



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

### INDICE

1	INTRODUCCIÓN	3
2	MARCO TEÓRICO: Contaminantes Sólidos Sedimentables	3
3	CUENCA ATMOSFERICA DE Z.M. DE LIMA-CALLAO	4
4.	METODOLOGÍA	6
5.	RESULTADOS DEL MONITOREO AMBIENTAL	11
	5.1 Distribución espacial de contaminantes sólidos sedimentables durante el mes de Febrero del 2005 en la Zona Metropolitana de Lima- Callao.	11
	5.2 Análisis del comportamiento de la precipitación ácida durante el mes de Febrero del 2005 en la Zona Metropolitana de Lima- Callao.	14
	5.3 Condiciones Meteorológicas durante el mes de Febrero	14
6.	CONCLUSIONES	22

### INDICE DE FIGURAS

Fig. 1	Diámetro aerodinámico de las partículas	4
Fig. 2a	Red de estaciones meteorológicas y de contaminantes sólidos sedimentables en la Zona Metropolitana de Lima-Callao	9
Fig. 2b	Red de estaciones meteorológicas y de deposición húmeda en la Zona Metropolitana de Lima-Callao	10
Fig. 3	Totales mensuales de contaminantes sólidos sedimentables registrados durante el mes de Febrero 2005 en Lima-Callao	12
Fig. 4	Distribución espacial de la concentración de sólidos sedimentables en Lima-Callao durante el mes de Febrero del 2005	13
Fig. 5a-	Variación horaria de la temperatura y humedad relativa en Comas, Callao Cercado durante el mes de Febrero del 2005 en Lima-Callao	16
Fig. 5b-	Variación diaria de la temperatura y humedad relativa en Santiago de Surco durante el mes de Febrero del 2005 en Lima-Callao	17
Fig. 6b-	Variación horaria de la temperatura y humedad relativa en Jesús María y Chorrillos durante el mes de Febrero del 2005 en Lima-Callao	17
Fig. 7	– Rosas de viento Diurnas	19
Fig. 8	– Rosas de viento Nocturnas	20
Fig. 9.-	Radiosondaje mensual promedio mes de Febrero	21



## INDICE DE CUADROS

Cuadro. 1 Concentraciones de los contaminantes sólidos sedimentables. Meses de Enero y febrero 2005	12
Cuadro. 2 Características de la Capa de Inversión Térmica en la Costa Central del Perú – febrero 2005	21
Cuadro. 3 Sondaje atmosféricos en los meses de enero y febrero 2005	22

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

### 1. Introducción

Durante el mes de febrero, el SENAMHI, a través de representantes de la Dirección General de Investigación y Asuntos Ambientales (DGIA), como miembro del Comité de Gestión de la Iniciativa de Aire Limpio para Lima-Callao y coordinador del Grupo de Trabajo para la Implementación de la red de monitoreo y del sistema de pronóstico de la Calidad del Aire para Lima-Callao participó el día 11 en la reunión de coordinadores de grupos de trabajo del Comité para tratar sobre la propuesta de convenio entre el Comité de Aire Limpio (Perú) – Centro peruano californiano (CEPECAL-California,USA) con fines de cooperación técnica en asuntos ambientales. Asimismo, el día 16 de febrero funcionarios de esta DGIA participaron en la ceremonia de celebración de entrada en vigor del protocolo de Kyoto organizado por el CONAM, donde se difundió que este documento es el primer instrumento mediante el cual 30 países industrializados se comprometen a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero hasta los niveles en que se emitían en el año 1990.

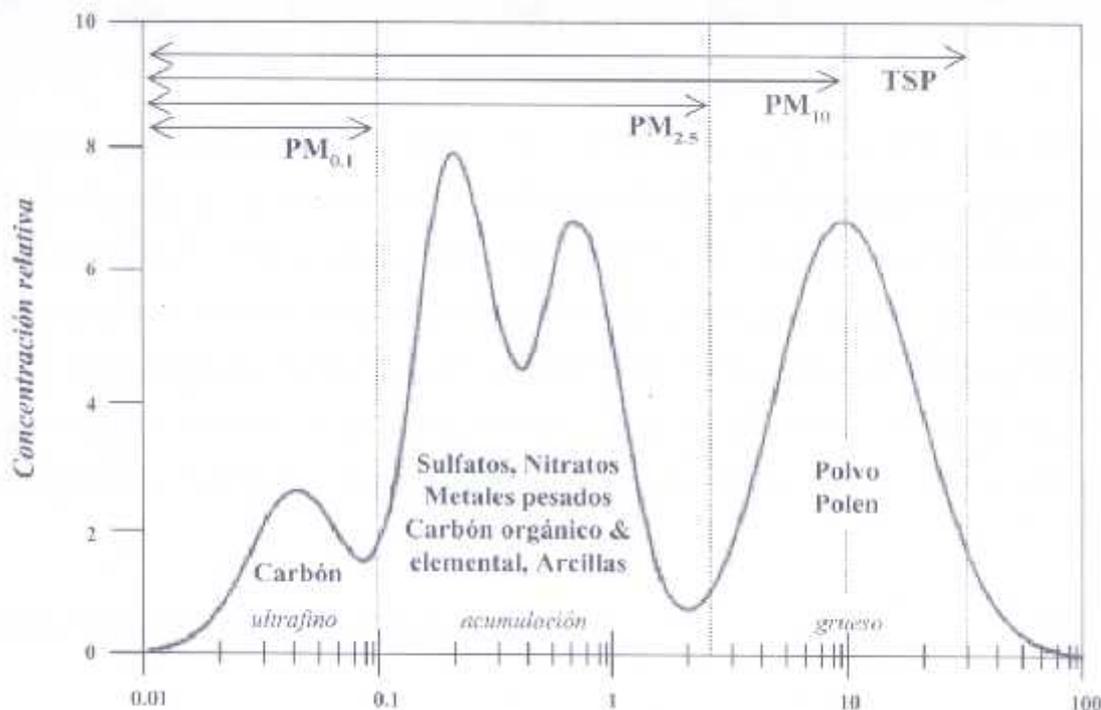
Dentro de las actividades del Programa de Vigilancia de la Contaminación Atmosférica en la Zona Metropolitana de Lima-Callao enmarcadas en el ámbito de la investigación, se continuó con el proceso de ampliación de la red de muestreo de los contaminantes sólidos sedimentables (CSS), también conocido como polvo atmosférico o deposición ácida seca, hacia los distritos de Carabayllo y Pachacamac dentro de los límites de la Cuenca Atmosférica ya definida.

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 febrero, mes representativo de la estación de verano en el Hemisferio Sur.

### 2. Marco Teórico: Contaminantes Sólidos Sedimentables (Polvo atmosférico)

Los contaminantes sólidos sedimentables, polvo atmosférico o deposición ácida seca incluyen al grupo de partículas de hasta un diámetro de aproximadamente  $100\mu$ , considerando que el polvo de mayor tamaño tiende a sedimentar rápidamente (SwissContact, 2001)<sup>(1)</sup>. En la siguiente figura (**figura 1**) se muestra la distribución según tamaño y origen del polvo.

(1) Consultora SwissContact.2001. Manual de Laboratorio -proyecto Monitoreo del aire. Programa de Aire Puro para Centroamérica. Lima, Perú



**Figura 1. Diámetro aerodinámico de las partículas**

*Fuente: Manual de Laboratorio -proyecto Monitoreo del aire. Programa de Aire Puro para Centroamérica*

De acuerdo a Hedin, *et al*, (1996) <sup>(2)</sup>, el polvo atmosférico contiene compuestos químicos conocidos como bases, las cuales neutralizan la acidez de los contaminantes del aire que causan la lluvia ácida. Las emisiones industriales, las actividades agrícolas, tales como el arado y el transporte sobre terrenos no pavimentados contribuyen al polvo atmosférico. Las fuentes naturales incluyen los incendios forestales y la erosión causada por el viento, principalmente. Los contaminantes ácidos derivan principalmente de la combustión de los combustibles fósiles en fábricas, vehículos y en los hogares. Un beneficio adicional de las partículas es que ellas transportan numerosos nutrientes para los bosques y demás vegetación; sin embargo, el deterioro ambiental que ocasiona (disminución de la visibilidad) influye a su vez sobre la calidad de vida de las personas.

### 3. 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.

2) Hedin, L.; Likens, G. 1996. Atmospheric dust and acid rain. Published in Scientific American. Usa.

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 1a**) que son las siguientes:

### 3.1 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

### 3.2 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

### 3.3 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 de los Contaminantes Sólidos Sedimentables (CSS), el presente Boletín muestra los resultados obtenidos para el mes de febrero 2005.

## 4. Metodología

### 4.1 Contaminantes Sólidos Sedimentables

La información empleada para el presente análisis corresponde a la obtenida de la red de muestreo de contaminantes sólidos sedimentables (polvo atmosférico) compuesta por 26 estaciones ubicadas en el ámbito de la Cuenca Atmosférica de la Zona Metropolitana de Lima-Callao (**figura 2a**). Continuando con el proceso de ampliación de la red de muestreo, se han instalado tres estaciones más: Dos en el distrito de Carabaylo y otra en el distrito de Pacahacamac (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.

### 4.2 Contaminantes Gaseosos

La evaluación mensual de los gases contaminantes del aire (CO, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub>) en la Estación de Calidad de Aire ubicada en la Sede Central (**figura 2a**) se realiza de acuerdo a la siguiente metodología:

- **Fase de campo:** Calibración según método aprobado por EPA, Operación continua de analizadores automáticos de Ozono troposférico modelo API 400A, Monóxido de Carbono API 300, Dióxido de Azufre API 100A y estación meteorológica automática por el período de observación establecido. Descarga de la información in situ (downloading) mediante cable RS-232 y software API COM para analizadores y software Energy para estación meteorológica automática. Cambio de filtros cada 15 días en promedio. Inspección de fugas y limpieza en la línea de ingreso de muestra.
- **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.

### 4.3 Monitoreo de la Deposición Ácida

El monitoreo de la deposición ácida durante una fase preparatoria cubre cuatro medios: Deposición húmeda, deposición seca, suelo y vegetación además de ambiente acuático. El monitoreo para deposición seca y húmeda son implementadas en principio para observar concentraciones y flujos de sustancias ácidas depositadas en la tierra, mientras el monitoreo para suelo/vegetación y medio ambiente acuático son en principio implementadas para evaluar impactos adversos sobre ecosistemas terrestres y acuáticos. A continuación se describen los principales criterios metodológicos para la evaluación de la deposición ácida.

#### a) Deposición Húmeda

- Intervalos de Monitoreo

La deposición húmeda se monitorea cada 24 horas o en función a cada evento de precipitación para un área urbana, rural o zona remota.

- Principales parámetros

Análisis de Precipitación: pH, conductividad eléctrica, concentraciones de iones sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y otros iones cloruro ( $\text{Cl}^-$ ), amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), sodio ( $\text{Na}^+$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ), calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) y magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ).

#### b) Deposición Seca

- Intervalos de Monitoreo

Cada quince días o cada mes

Cada hora, cuando se cuenta con instrumentos automáticos

- Principales mediciones:

Partículas: pH, análisis de concentración de iones sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), cloruros ( $\text{Cl}^-$ ), amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), sodio ( $\text{Na}^+$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ), calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) y magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ )

### c) Suelo y Vegetación

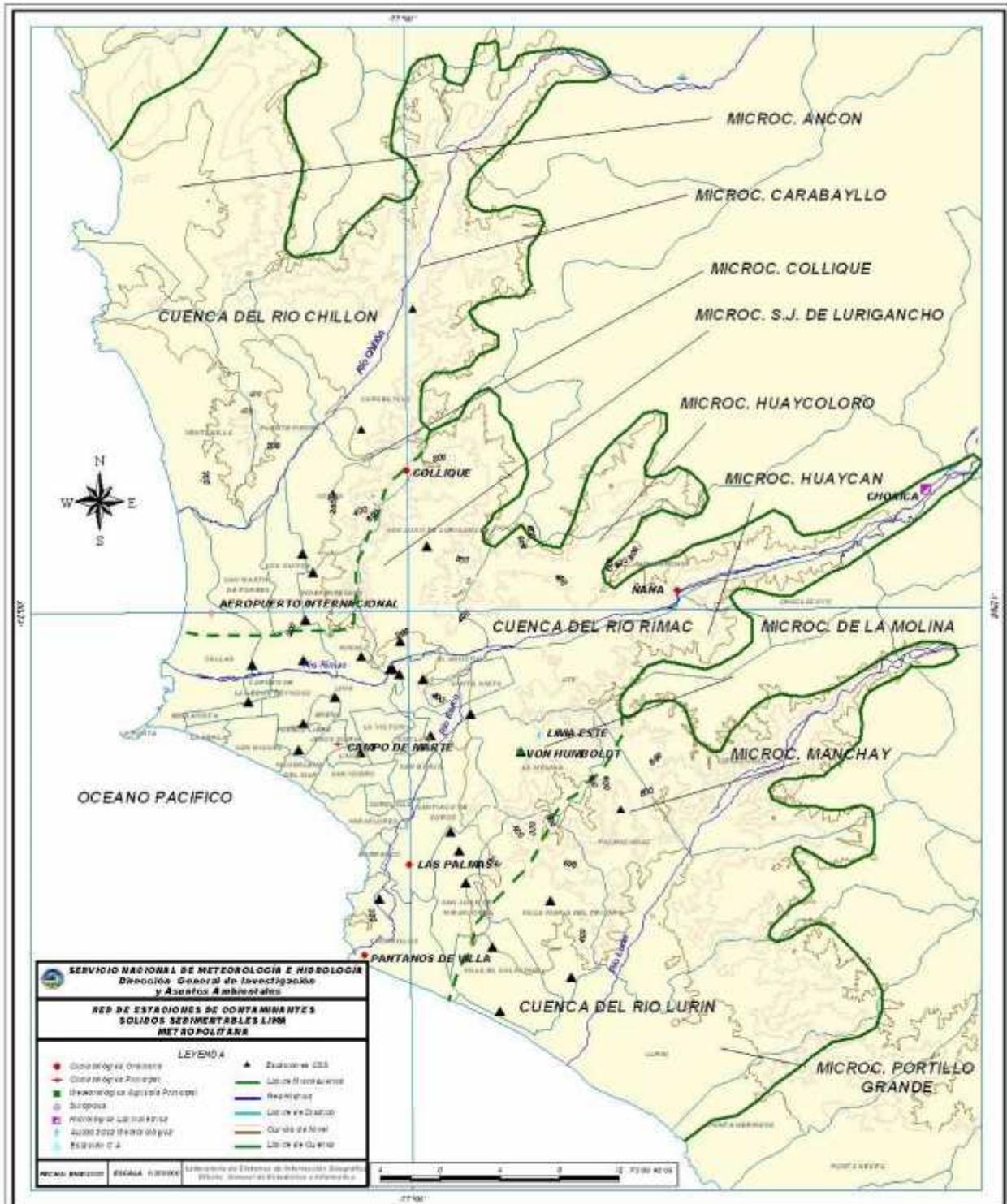
- Intervalo de monitoreo  
Más de una vez durante la fase preparatoria.
- Principales Parámetros  
Suelo: pH, capacidad de intercambio de cationes y concentración de iones intercambiables  
Vegetación: Grado de inclinación de árboles y anomalías en las hojas y ramas.

### d) Ambiente acuático

- Intervalo de Monitoreo  
Más de cuatro veces al año
- Principales Parámetros  
Agua: pH, conductividad eléctrica, iones sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), cloruros ( $\text{Cl}^-$ ), amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), sodio ( $\text{Na}^+$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ), calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) y magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ )

En el caso de la Z.M. de Lima-Callao se ha iniciado la evaluación de la deposición húmeda (lluvia) mediante la colocación de vasos de recolección para medición directa del pH durante un evento cada 24 horas. En la **figura 2b** se muestra la red de estaciones para monitoreo de precipitación húmeda.

En el caso de la deposición seca se pretende instalar colectores (jarras) para obtener muestras de partículas sedimentables para el análisis de contenido iónico.





**Fig. 2b - Red de estaciones meteorológicas y de monitoreo de deposición húmeda en la Zona Metropolitana de Lima-Callao**

## 5. Resultados del Monitoreo Ambiental

### 5.1 Distribución espacial de contaminantes sólidos sedimentables (polvo atmosférico) durante el mes de febrero del 2005 en la Zona Metropolitana de Lima- Callao.

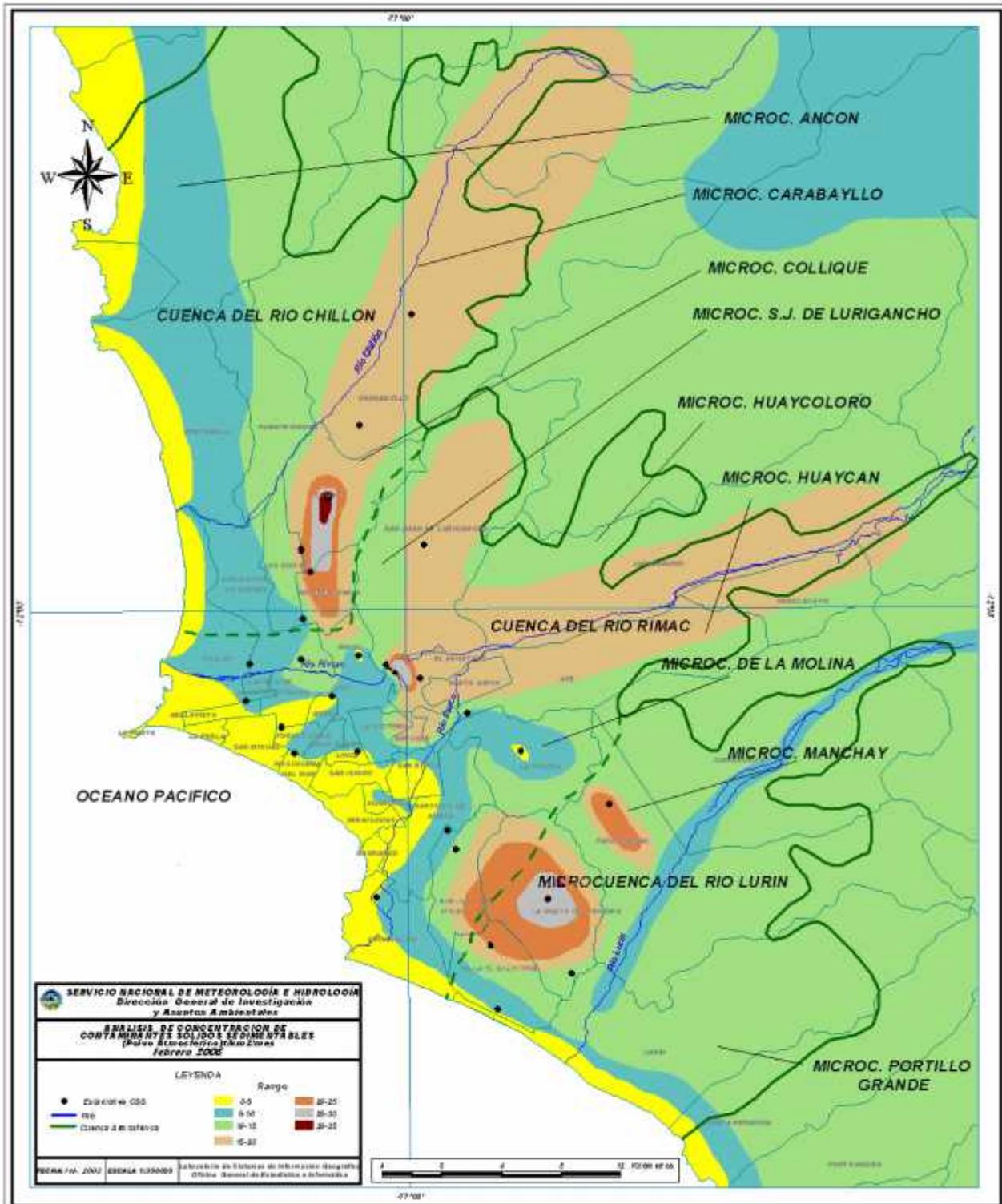
En la **figura 2a** se presenta la red de contaminantes sólidos sedimentables (polvo atmosférico o deposición ácida seca). Durante el presente mes, se recopiló información de las 26 estaciones de muestreo, 19 (73,08%) de las cuales excedieron el límite referencial permisible recomendado por la OMS ( $5 \text{ t/km}^2/\text{mes}$ ), según se muestra en la **figura 3**.

En la **figura 4** se muestra para el mes de febrero el análisis del comportamiento espacial de la concentración de los contaminantes sólidos sedimentables en la Zona Metropolitana de Lima-Callao en donde 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 el 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. Los tres principales centros de concentración de acumulación de polvo atmosférico son los siguientes: Hacia el cono norte (Cuenca del río Chillón) se configura el primero, extendiéndose a lo largo de los distritos de Carabaylo, Comas, Los Olivos e Independencia, con un intenso núcleo en el distrito de Comas con un valor de  $33,0 \text{ t/km}^2/\text{mes}$ , el más alto del 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  $26,3 \text{ t/km}^2/\text{mes}$  en el distrito de El Agustino. 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  $25,5 \text{ t/km}^2/\text{mes}$ .

Asimismo, puede observarse una estrecha franja amarilla que representa aquellos distritos que no exceden el valor referencial establecido por la OMS equivalente a  $5 \text{ t/km}^2/\text{mes}$ ; éstos por estar situados cerca al litoral costero se ven favorecidos por las brisas marinas que fluyen hacia el este permitiendo la dispersión, mientras que parte de algunos distritos residenciales como son San Isidro, San Borja, Miraflores y parte de Santiago de Surco que dadas sus políticas municipales incentivan índices adecuados de vegetación que reducen el fenómeno de resuspensión de CSS.

Como se puede observar el **Cuadro N°1**, en términos generales, la contaminación se ha mantenido en niveles muy altos similares al mes anterior en los conos, como corresponde a las características de la estación de verano,





**Fig.4 - Distribución espacial de la concentración de sólidos sedimentables en Lima-Callao durante el mes de febrero del 2005**

## 5.2 Análisis del comportamiento de la precipitación ácida en la Zona Metropolitana de Lima-Callao

Durante este mes, en la Zona Metropolitana de Lima-Callao si bien se reportaron precipitaciones muy esporádicas en algunos lugares de la capital, no fueron en cantidad suficientes para la medición de la lluvia ácida.

Se continuarán con las mediciones de ph de precipitación pluvial en los próximos meses y se iniciarán los análisis de las muestras de agua para evaluar su composición.

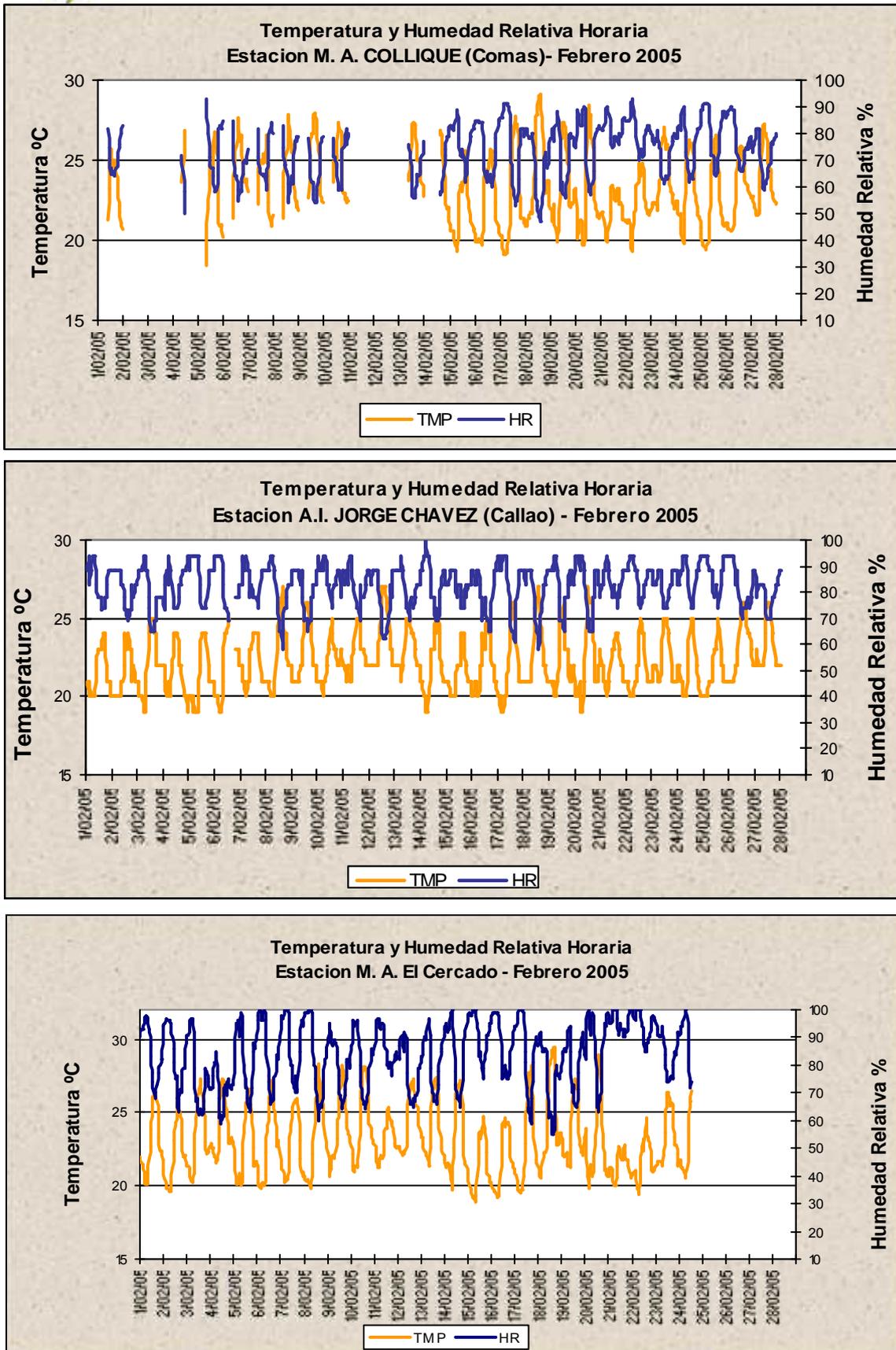
## 5.3 Condiciones meteorológicas durante el mes de febrero del 2005

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 6 estaciones meteorológicas, convencionales y automáticas, ordenadas de norte a sur que se mencionan a continuación: Estación climatológica Collique (Comas), Estación sinóptica 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). Estas estaciones forman parte de la red meteorológica presentada en la **figura 2a**.

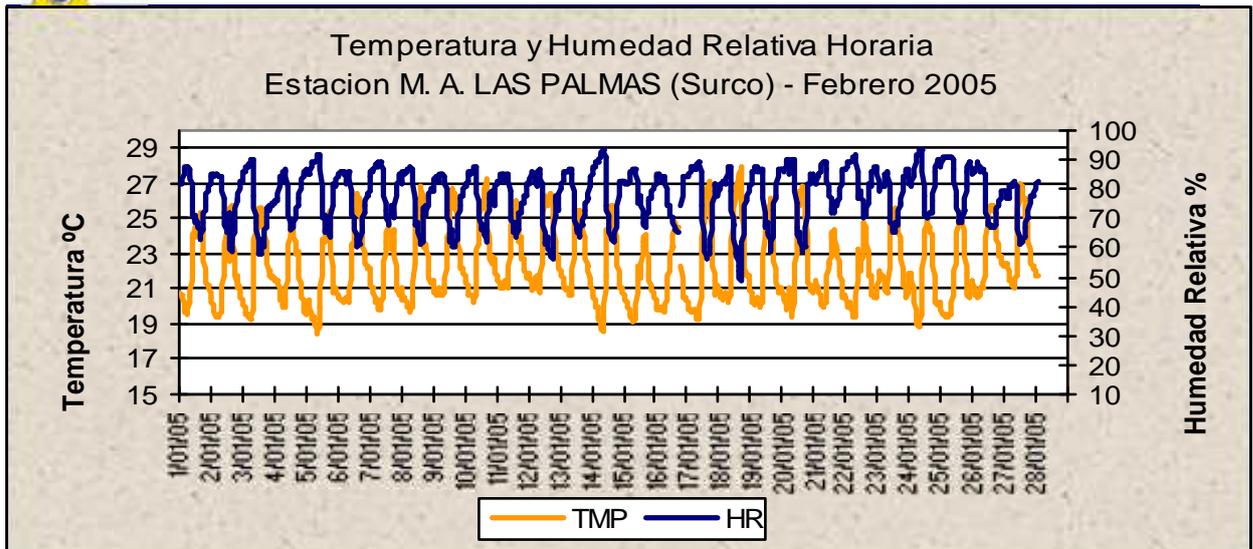
### 5.3.1. Análisis de Temperatura y Humedad Relativa

- 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 22,0°C en el Callao a 29,4°C en Comas y el Cercado; mientras que la mínima fue de 18,0°C en Chorrillos a 22,4°C en Comas; dichos registros fueron ligeramente inferiores a las extremas del mes anterior, debido a la mayor frecuencia durante el mes de trasvases húmedos de la cuenca amazónica que ocasionaron en la costa central días con condiciones meteorológicas desde cielo cubierto o parcialmente nublado y muy pocos días con cielo despejado. Con respecto a las humedades relativas, la máxima fluctuó entre 81% en Comas a 100% en el Callao; en tanto que la mínima osciló entre 47% (Comas) a 90% en El Cercado (ver **figuras 5 y 6a,b**). Durante el mes de febrero, los días se han presentado principalmente despejados con alta insolación; durante la segunda década las mañanas se presentaron frecuentes condiciones de cielo cubierto evolucionando a parcialmente nublado. Se reportaron algunas lloviznas aisladas.
- 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 6:00 am mientras que las máximas se presentaron alrededor de las 12:00 y 16:00 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.

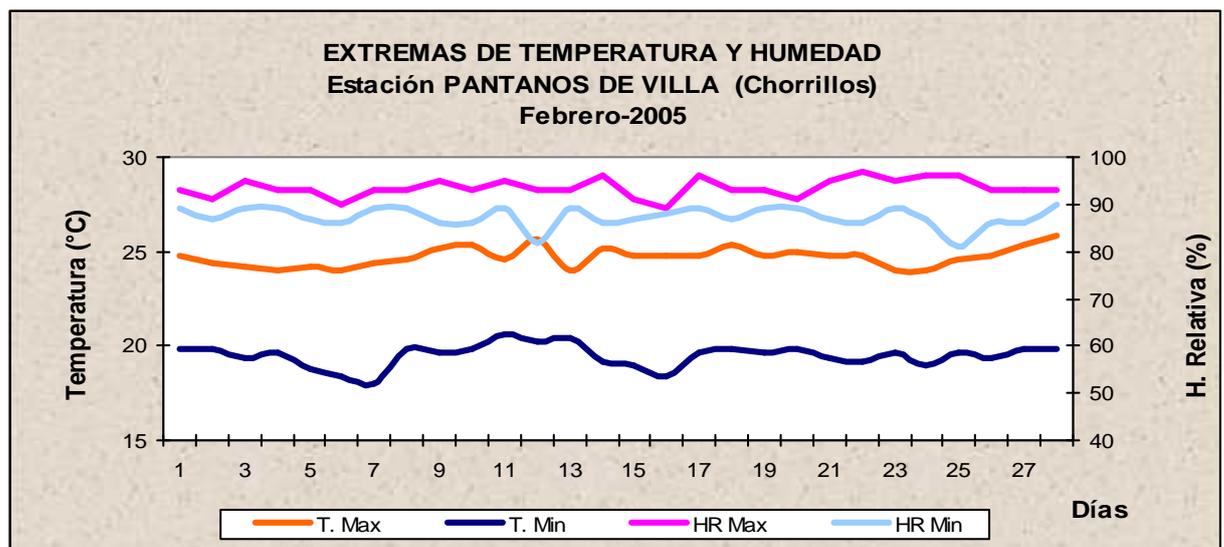
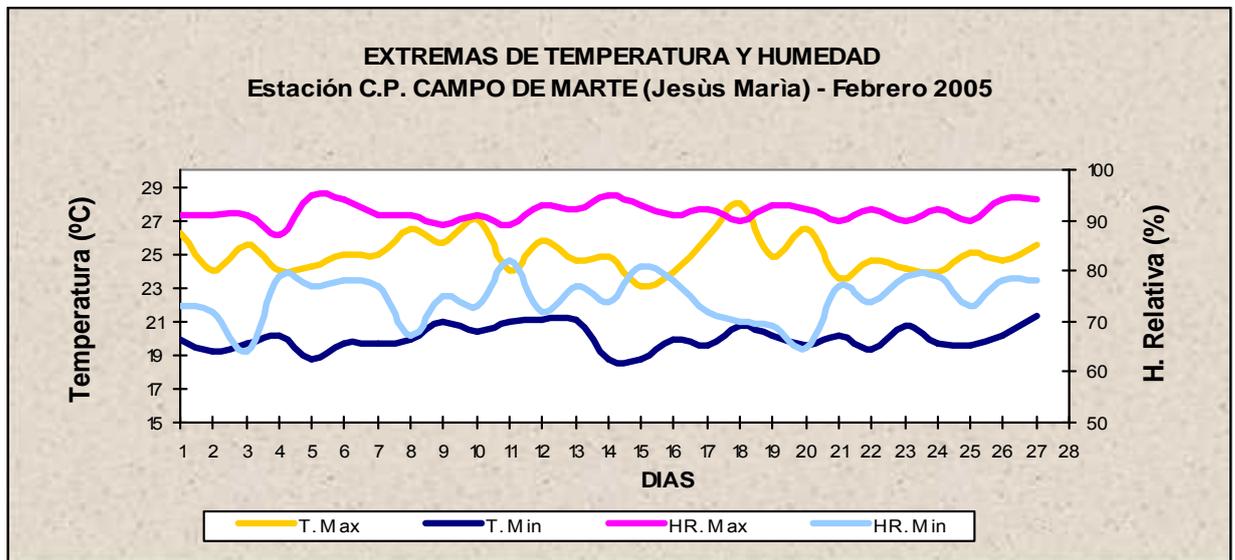
- En cuanto al análisis de las temperaturas de las estaciones señaladas en la Zona Metropolitana de Lima-Callao, el día más cálido del mes se registró en la segunda década (18 de febrero) con una media de 27,7°C, registro inferior al mes anterior en 1,5°C; mientras que el día más frío fue el 5 de febrero con un valor medio de 18,9°C, inferior al registro medio anterior en 0,5°C. Con respecto a la humedad relativa promedio, el día más seco fue el 18 de febrero (62%); respecto a la presencia en promedio de días con atmósfera saturada, puede considerarse que no los hubo, puesto que en promedio la humedad relativa máxima alcanzó un valor de 94% los días 5,13,14 y 22 de febrero.



**Fig.5a.- Variación horaria de la temperatura y humedad relativa durante el mes de febrero del 2005 en Comas, Callao y El Cercado**



**Fig.5b.- Variación horaria de la temperatura y humedad relativa durante el mes de febrero del 2005 en Santiago de Surco**

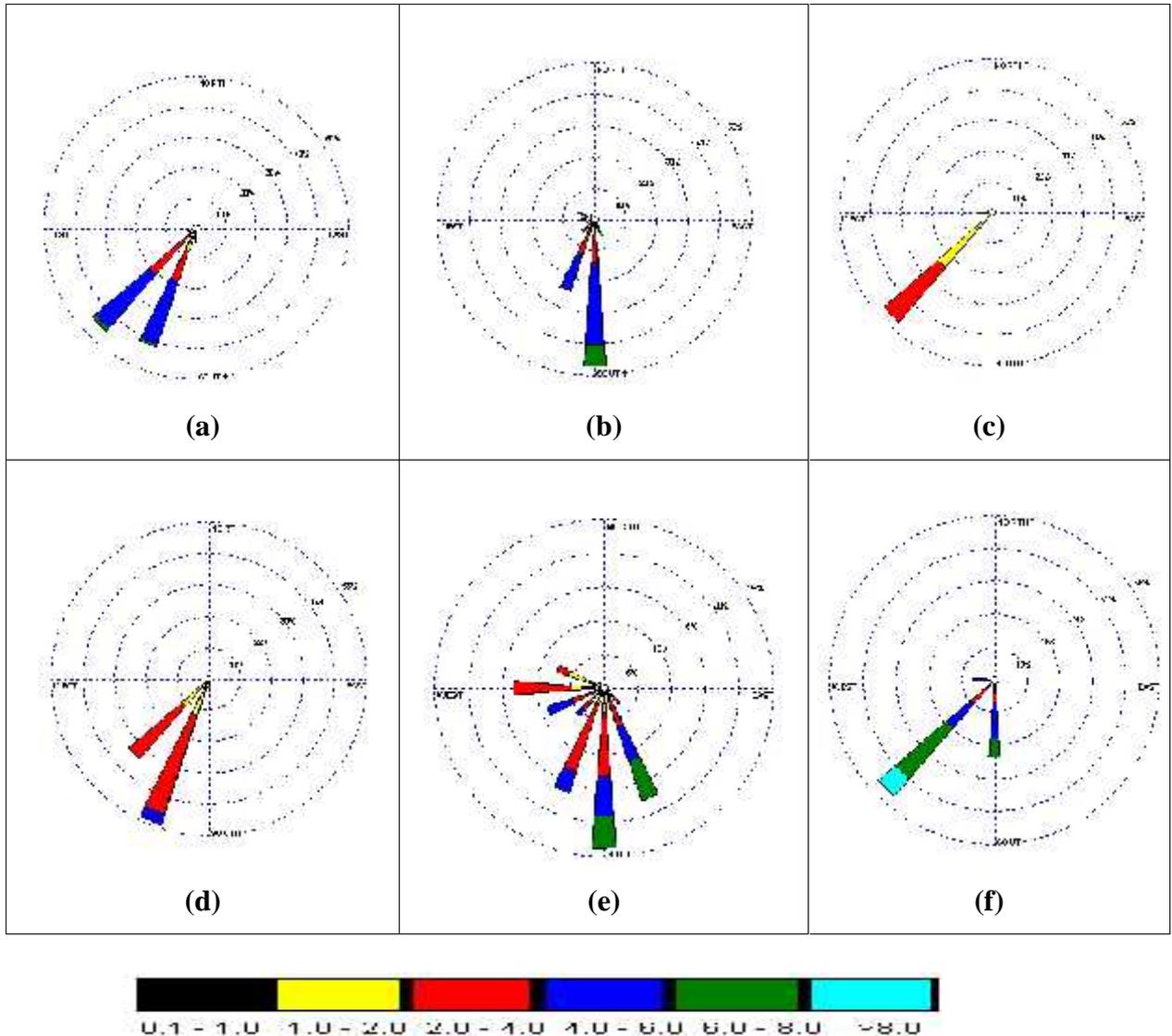


**Fig.6.- Variación diaria de la temperatura y humedad relativa durante el mes de febrero del 2005 en Jesús María y Chorrillos**

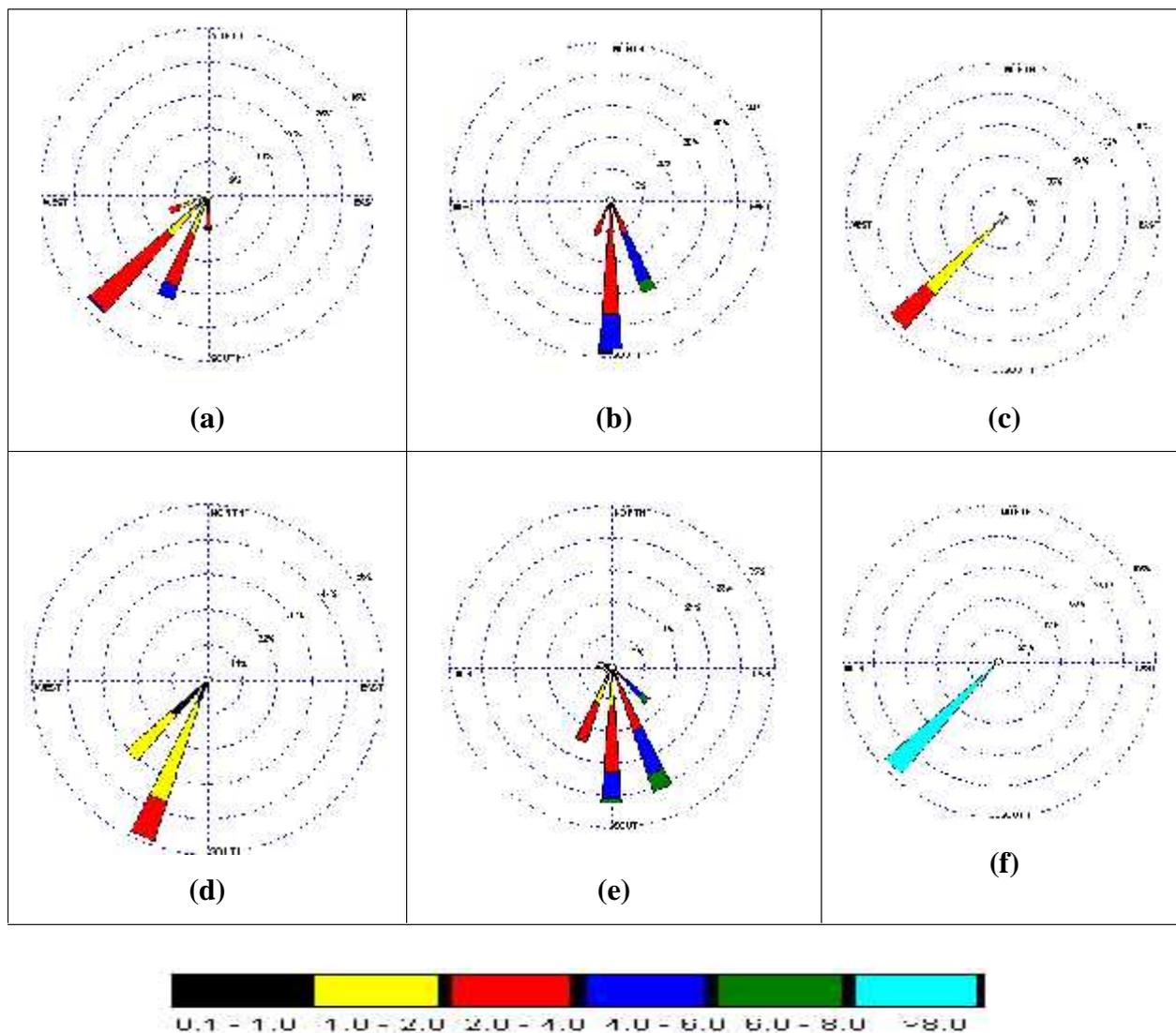
### 5.3.2 Análisis del viento superficial en la Zona Metropolitana de Lima-Callao durante el mes de febrero del 2005.

El análisis de la información horaria de viento superficial (velocidad, dirección y frecuencia) correspondiente al mes de febrero presentado en las **figuras 7 y 8** 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 (1,9 m/s) en la estación de Jesús María y de intensidad débil a moderada en El Cercado (2,4m/s) con direcciones del SW (52%) con ocurrencia de calmas de 43% y del SSW y SW (54% y 37%), respectivamente. Intensidades moderadas (alrededor de 3,2 a 4,8 m/s) se registraron hacia el norte (Comas), litoral costero (Callao) y sur de la ciudad (Surco y Chorrillos) con direcciones del SW y SSW (45 y 42%), S y SSW (47 y 24%), del S y SSE (24 y 18%) y del SW y S (61 y 30%), respectivamente.
- Durante la noche (19:00 a 6:00 horas) en los distritos de Comas, Jesús María y El Cercado, se registraron vientos de débil intensidad ( alrededor de 1,5 m/s) con direcciones SW y SSW (43 y 30%), SW (85%) y del SSW y SW (53 y 34%). Intensidades moderadas se presentaron en el Callao y las Palmas (alrededor de 3m/s) con direcciones S y SSE (49 y 31%) y del S y SSE (30y 29%), respectivamente. Vientos de fuerte intensidad se presentaron en el distrito de Chorrillos (8,2 m/s) de dirección SW.

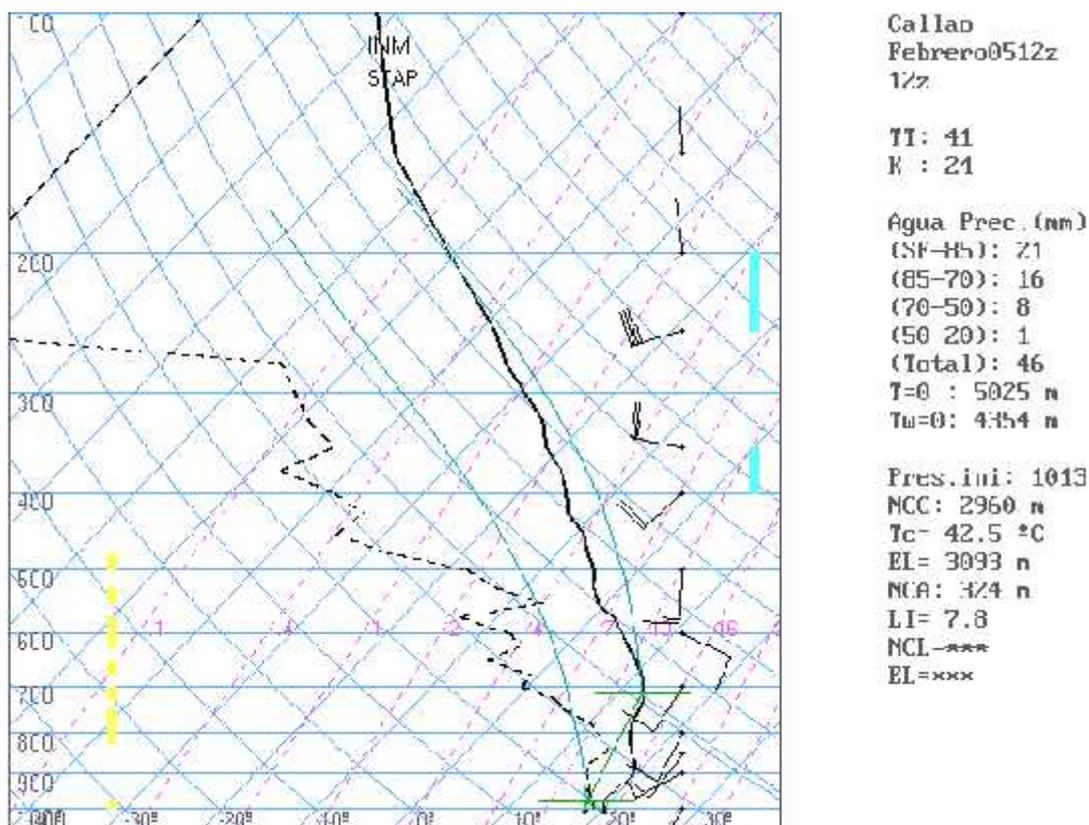


**Fig.7 – Rosas de viento (m/s) diurnas de las estaciones de (a) Comas, (b) Callao, (c) Jesús María, (d) El Cercado, (e) Surco y (f) Chorrillos. febrero 2005**



**Fig. 8 – Rosas de viento (m/s) nocturnas de las estaciones de (a) Comas, (b) Callao, (c) Jesús María, (d) El Cercado, (e) Surco y (f) Chorrillos. febrero 2005**

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



**Fig. 9. - Radiosondaje mensual promedio durante el mes de febrero del 2005 (Aeropuerto Internacional Jorge Chávez)**

En la **figura 9** se muestra el sondaje meteorológico promedio para el mes de febrero. Del análisis realizado, se observó que la capa de inversión térmica en la costa central de Perú estuvo presente durante los 13 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
Espesor	metro	439	día 2	164	día 25	345,8
Altura Base	metro	867	día 26	122	día 18	524,6
Altura Tope	metro	1279	día 26	488	día 18	870,4
T Base	° C	20,2	día 18	15,0	día 16	18,0
T Tope	° C	22,6	día 18	17,8	día 26	20,5
Gradiente	°C / 100metros	3,0	día 25	0,2	día 23	0,9
H.R. Base	%	98	días 19,20,27	74	día 25	94,3
H.R. Tope	%	95	día 26	32	día 16	72,2

Desde superficie hasta los 700 hPa los vientos fueron del SW con intensidades de 5 a 10 m/s. Entre los 700 y 400 hPa los vientos cambiaron de direcciones SE, S y SW con intensidades de 10 a 15 m/s. Por encima de los 400 hPa los vientos fueron del W con intensidades de 20 a 25 m/s.

Para el mes de febrero la inversión térmica presentó una altura de base promedio de 524,6 m, que de acuerdo al **Cuadro N°3**, es menor al mes anterior y una intensidad de 0,9°C/100m, lo cual es un factor meteorológico-climático que influye sobre los procesos de dispersión y que al interaccionar con las características geográficas, condiciones meteorológicas de superficie y las actividades antropogénicas, dan lugar a la configuración y persistencia en el tiempo de las zonas críticas ya descritas, con pequeñas oscilaciones.

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

Parámetros meteorológicos	UNIDAD	Mes en estudio	
		enero 05	febrero 05
Espesor	metro	353,3	345,8
Altura Base	metro	668,7	524,6
Altura Tope	metro	1022	870,4
T Base	° C	17,1	18,0
T Tope	° C	19,4	20,5
Gradiente	°C / 100metros	1,0	0,9
H.R. Base	%	92,3	94,3
H.R. Tope	%	63,1	72,2

## 6. Conclusiones

Para el mes de febrero, debido al transporte atmosférico por los flujos de vientos local y a los aportes in situ de las principales fuentes de contaminación, el análisis espacial permite observar la configuración de los tres principales centros de alta concentración de contaminantes sólidos sedimentables (polvo atmosférico) en la Zona Metropolitana de Lima-Callao, que son los siguientes: El primer núcleo se ubicó al norte de la ciudad presentando el valor más alto del mes de 33,0 t/km<sup>2</sup>/mes; mientras que el segundo en la zona centro-este tuvo un valor de 26,3 t/km<sup>2</sup>/mes y el tercero hacia el sur una concentración de 25,5 t/km<sup>2</sup>/mes.

El 73,08% de las estaciones superaron el nivel referencial establecido por la Organización Mundial de la Salud. Los tres principales núcleos señalados de las zonas críticas tienen niveles aproximados de 7, 5 y 5 veces el valor referencial permisible, respectivamente.

Con respecto al monitoreo de la lluvia ácida en la Zona Metropolitana de Lima-Callao, si bien se observaron precipitaciones aisladas durante el mes, no fueron en cantidades suficientes para la medición de la acidez. Se continuará con la actividad de monitoreo de lluvia ácida en las estaciones durante los próximos meses.

Con respecto al análisis de las temperaturas y humedades relativas extremas, los valores se presentaron en el rango de 18°C en Chorrillos a 29,4°C en Comas y el Cercado; y de 47% en Comas a 100% en el Callao,

respectivamente. Asimismo, del análisis medio de los registros de la red de estaciones meteorológicas señaladas, se obtuvo que el día más cálido fue el 18 de febrero con una media de 27,7°C; mientras que el día más frío fue el 5 de febrero con un valor medio de 18,9°C. Con respecto a la humedad relativa promedio, el día más seco fue el 18 de febrero (62%) y no hubo ningún día cercano a la saturación ( $\geq 98\%$ ).

Las temperaturas extremas durante el mes de febrero fueron ligeramente menores a las del mes anterior debido a la mayor frecuencia de trasvase de masas de aire húmedos de la cuenca amazónica que ocasionaron en la costa central días con condiciones meteorológicas desde cielo cubierto durante todo el día hasta días con cielo parcialmente nublado.

Con respecto al comportamiento del viento superficial, durante el día (7:00 a 18:00 horas), se presentaron vientos cuyas intensidades fueron desde débiles en la estación de Jesús María a moderadas hacia el norte (Comas), litoral costero (Callao) y sur de la ciudad (Surco y Chorrillos) con direcciones del SW y SSW (45 y 42%), S y SSW (47 y 24%), del S y SSE (24 y 18%) y del SW y S (61 y 30%), respectivamente. Durante la noche (19:00 a 6:00 horas) en los distritos de Comas, Jesús María y El Cercado, se registraron intensidades que fueron desde débiles con direcciones SW y SSW (43 y 30%), SW (85%) y del SSW y SW (53 y 34%) hasta de fuerte intensidad en el distrito de Chorrillos con dirección SW.

Para el mes de febrero la inversión térmica presentó una altura de base promedio de 524,6 m y una intensidad de 0,9°C/100m, lo cual es un factor meteorológico-climático que influye sobre los procesos de dispersión, y que al interactuar con las características geográficas, condiciones meteorológicas de superficie y las actividades antropogénicas, dan lugar a la configuración y persistencia en el tiempo de las zonas críticas ya descritas, con pequeñas oscilaciones, hasta que no se implementen efectivos planes de contingencia y mitigación.