central. De esta forma, a través de especialistas en el tema se difundieron hacia la comunidad asistente, los avances alcanzados en esa materia y los esfuerzos que el SENAMHI viene actualmente realizando a través del desarrollo de sus sistemas de observación y personal calificado para el monitoreo permanente de los eventos hidrometeorológicos.

El presente Boletín muestra los resultados de la evaluación de la deposición ácida en la Z.M. de Lima-Callao y sus relación con las condiciones meteorológicas imperantes durante el mes de marzo, mes representativo de la estación de verano en el Hemisferio Sur.

### 2. Cuenca atmosférica Lima-Callao

La cuenca atmosférica es una región geográfica, delimitada por los obstáculos topográficos de origen natural (líneas costeras, formaciones montañosas etc.), divisiones políticas y uso de la tierra, de tal manera que dentro de ésta se modifica la circulación general de la atmósfera sobre la superficie (capa límite de la atmósfera), dando lugar a la formación de un campo de vientos locales, diferentes del flujo de la atmósfera libre. Este campo de vientos es el responsable de los procesos de transporte y dispersión de los contaminantes del aire dentro de la cuenca.

Dentro de la implementación del Plan Nacional “A Limpiar el Aire”, el SENAMHI, en cumplimiento a lo establecido en el D.S. 074-2001-PCM sobre el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, lideró y concluyó los trabajos de delimitación de la Cuenca Atmosférica para cada una de las 13 Zonas de Atención Prioritaria a nivel nacional reconocidas por el Decreto dentro del marco de elaboración del Diagnóstico de Línea Base, el cual contempla el monitoreo de la calidad del aire, inventario de emisiones y Estudios Epidemiológicos.

La delimitación de la Cuenca Atmosférica de la Z.M. de Lima-Callao se ha realizado en base al comportamiento de los flujos de viento locales y a las configuraciones topográficas, teniendo como límites la curva de nivel de 800 msnm y en la cuenca del Rímac la de 1000 msnm considerando el criterio de crecimiento poblacional hasta esa altitud.

En la Zona Metropolitana de Lima-Callao se ha identificado tres cuencas hidrográficas con sus respectivas microcuencas atmosféricas (ver **Figura 1**) que son las siguientes:

## **2.1 CUENCA DEL RÍO CHILLON**

La Cuenca del río Chillón abarca los distritos de Ancón, Santa Rosa, Ventanilla, Puente Piedra, Carabaylo, Comas, zona norte-centro de San Martín de Porres, Los Olivos, Independencia y norte del distrito del Callao. Dentro de la cuenca, se configuran las siguientes microcuencas atmosféricas:

- M. de Ancón: Distrito de Ancón
- M. de Carabaylo: Distrito de Carabaylo
- M. de Collique: Distrito de Comas

## **2.2 CUENCA DEL RIO RIMAC**

La Cuenca del río Rímac se extiende a los distritos de San Juan de Lurigancho, Lurigancho, zona centro-sur del Callao, Carmen de la Legua Reynoso, Bellavista, La Punta, Cercado de Lima, Rímac, San Juan de Lurigancho, Lurigancho, Ate Vitarte, El Agustino, Santa Anita, Breña, Pueblo Libre, Jesús María, La Victoria, San Luis, Lince, La Perla, San Miguel, Magdalena del Mar, San Isidro, San Borja, La Molina, Miraflores, Surquillo, Santiago de Surco, Barranco, Chorrillos, San Juan de Miraflores y zona noroeste del distrito de Villa María del Triunfo. Las microcuencas atmosféricas que han sido determinadas son:

- M. de San Juan de Lurigancho: Distrito de San Juan de Lurigancho.
- M. de Huaycoloro: Distrito de Lurigancho
- M. de Huaycán: Distrito de Ate Vitarte
- M. de La Molina: Distrito de La Molina

## **2.3 CUENCA DEL RIO LURIN**

La Cuenca del Río Lurín abarca los distritos de Cieneguilla, Pachacamac, V. María del Triunfo, Villa El Salvador, Lurín, noroeste de Punta Hermosa, considerando las microcuencas de:

- M. de Manchay: Distrito de Pacahacamac
- M. de Portillo Grande: Distrito de Lurín
- M. por I.D.: Distrito de Pacahacamac

Con respecto al monitoreo del polvo atmosférico, el presente Boletín muestra los resultados obtenidos para el mes de marzo 2005.

### 3. Metodología

#### 3.1 Monitoreo de la deposición seca (polvo atmosférico ó Contaminantes Sólidos Sedimentables)

La información empleada para el presente análisis corresponde a la obtenida de la red de muestreo de polvo atmosférico compuesta por 29 estaciones ubicadas en el ámbito de la Cuenca Atmosférica de la Zona Metropolitana de Lima-Callao (**figura 1**). Continuando con el proceso de ampliación de la red de muestreo, se han instalado tres estaciones más: Dos en el distrito de Carabayllo y otra en el distrito de Pachacamac (Manchay), y que permitirán definir mejor aún la configuración de las áreas críticas de los distritos. El método de muestreo pasivo desarrollado es el que se describe a continuación:

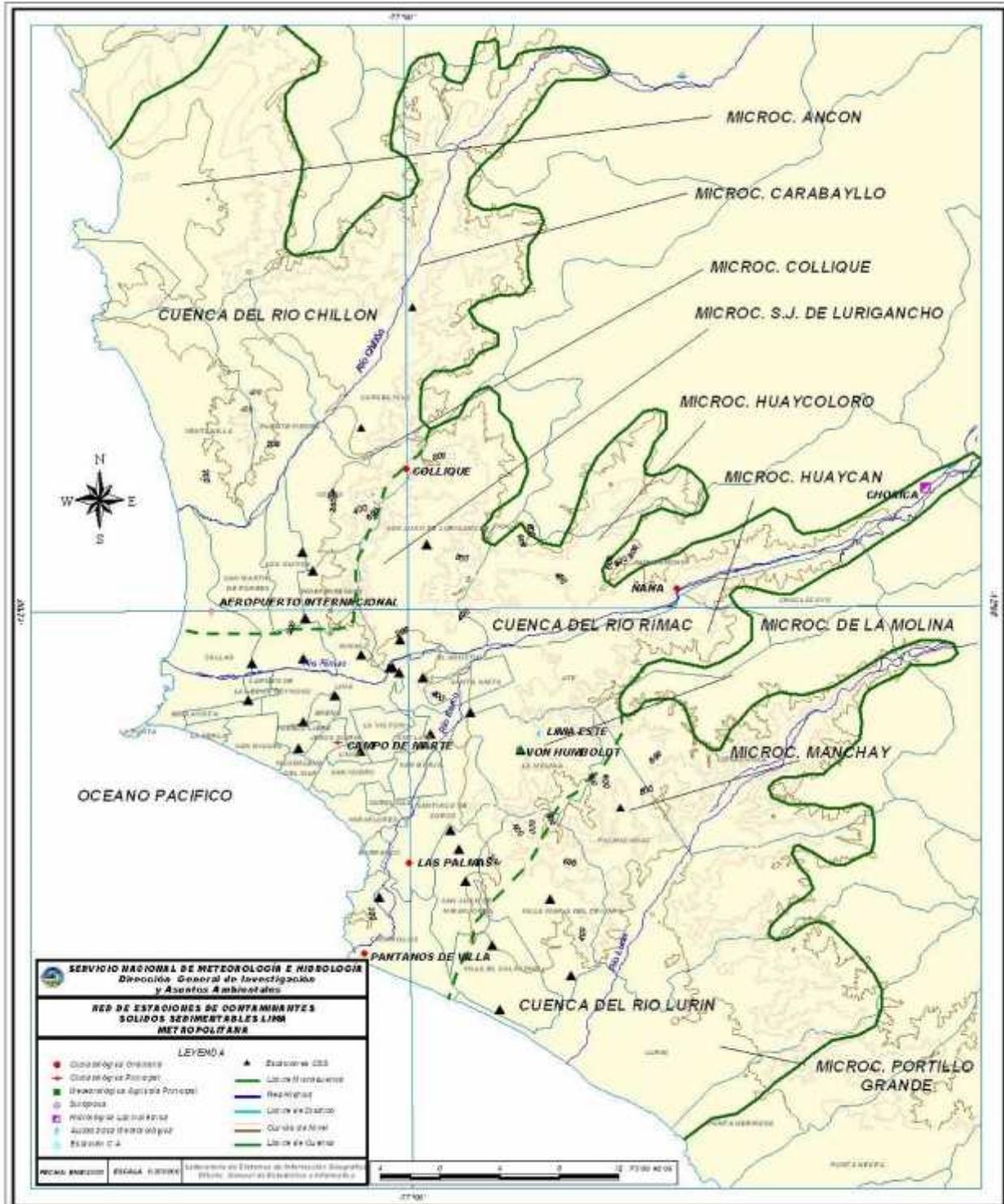
- **Fase preliminar de gabinete:** Preparación y codificación del material que se lleva a campo para reemplazar las placas receptoras o de acumulación.
- **Fase de campo:** Mensualmente en cada una de las estaciones se reemplazan las placas receptoras impregnadas de contaminantes y se llevan al laboratorio para las evaluaciones respectivas. Observaciones tales como actividades de construcción cercana a la estación, manipulación por terceros, entre otras, son anotadas en una bitácora para la validación posterior de la calidad de la información.
- **Fase de laboratorio:** Por el método gravimétrico se determinan las concentraciones correspondientes a cada una de las estaciones de observación.
- **Fase de gabinete:** Involucra el procesamiento, análisis e interpretación de la información, salida de reportes preliminares, cuadros, mapas, gráficos y la elaboración del Boletín Mensual.

#### 3.2 Información Meteorológica

Evaluación de las condiciones meteorológicas de la Z.M. de Lima-Callao. Para el presente informe se ha utilizado la información proveniente de: Estación meteorológica automática y radiosondaje del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez (Callao), estación climatológica Campo de Marte (Jesús María), estación meteorológica automática El Cercado, estación meteorológica automática Las Palmas (Surco) y estación climatológica Pantanos de Villa (Chorrillos), presentadas en la **Figura 1**. La metodología de trabajo es la siguiente:

- **Fase de recopilación:** Involucra el proceso de obtención y concentración de la información meteorológica de las estaciones señaladas.
- **Fase de control de calidad y consistencia:** Involucra la revisión de los datos, eliminación de inconsistencias y completación de la data a través de herramientas estadísticas.

- **Fase de procesamiento, análisis e interpretación:** Involucra el procesamiento numérico, gráfico, análisis e interpretación de los resultados.



**Fig. 1 - Red de estaciones meteorológicas y de contaminantes sólidos sedimentables en la Zona Metropolitana de Lima-Callao**

## 4. Resultados del Monitoreo Ambiental

### 4.1 Distribución espacial de la deposición seca (polvo atmosférico o contaminantes sólidos sedimentables) durante el mes de marzo del 2005 en la Zona Metropolitana de Lima- Callao.

En la **figura 1** se presenta la red de polvo atmosférico ó contaminantes sólidos sedimentables. En el mes de marzo se recopiló información de las 29 estaciones de muestreo, 22 (75,9%) de las cuales excedieron el límite referencial permisible recomendado por la OMS equivalente a 5 t/km<sup>2</sup>/mes), según se observa en la **figura 2**.

En la **figura 3** se muestra el análisis del comportamiento espacial de la concentración polvo atmosférico (ó contaminantes sólidos sedimentables) en la Zona Metropolitana de Lima-Callao que mantiene respecto al mes anterior su más importante centro de acumulación de polvo atmosférico hacia el cono norte (núcleo en el distrito de Comas). Se sabe que la mayor o menor intensidad de los principales centros de contaminación entre un mes y otro está en función tanto de los aportes in situ tales como del parque automotor obsoleto que circula en avenidas principales, las emisiones fugitivas de pequeñas y medianas industrias, comercio formal e informal, botaderos clandestinos de basura, entre otros, así como de la acción dispersante de los flujos de viento locales que mantiene al polvo atmosférico en un continuo proceso de suspensión y resuspensión. Para este mes, los tres principales centros de concentración de polvo atmosférico son: Hacia el cono norte (Cuenca del río Chillón) se configura el primero, extendiéndose a lo largo de los distritos de Carabaylo, Comas, Los Olivos, Pte. Piedra e Independencia, cuyo núcleo en el distrito de Comas tiene un valor de 31,0 t/km<sup>2</sup>/mes. El segundo centro abarca el cono centro-este (Cuenca del río Rímac y microcuenca de San Juan de Lurigancho) y comprende los distritos de San Juan de Lurigancho, Lurigancho, Chaclacayo, Ate-Vitarte, Santa Anita, El Agustino, y el Cercado (lado este) con núcleo de 24,9 t/km<sup>2</sup>/mes en el distrito del Cercado. Mientras que el tercer centro ubicado en el cono sur (en la zona de intercuenca Rímac-Lurín) comprende los distritos de Villa el Salvador, Pachacamac, Lurín y Villa María del Triunfo, con núcleo en éste último de 24,1 t/km<sup>2</sup>/mes.

La estrecha franja amarilla observada hacia el lado oeste, representa aquellos distritos que no exceden el valor referencial establecido por la OMS equivalente a 5t/km<sup>2</sup>/mes sea por su favorable ubicación geográfica que recibe las brisas marinas que fluyen hacia el este permitiendo la dispersión, o por sus políticas municipales que incentivan índices adecuados de vegetación que reducen el fenómeno de resuspensión de polvo atmosférico.

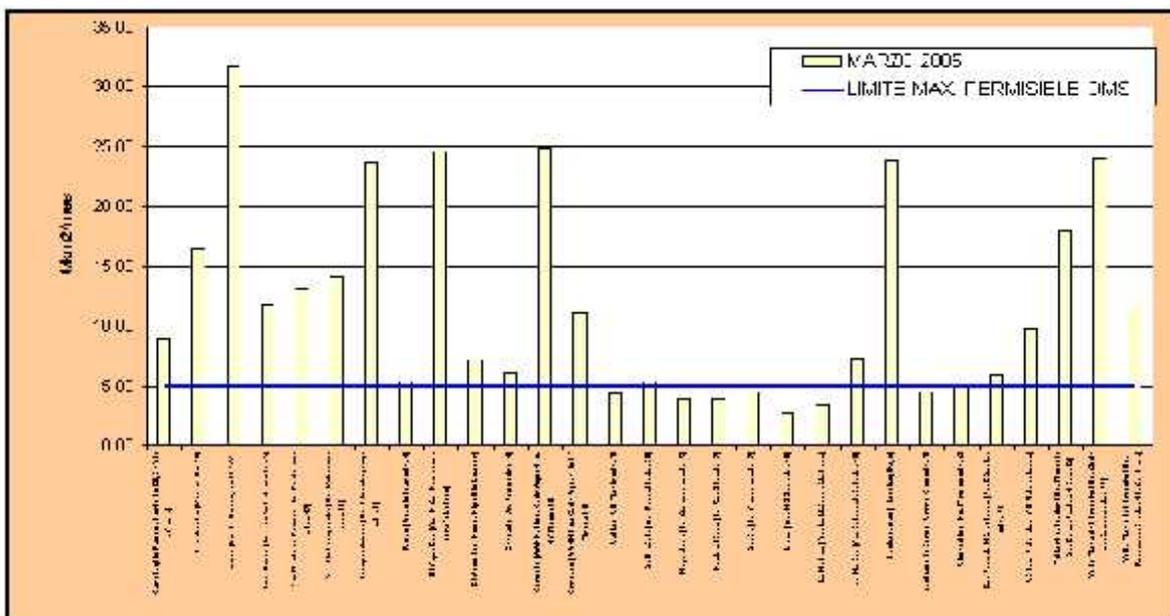
Como se puede observar el **Cuadro N°1**, en términos generales, la contaminación continúa excediendo en varias veces (6, 5 y 5 veces, aproximadamente) el límite referencial permisible principalmente en los conos con valores bastante similares a los del mes anterior, situación propia de la estación de verano.

**Cuadro N°1. Concentraciones del polvo atmosférico (contaminantes sólidos sedimentables): Meses de febrero y marzo 2005**

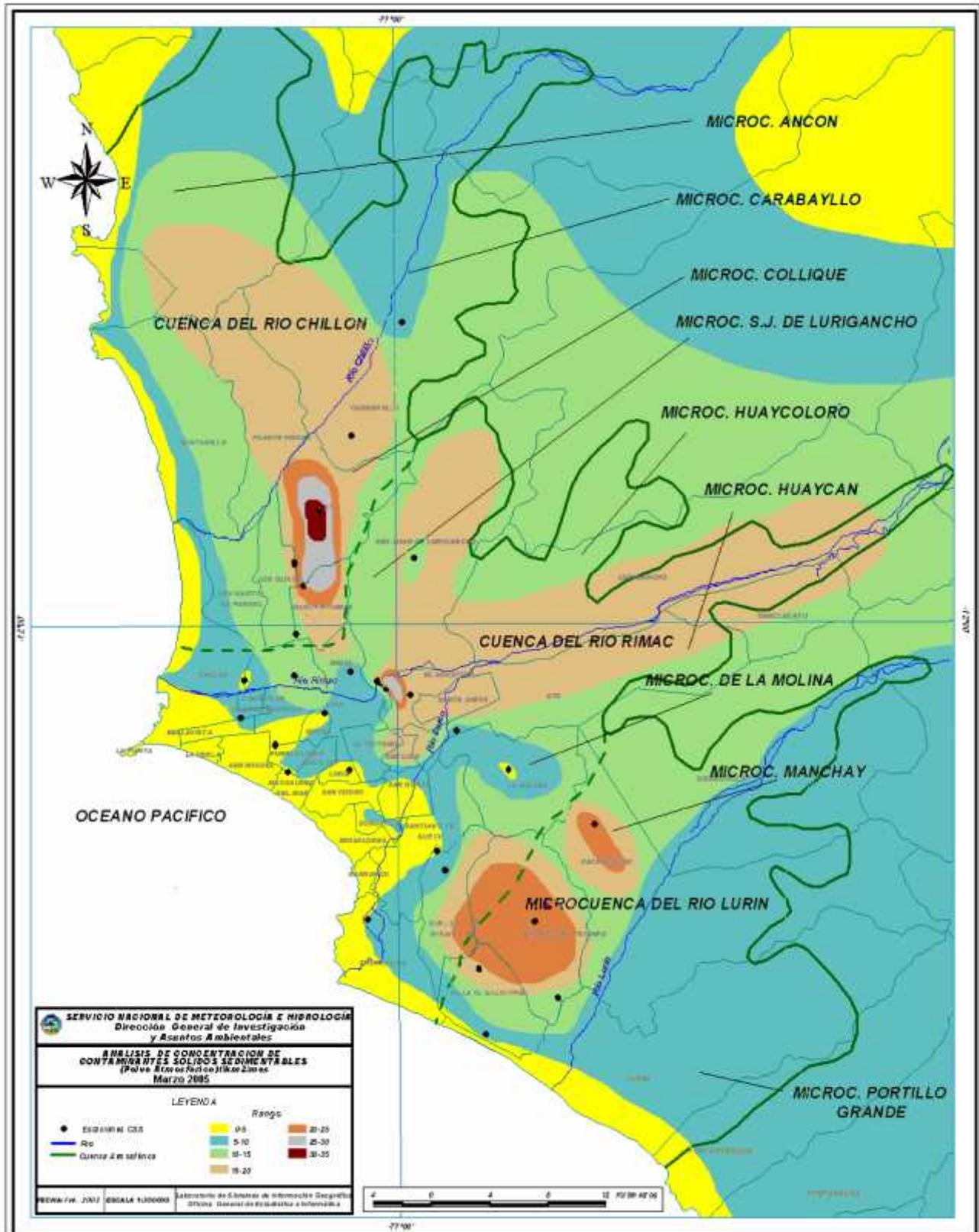
Concent./mes t/km <sup>2</sup> /mes	N° de estaciones	%	Núcleos Principales		
			Cono Norte	Cono Centro- este	Cono Sur
Mes de febrero	26	73,08	33,3 (Comas)	26,3 (El agustino)	25,5 (V.M.T.)
Mes de marzo	29	75,9	31,0 (Comas)	24,9 (El Cercado)	24,1 (V.M.T.)

La concentración media para toda la Z.M. de Lima-Callao durante el mes de febrero fue de 11,9 t/km<sup>2</sup>/mes; mientras que para el mes de marzo fue ligeramente inferior (11,6 t/km<sup>2</sup>/mes).

Cabe resaltar que la ampliación de la red de estaciones de muestreo de polvo atmosférico que se viene llevando pretende cubrir todo el ámbito de la Cuenca Atmosférica y de esta forma identificar con mayor detalle las principales zonas de acumulación de polvo atmosférico y por ende aquellas en donde la calidad de vida está más deteriorada.



**Fig. 2 - Totales mensuales de polvo atmosférico( contaminantes sólidos sedimentables) registrados durante el mes de marzo 2005 en Lima-Callao**



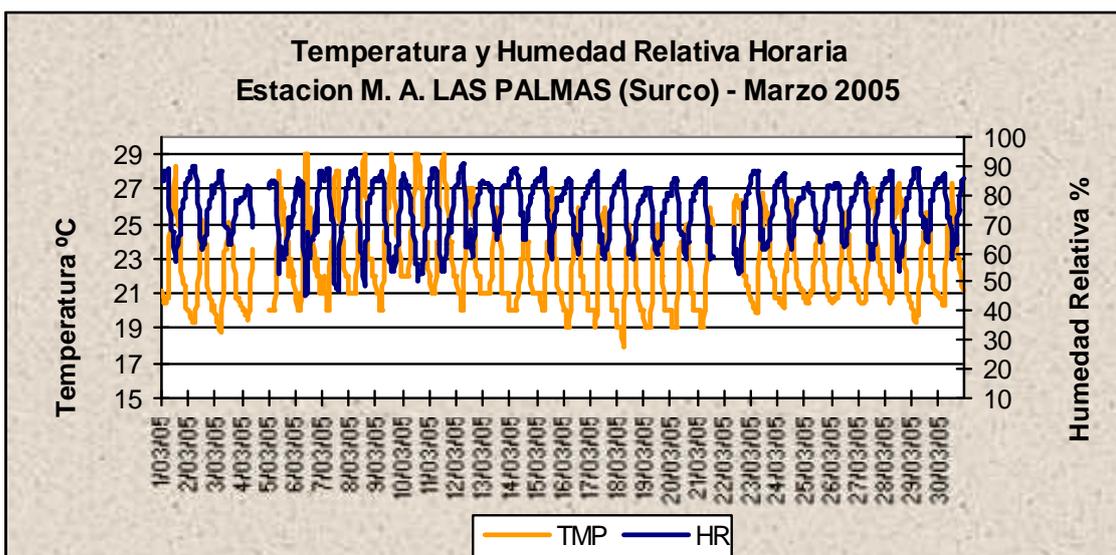
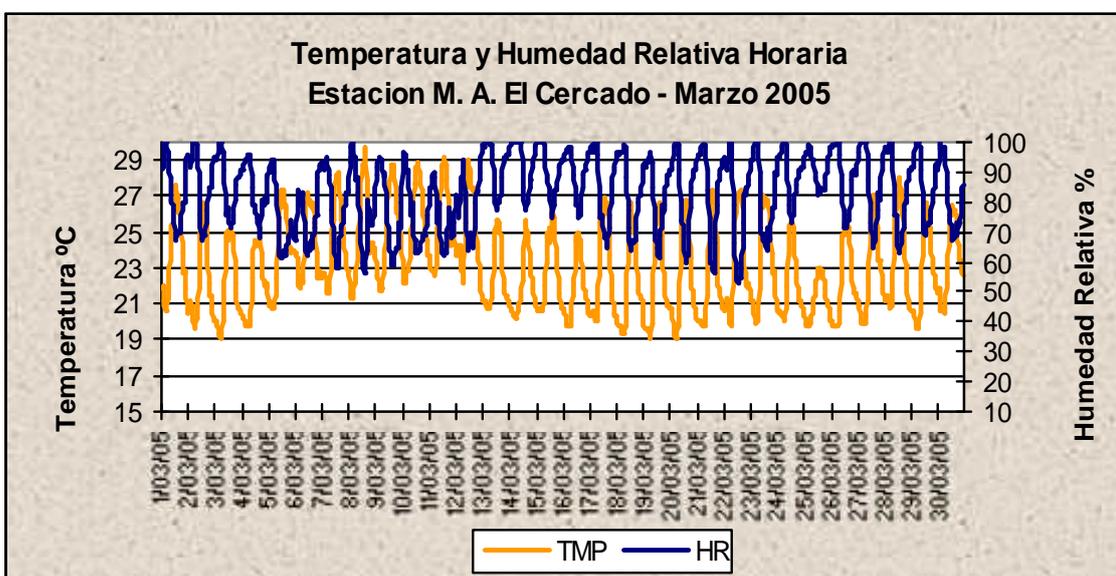
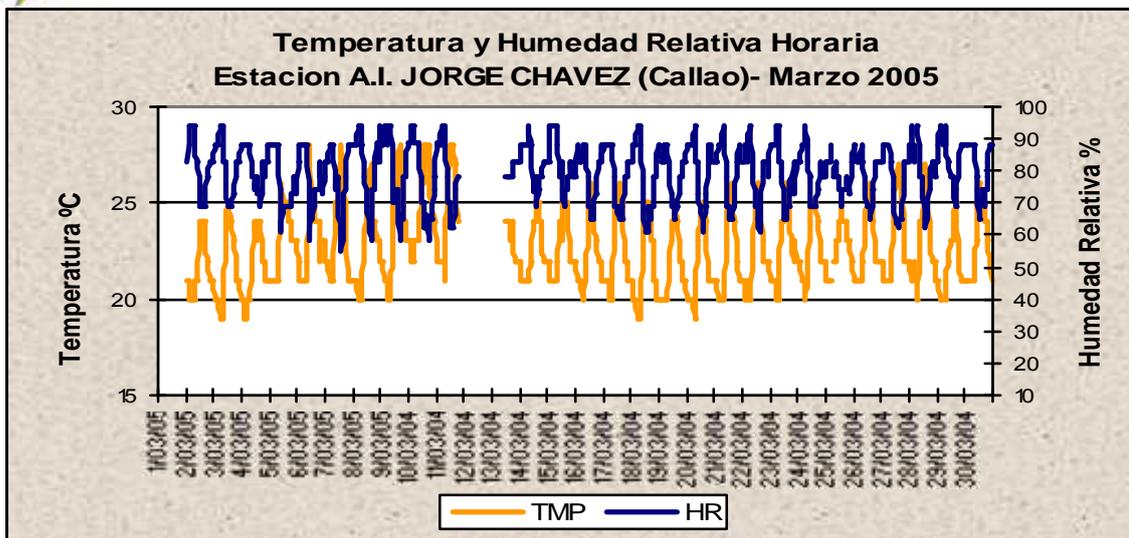
**Fig.3 - Distribución espacial de la concentración de polvo atmosférico (ó contaminantes sólidos sedimentables) en Lima-Callao durante el mes de marzo del 2005**

## 4.2 Condiciones meteorológicas durante el mes de marzo del 2005

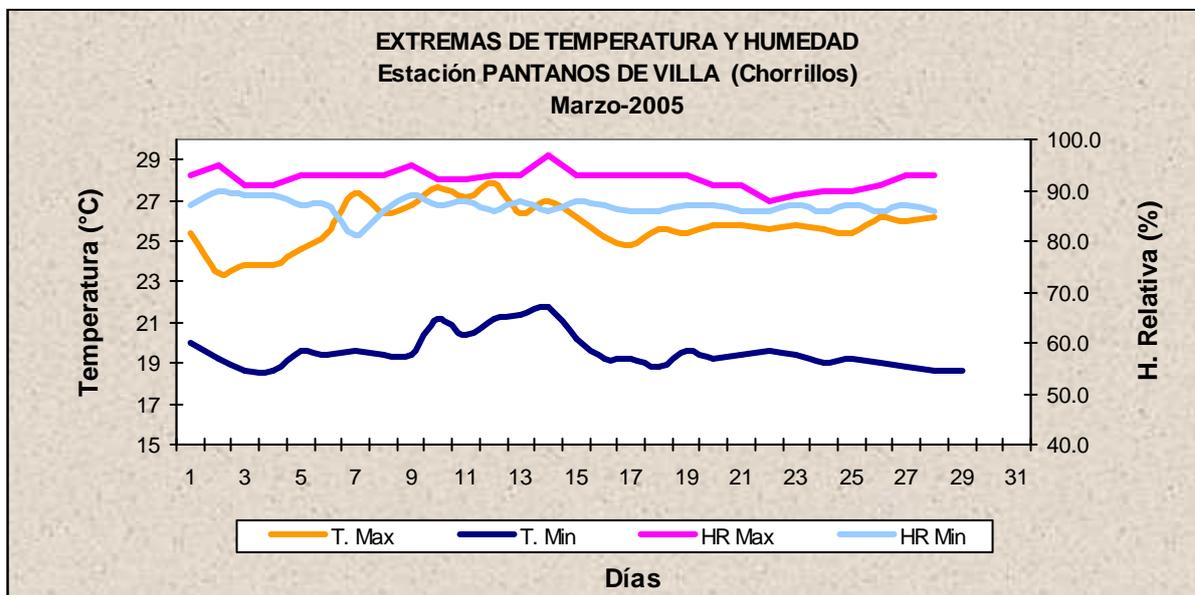
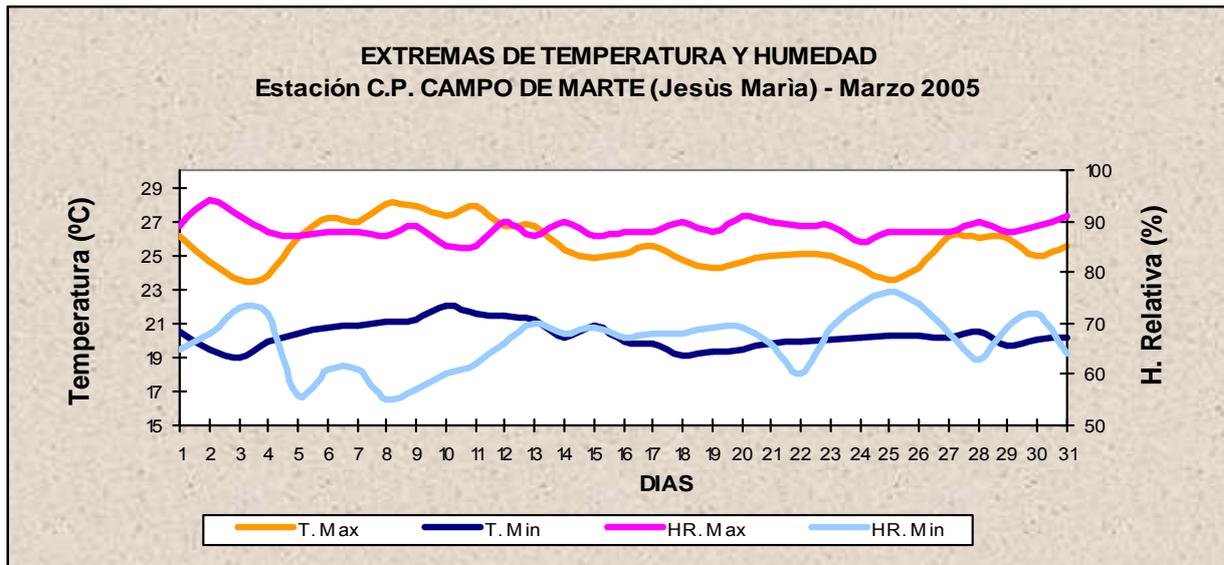
Para el presente mes, el análisis de las condiciones meteorológicas horarias y diarias para la Zona Metropolitana Lima-Callao se ha basado en la información de 5 estaciones meteorológicas, convencionales y automáticas, señaladas en el rubro 3.2. A continuación se desarrollan los análisis respectivos de la información meteorológica.

### 4.2.1. Análisis de Temperatura y Humedad Relativa

- Del análisis de la variación temporal diaria de la temperatura (°C) y humedad relativa (%) extremas se observa lo siguiente: Los valores de la temperatura máxima fluctuaron de 23,0°C a 29,7°C en el Cercado, valores ligeramente superiores a los del mes anterior; mientras que la mínima fue de 18,0°C en Santiago de Surco a 22,6°C en el Cercado. Con respecto a las humedades relativas, la máxima fluctuó entre 82% en Surco a 100% en el Cercado y la mínima osciló entre 45% (Surco) a 90% en Chorrillos (ver **figuras 4 a,b**). Durante el mes de marzo, los días se han presentado principalmente despejados con una alta insolación y sólo algunos de ellos presentaron cielos parcialmente nublados despejándose hacia el mediodía.
- Con respecto al análisis horario de la información, los valores mínimos de la temperatura del aire se registraron de manera predominante entre las 4:00 y 5:00 am mientras que las máximas se presentaron alrededor de las 12:00 y 17:00 hrs. Con respecto a las humedades relativas, la máxima se registró en forma muy variable pero predominantemente en los rangos de 4:00 a 6:00 am; similar comportamiento se presentó en las mínimas con registros entre las 12:00 y 17:00 pm.
- En cuanto al análisis de las temperaturas de las estaciones referidas en la Zona Metropolitana de Lima-Callao, los días más cálidos del mes se registraron los días 10 y 11 con una media de 28,2°C, registro superior a febrero en 0,5°C; mientras que los días más fríos fueron el 3 y 18 de marzo con un valor medio de 18,9°C, similar al mes anterior. Con respecto a la humedad relativa el día más seco en promedio fue el 7 de marzo (60%); más bien, no es posible referir una atmósfera saturada durante este mes ya que promedio la humedad relativa máxima sólo alcanzó un valor de 95% el día 2 de marzo.



**Fig.4a.- Variación horaria de la temperatura y humedad relativa durante el mes de marzo del 2005 en el Callao, el Cercado y Santiago de Surco**



**Fig.4b .- Variación diaria de la temperatura y humedad relativa durante el mes de marzo del 2005 en Jesús María y Chorrillos**

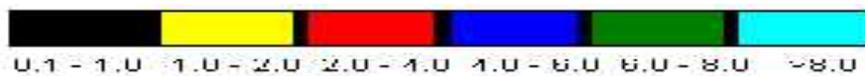
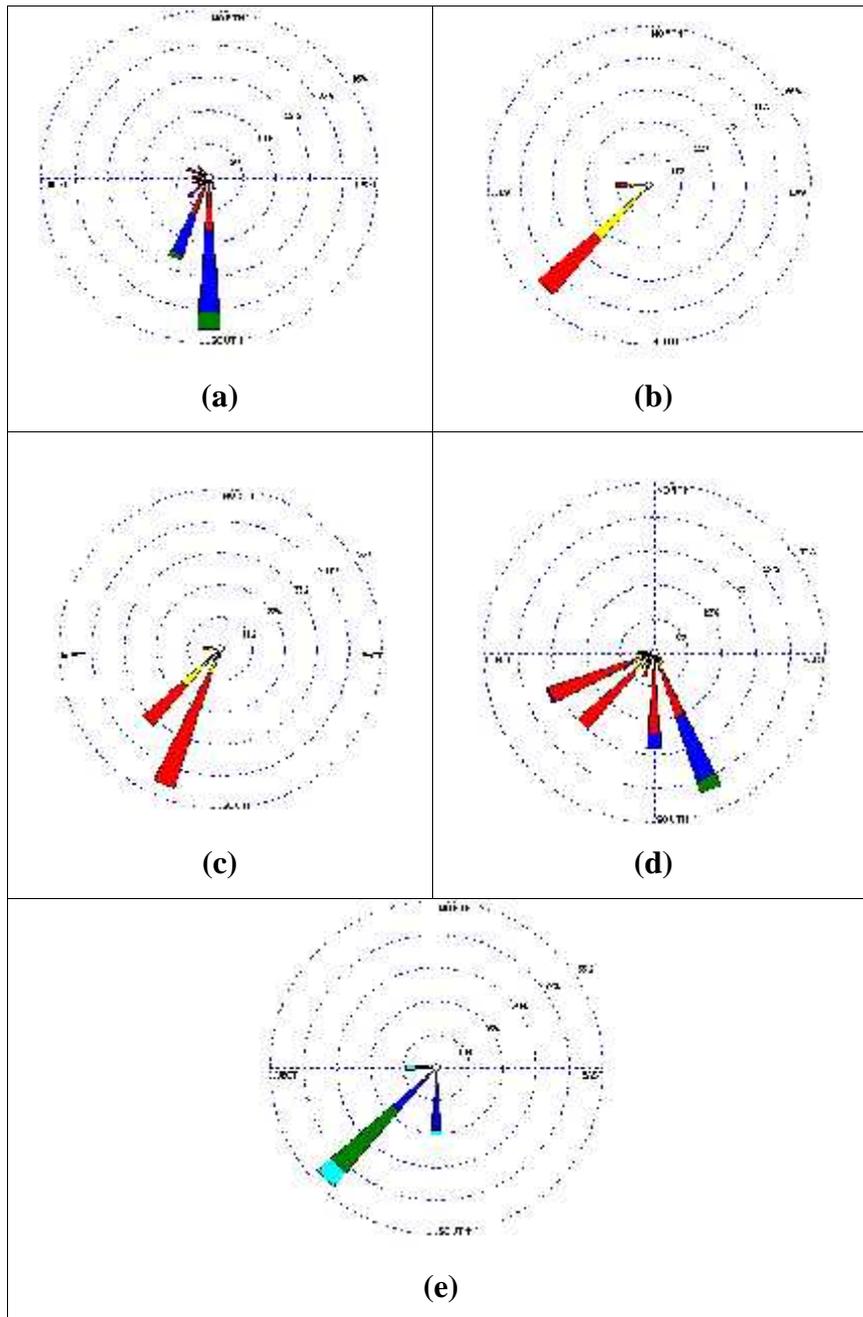
**4.2.2 Análisis del viento superficial en la Zona Metropolitana de Lima-Callao durante el mes de marzo del 2005.**

El análisis de la información horaria de viento superficial (velocidad, dirección y frecuencia) correspondiente al mes de marzo presentado en las **figuras 5 y 6** para el día (07:00 – 18:00) y la noche (19:00 – 06:00) es el siguiente:

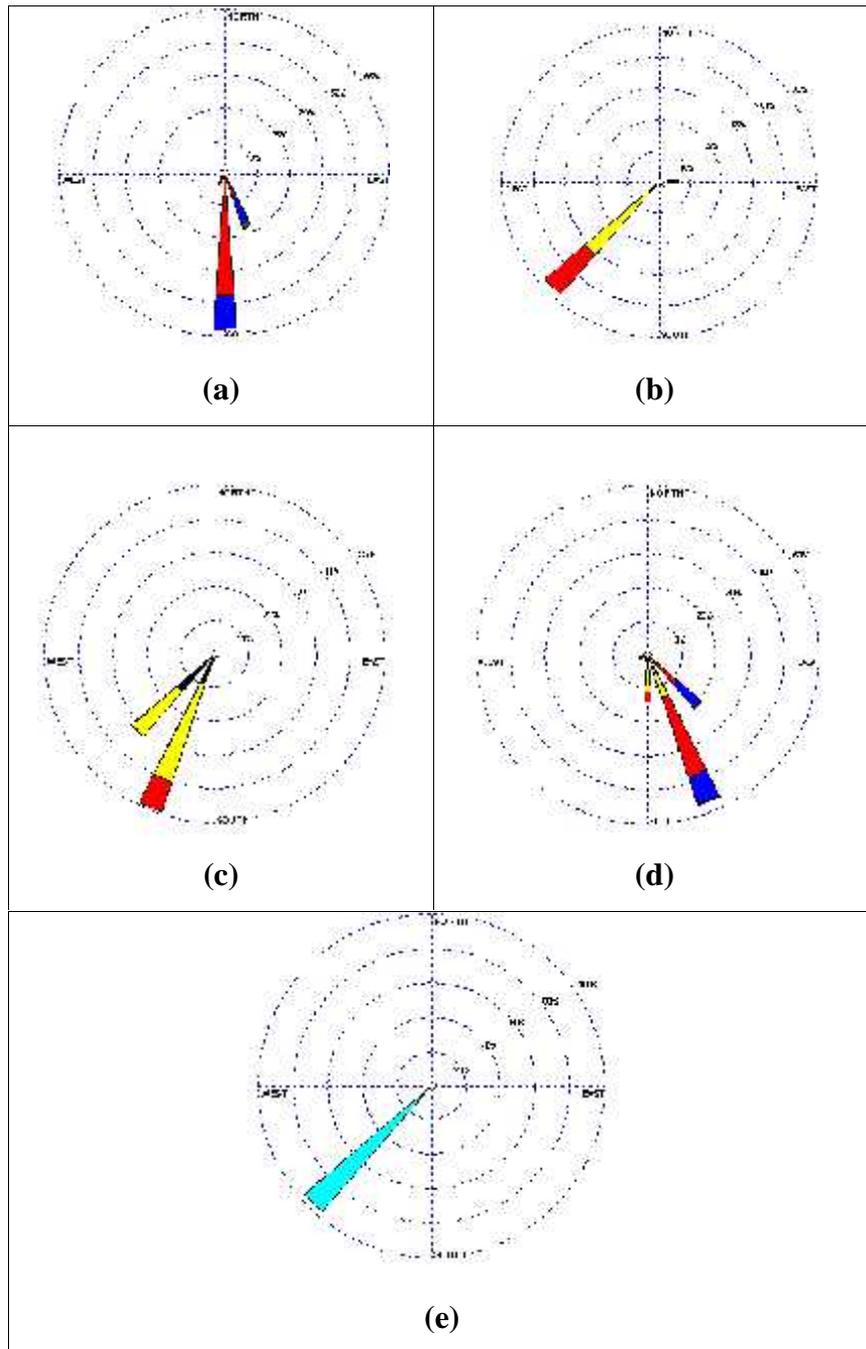
- Durante el día (7:00 a 18:00 horas), se presentaron vientos de intensidad débil (alrededor de 2 m/s) en Jesús María y El Cercado con direcciones provenientes del SW y W (50 y 12%) y del SSW y SW (51 y 35%); intensidades desde débiles a moderadas se registraron en Las Palmas (Surco) con una media de 2,6 m/s con dirección SSE y WSW (26 y 20%), respectivamente. Asimismo, intensidades moderadas (entre 3,5 a 5 m/s) se

registraron hacia el litoral costero (Callao) y sur de la ciudad (Chorrillos) con direcciones del S y SSW (41 y 24%) y del SW y S (61 y 26%), respectivamente.

- Durante la noche (19:00 a 6:00 horas), intensidades débiles (alrededor de 1,4 m/s) se reportaron hacia los distritos de Jesús María y el Cercado con direcciones del SW y E (77 y 10%) y del SSW y SW (54 y 36%), respectivamente. En el distrito de Surco la intensidad media del viento fue de 2,4 m/s (débil a moderada) con dirección SSE y SE (47 y 21%); mientras que intensidades moderadas se presentaron en el Callao con dirección S y SSE (62 y 24%) y fuertes en el distrito de Chorrillos (8,7 m/s) de dirección SW (96%).

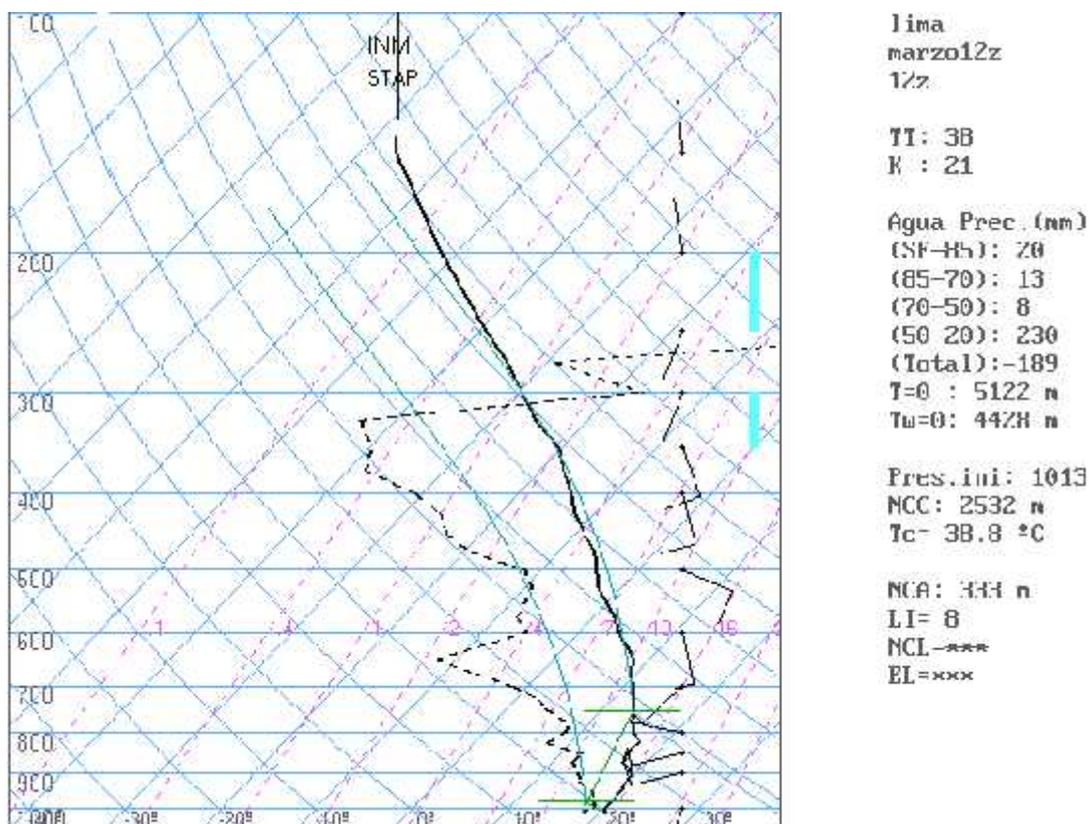


**Fig.5 – Rosas de viento (m/s) diurnas de las estaciones de (a) Callao, (b) Jesús María, (c) El Cercado, (d) Surco y (e) Chorrillos. marzo 2005**



**Fig. 6 – Rosas de viento (m/s) nocturnas de las estaciones de (a) Callao, (b) Jesús María, (c) El Cercado, (d) Surco y (e) Chorrillos. marzo 2005**

#### 4.2.3 Análisis de la temperatura y vientos en el perfil de la tropósfera de la costa central del Perú durante el mes de marzo del 2005



**Fig. 7. - Radiosondaje mensual promedio durante el mes de marzo del 2005 (Aeropuerto Internacional Jorge Chávez)**

En la **figura 7** se muestra el sondaje meteorológico promedio para el mes de marzo. Del análisis realizado, se observó que la capa de inversión térmica en la costa central de Perú estuvo presente durante los 21 días en que se realizó el sondaje, con características descritas en el **Cuadro N° 2**.

**Cuadro N° 2: Características de la Capa de Inversión Térmica en la Costa Central de Perú**

PARÁMETRO	UNIDAD	MÁXIMO		MÍNIMO		PROMEDIO
		Valor	Día	Valor	Día	
Espesor	metro	767	día 23	94	día 26	408,1
Altura Base	metro	1859	día 26	13	día 11,16,23	424,4
Altura Tope	metro	1953	día 26	178	día 7	832,5
T Base	° C	21,4	día 11	13,4	día 24	18,3
T Tope	° C	23,4	día 11	15,0	día 26	20,9
Gradiente	°C / 100metros	1,8	día 3	0,04	día 15	0,7
H.R. Base	%	99	día 2	83	día 14	95,5
H.R. Tope	%	80	día 11	10	día 24	58,2

Respecto al comportamiento de los vientos en el perfil de la Troposfera, entre superficie y los 700 hPa, éstos fueron del W y SW con una intensidad de 2,5 a 5 m/s. Por encima de los 700 hPa, los vientos cambiaron a vientos del SE y luego a vientos del S con intensidades de 5 m/s.

Durante el mes de marzo, la base de la inversión estuvo tres días en superficie y la altura media para el mes fue de 424,4 m, es decir, menor que la correspondiente al mes anterior (**Cuadro N°3**), aunque de menor intensidad (0,7 °C/100m). Estas características, en especial la de la base de la capa de inversión, empeoraron en promedio las condiciones de calidad del aire en toda la Zona Metropolitana de Lima-Callao.

**Cuadro N°3. Sondaje atmosférico en los meses de febrero y marzo 2005**

Parámetros meteorológicos	UNIDAD	Mes en estudio	
		febrero 05	marzo 05
Espesor	metro	345,8	408,1
Altura Base	metro	524,6	424,4
Altura Tope	metro	870,4	832,5
T Base	° C	18,0	18,3
T Tope	° C	20,5	20,9
Gradiente	°C / 100metros	0,9	0,7
H.R. Base	%	94,3	95,5
H.R. Tope	%	72,2	58,2

## 5. Conclusiones

Para el presente mes, las condiciones meteorológicas (procesos de transporte y estabilidad atmosférica) en estrecha interacción con los aportes antropogénicos configuraron en la Zona Metropolitana de Lima-Callao los tres principales centros de alta concentración de polvo atmosférico de la siguiente forma: El primer núcleo al norte de la ciudad con el valor más alto del mes de 31,0 t/km<sup>2</sup>/mes; el segundo en la zona centro-este con un valor de 24,9 t/km<sup>2</sup>/mes y el tercero hacia el sur con una concentración de 24,1 t/km<sup>2</sup>/mes.

El 75,9% de las 29 estaciones superaron el nivel referencial establecido por la Organización Mundial de la Salud y la media mensual fue de 11,6 t/km<sup>2</sup>/mes. Sólo los distritos adyacentes al litoral y algunos residenciales se mantuvieron por debajo de dicho límite por las razones ya descritas.

Con respecto al análisis de las temperaturas y humedades relativas extremas, la temperatura máxima fluctuó de 23,0°C a 29,7°C en el Cercado; mientras que la mínima fue de 18,0°C en Surco a 22,6°C en el Cercado. La humedad relativa máxima fluctuó entre 82% en Surco a 100% en el Cercado y la mínima osciló entre 45% (Surco) a 90% en Chorrillos.

De las estaciones observadas, los días más cálidos del mes se registraron los días 10 y 11 con una media de 28,2°C; mientras que los días más fríos

fueron el 3 y 18 de marzo con un valor medio de 18,9°C. Con respecto a la humedad relativa el día más seco en promedio fue el 7 de marzo (60%); no hubieron días de atmósfera saturada (95% / 2 de marzo).

Con respecto al comportamiento del viento superficial, durante el día se presentaron vientos de intensidades desde débiles en el Cercado y Jesús María con direcciones provenientes del SSW y SW (51 y 35%) y del SW y W (50 y 12%) hasta moderadas hacia el litoral costero (Callao) y sur de la ciudad (Chorrillos) con direcciones del S y SSW (41 y 24%) y del SW y S (61 y 26%), respectivamente. Durante la noche, se reportaron intensidades desde débiles hacia los distritos de el Cercado y Jesús María con direcciones SSW y SW (54 y 36%), y del SW y E (77 y 10%), hasta fuertes en el distrito de Chorrillos (8,7 m/s) de dirección SW (96%).

Con respecto al análisis de la información de altura, la inversión térmica presentó una altura de base promedio de 424,4 m con una intensidad de 0,7°C/100m, condiciones que en promedio empeoraron la calidad del aire en la Zona Metropolitana de Lima-Callao.