

## EVALUACION DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA EN LA ZONA METROPOLITANA DE LIMA-CALLAO/FEBRERO-2004

### INDICE

RESUMEN	2
I. INTRODUCCIÓN	3
II. CUENCA ATMOSFERICA DE LIMA	5
III. METODOLOGÍA	5
IV. RESULTADOS	7
4.1 Distribución espacial de contaminantes sólidos sedimentables durante el mes de Febrero del 2004 en la Zona Metropolitana de Lima- Callao.	7
4.2 Análisis del comportamiento temporal de los contaminantes gaseosos durante el mes de Febrero del 2004 en el distrito de Jesús María.	10
4.3 Condiciones Meteorológicas durante el mes de Febrero 2004	13
V. CONCLUSIONES	19

### INDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Estaciones meteorológicas y de contaminantes sólidos sedimentables en la Zona Metropolitana de Lima-Callao	7
Fig. 2 - Totales mensuales de contaminantes sólidos sedimentables registrados durante el mes de Febrero 2004 en Lima-Callao	8
Fig 3 - Distribución espacial de la concentración de sólidos sedimentables en Lima-Callao durante el mes de Febrero del 2004	9
Fig. 4a – Variación temporal de la concentración de Ozono Troposférico durante el mes de Febrero del 2004	10
Fig. 4b – Variación media horaria de la concentración de Ozono Troposférico mes de Febrero del 2004	10
Fig. 4c – Variación maxima cada 8 horas de la concentración de Ozono Troposférico mes de Febrero del 2004	11
Fig. 5a - Variación temporal de la concentración de Monóxido de Carbono durante el mes de Febrero del 2004	12
Fig. 5b - Variación media horaria de la concentración de Monóxido de Carbono durante el mes de Febrero 2004	12
Fig. 5c - Variación máxima de la concentración promedio cada 8 horas del Monóxido de Carbono durante el mes de Febrero 2004	12
Fig. 6 a.- Variación horaria de la temperatura y humedad relativa durante el mes de Febrero del 2004 en Lima-Callao	14
Fig. 6 b.- Variación horaria de la temperatura y humedad relativa durante el mes de Febrero del 2004 en Jesús María y El Cercado	15
Fig. 7 – Rosas de viento Diurnas	17
Fig.8 – Rosas de viento Nocturnas	18

## RESUMEN

La evaluación de los resultados del monitoreo de los Contaminantes Sólidos Sedimentables (CSS) en la Zona Metropolitana de Lima-Callao correspondientes al mes de febrero, refieren la presencia de tres centros de alta contaminación o zonas críticas, ubicados en los conos norte ( $37,7 \text{ t/km}^2/\text{mes}$ ), este ( $22,6 \text{ t/km}^2/\text{mes}$ ) y sur ( $15 \text{ a } 25 \text{ t/km}^2/\text{mes}$ ) de la capital; dicha configuración resulta de la interacción de los fenómenos atmosféricos de subsidencia y oceánico marino de afloramiento con unas condiciones meteorológicas y topográficas locales no muy favorables a los procesos de dispersión de los contaminantes del aire. Respecto al análisis de los contaminantes gaseosos, el valor máximo del Ozono troposférico de  $15,1 \text{ ppb}$  fue menor respecto a meses anteriores a excepción de Enero 2004 y su promedio de las 8 horas de  $13,4 \text{ ppb}$  representa un 22% del ECA correspondiente establecido por el D.S. 074-PCM-2001 de  $60,1 \text{ ppb}$  ( $120 \text{ ug/m}^3$ ). El Monóxido de carbono mantuvo sus registros normales, siendo el máximo promedio horario de  $3,5 \text{ ppm}$  registrado en las primeras horas de la mañana asociado a la carga vehicular y que representó el 13,6% del ECA ( $25,8 \text{ ppm}$ ) establecido por la norma nacional para una hora; en cuanto al promedio cada 8 horas, se registró  $2,1 \text{ ppm}$  correspondiendo a un 24% del ECA Nacional ( $8,6 \text{ ppm}$ ).

El análisis de los registros meteorológicos de temperaturas extremas muestran que la temperatura máxima varió de  $22,7^\circ\text{C}$  (Jesús María) a  $30,9^\circ\text{C}$  (Comas y La Molina), mientras que la mínima estuvo entre  $18,1^\circ\text{C}$  (La Molina) y  $26,1^\circ\text{C}$  (Comas); en cuanto a las humedades relativas, la máxima fluctuó entre 69% (La Molina) a 100% (Callao y La Molina) y la mínima osciló entre 33% en el distrito de El Cercado a 78% en el Callao. Los valores máximos de temperatura para el presente mes se registraron en los primeros días.

Con respecto al análisis de la información meteorológica de los vientos de superficie, durante el día (7:00-18:00 horas) se observaron vientos con intensidades desde débiles ( $<2 \text{ m/s}$ ) en Comas con direcciones predominantes del SW (45%) y WSW (18%), respectivamente, a fuertes en el distrito de La Molina con dirección predominante del W (50%). Durante la noche (19:00-6:00 horas), se registraron vientos de intensidad débil en Jesús María con direcciones ESE y SE (29 y 23%) y El Cercado con direcciones SW y SSW (68 y 14%, respectivamente) a vientos de intensidad moderada (Comas, Callao, la Molina y Surco) con direcciones predominantes del SW (44%), SSE (50%), E (34%), SSE (46%), principalmente.

## 1. Introducción

Durante el mes de Febrero, el SENAMHI a través de la Dirección General de Investigación y Asuntos Ambientales participó en la instalación de Grupos de Trabajo del Comité de Gestión de la Iniciativa de Aire Limpio para Lima-Callao para el 2004 específicamente en: 1) Implementación de la Red Automática de Monitoreo de Calidad del Aire de Lima-Callao que tiene como institución coordinadora al SENAMHI; 2). Límites Máximos Permisibles para Fuentes Fijas.

En el primer Grupo se ha establecido la importancia de la contribución de los registros y experiencias de la Estación de Calidad de Aire SENAMHI dentro de la futura Red de Monitoreo. En el segundo Grupo se ha visto conveniente el relacionar la actividad industrial, comercial y servicios al estudio de la contaminación en Lima. En relación a estas actividades, el presente Boletín muestra los resultados del monitoreo de los Contaminantes Sólidos Sedimentables y de los Contaminantes Gaseosos Monóxido de Carbono y Ozono Troposférico para el mes de febrero 2004. A continuación se describen algunas de sus características más resaltantes.

El patrón de crecimiento acelerado de la población, la industrialización, el crecimiento con deficientes normas de control del parque automotor, los malos hábitos de la población entre otros, son causas principales de la contaminación. De acuerdo a la OPS (Organización Panamericana de la Salud), diversos estudios han demostrado que existe una asociación entre ciertos efectos en la salud y algunos contaminantes del aire, habiéndose establecido que en general la exposición a contaminantes atmosféricos se asocia de manera significativa con efectos agudos y crónicos o acumulativos en la salud por exposición a largo plazo.

De forma específica, los efectos del material particulado en la salud, dependen de su tamaño y composición química, a lo que se suma la condición biológica y metabólica de la persona (edad, estado nutricional, estado de la salud, características genéticas del individuo, entre otras) que pueden exacerbar los efectos. Partículas mayores a 10  $\mu\text{m}$  se quedan retenidas en la cavidad extratorácica del tracto respiratorio, las partículas comprendidas entre 5 a 10  $\mu\text{m}$  son retenidas en los bronquios; mientras que las partículas menores a 2,5  $\mu\text{m}$  llegan hasta los alveolos pulmonares.

Con respecto a su composición, el material particulado está constituido por material tanto inerte como por metales pesados; éstos últimos pueden ser Hierro (Fe), Plomo (Pb), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Zinc (Zn), Calcio (Ca), entre otros. Los efectos dañinos a su exposición residen principalmente en los sistemas respiratorios, circulatorio y nervioso central, siendo los niños menores de 5 años, los enfermos y las personas embarazadas y ancianos la población más sensible.

Existen asociaciones estadísticamente significativas entre la mayor recurrencia de ataques asmáticos y los niveles de partículas presentes en el ambiente. Las partículas gruesas y finas, además de sus efectos directos, pueden servir de vehículo para transportar a los pulmones el resto de contaminantes ambientales

como gases, ácidos y sustancias químicas orgánicas e inorgánicas peligrosas. Infinidad de trabajos científicos han asociado las partículas, especialmente las finas (aisladas o en combinación con otros contaminantes), con una serie de efectos adversos sobre la salud como muertes prematuras, tos persistente, dificultad respiratoria y dolor al respirar, disminución del desarrollo pulmonar en la época pediátrica, bronquitis agudas y crónicas, enfisema pulmonar, disminución de la función pulmonar, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, agravamiento y aumento de crisis asmáticas, mayor número de visitas ambulatorias e ingresos hospitalarios y ausentismo escolar y laboral.

En lo referente a contaminantes gaseosos, las concentraciones de ozono en la troposfera (a una distancia de 10-15 km de la Tierra) son por lo general entre tres y cuatro veces superiores a las de la era preindustrial especialmente en Europa, debido principalmente al enorme incremento de las emisiones de óxidos de nitrógeno procedentes de la industria y de los vehículos, desde la década de 1950. Las variaciones meteorológicas que se registran de año en año impiden detectar las tendencias relativas a los episodios de alta concentración de ozono.

Las emisiones precursoras de ozono son por lo general las siguientes:

**Óxidos de nitrógeno**, incluyen el óxido nítrico (NO), el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). El óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) se suelen considerar en conjunto con la denominación de NO<sub>x</sub>. Los NO<sub>y</sub> se llaman a la suma de compuestos óxidos mas otros componentes como el ácido nítrico HNO<sub>3</sub>, el NO<sub>5</sub> entre otros. Son contaminantes primarios de mucha trascendencia en los problemas de contaminación. El emitido en más cantidad es el NO, pero sufre una rápida oxidación a NO<sub>2</sub>, siendo este el que predomina en la atmósfera. NO<sub>x</sub> tiene una vida corta y se oxida rápidamente a NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en forma de aerosol o a HNO<sub>3</sub> (ácido nítrico). Tiene una gran trascendencia en la formación del smog fotoquímico, del nitrato de peroxiacetilo (PAN) e influye en las reacciones de formación y destrucción del ozono, tanto troposférico como estratosférico, así como en el fenómeno de la lluvia ácida. En concentraciones altas produce daños a la salud y a las plantas y corroe tejidos y materiales diversos.

**Compuestos orgánicos volátiles (COV)**, este grupo incluye diferentes compuestos como el metano CH<sub>4</sub>, otros hidrocarburos, los clorofluorcarburos (CFC) y otros. **El Metano (CH<sub>4</sub>)** Es el más abundante y más importante de los hidrocarburos atmosféricos. Es un contaminante primario que se forma de manera natural en diversas reacciones anaeróbicas del metabolismo. El ganado, las reacciones de fermentación anaerobia y la digestión de las termitas forma metano en grandes cantidades. También se desprende del gas natural, del que es un componente mayoritario y en algunas combustiones. Asimismo se forman grandes cantidades de metano en los procesos de origen humano hasta constituir, según algunos autores, cerca del 50% del emitido a la atmósfera. Desaparece de la atmósfera a consecuencia, principalmente, de reaccionar con los radicales OH formando, entre otros compuestos, ozono. Su vida media en la troposfera es de entre 5 y 10 años. Se considera que no produce daños en la salud ni en los seres vivos, pero influye de forma significativa en el efecto invernadero y también en las reacciones estratosféricas. **Otros hidrocarburos** están presentes en la

atmósfera, principalmente procedentes de fenómenos naturales, pero también originados por actividades humanas, sobre todo las relacionadas con la extracción, el refino y el uso del petróleo y sus derivados. Sus efectos sobre la salud son variables. Algunos no parece que causen ningún daño, pero otros, en los lugares en los que están en concentraciones especialmente altas, afectan al sistema respiratorio y podrían causar cáncer. Intervienen de forma importante en las reacciones que originan el "smog" fotoquímico.

En Europa por ejemplo existen objetivos relacionados a la reducción de emisiones de óxidos de nitrógeno, fijados en el Convenio sobre contaminación fronteriza a larga distancia y en el Quinto programa de acción sobre el medio ambiente, estimándose que las concentraciones máximas de ozono se reducirán únicamente en un 5-10 por ciento. El objetivo a largo plazo de no superar los umbrales críticos en esa región dependerá de que se consiga una reducción global de las concentraciones del ozono troposférico. Para ello, será necesario imponer medidas sobre las emisiones de las sustancias precursoras (óxidos de nitrógeno y COVNM) que afecten a la totalidad del hemisferio. Un primer paso será fijar los umbrales máximos de las emisiones nacionales en el futuro protocolo sobre múltiples contaminantes multiefecto.

## **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 a través de su Dirección General de Investigación y Asuntos Ambientales (DGIA), 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. Para el caso de la Zona Metropolitana de Lima y Callao, ver **Figura 1**.

## **3. Metodología**

### **A) Contaminantes Sólidos Sedimentables**

Para la presente evaluación se ha utilizado información de la red de monitoreo de contaminantes sólidos sedimentables (CSS) compuesta inicialmente por 27 micro estaciones distribuidas en la Zona Metropolitana de Lima-Callao

(**figura 1**), para lo cual se ha desarrollado el método de muestreo pasivo que se describe a continuación:

- **Fase preliminar de gabinete:** Se codifica y prepara todo el 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.
- **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.

## B) Contaminantes Gaseosos

La evaluación mensual de los gases contaminantes del aire (CO y O<sub>3</sub>) en la Estación de Calidad de Aire ubicada en la Sede Central (**figura 1**) 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 y estación meteorológica automática Davis 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 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.



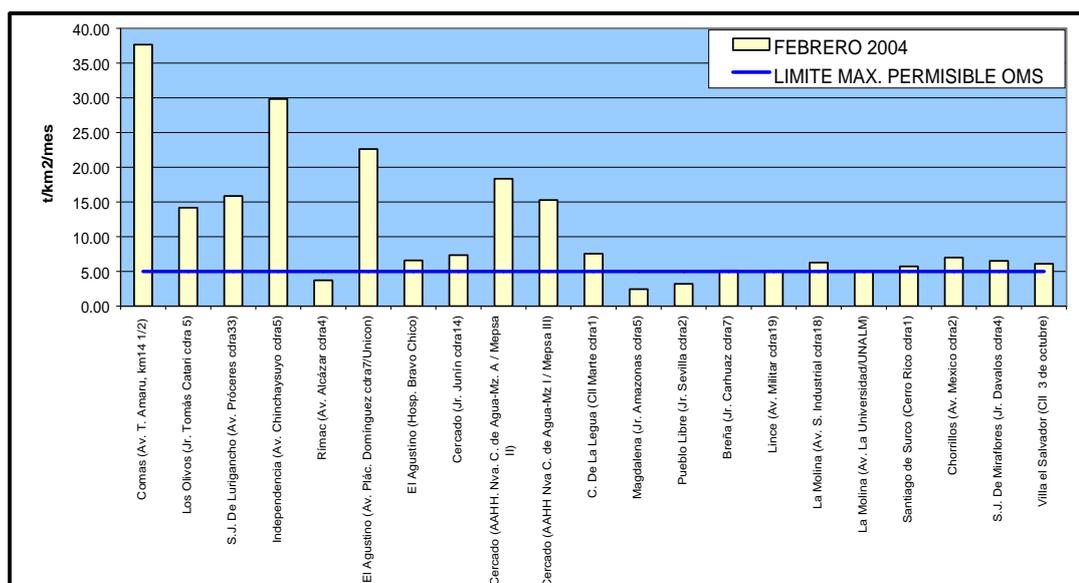
**Fig. 1 - Red de estaciones meteorológicas y de contaminantes sólidos sedimentables en la Zona Metropolitana de Lima-Callao**

## 4 Resultados del Monitoreo Ambiental

### 4.1 Distribución espacial de contaminantes sólidos sedimentables durante el mes de Febrero del 2004 en la Zona Metropolitana de Lima- Callao.

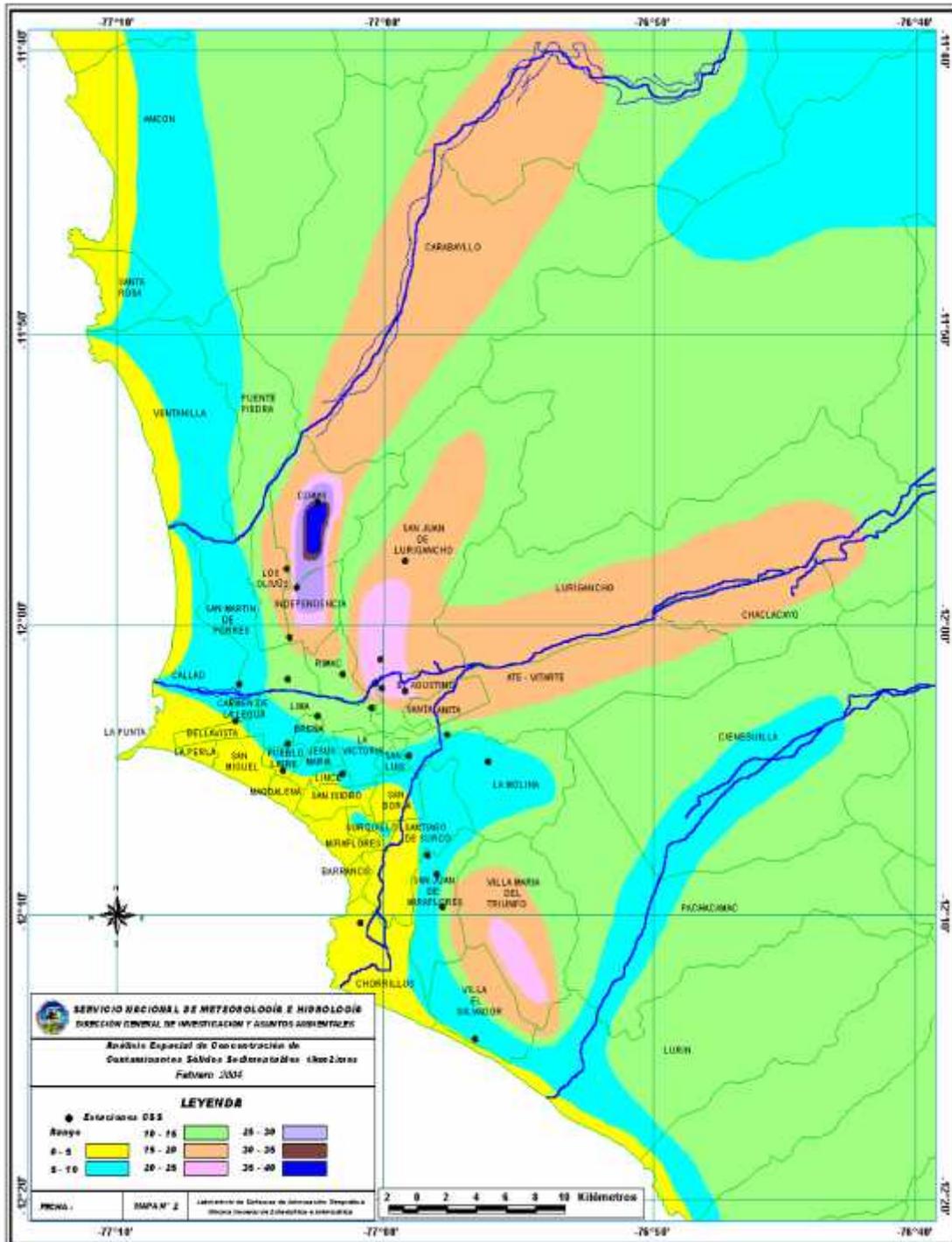
En la **figura 1** se muestra la red de contaminantes sólidos sedimentables (CSS). Durante el presente mes, se recopiló información de campo de 21 estaciones de monitoreo, de las cuales 17 (81%) sobrepasaron el límite referencial permisible recomendado por la OMS (5 t/km<sup>2</sup>/mes).

En la **figura 3** se muestra el análisis espacial de la concentración de CSS que se presenta en la **figura 2**. Se observa la presencia de tres importantes centros de altos niveles de concentración de contaminantes sólidos sedimentables (CSS), que se configuran como resultado de la generación in situ como de los procesos de transporte por el viento desde otras zonas de la capital; dichos centros se distribuyen de la siguiente forma: Hacia el cono norte (Microcuenca atmosférica del Chillón) se observa el primero de ellos extendiéndose a lo largo de los distritos de Carabaylo, Comas, Los Olivos e Independencia, con núcleo en el distrito de Comas con el valor más alto del mes equivalente a 37,7 t/km<sup>2</sup>/mes, explicado en la gran confluencia vehicular e importante actividad comercial formal e informal a lo largo de la Av. Túpac Amaru y que se ve agravado por el mal estado de las pistas y veredas así como por influencia del campo de vientos (**figuras 7 y 8**). El segundo centro importante de contaminación abarca el cono centro-este (Microcuencas atmosféricas del Rímac y San Juan de Lurigancho) y comprende los distritos de San Juan de Lurigancho, Lurigancho, Chaclacayo, Ate-Vitarte, Santa Anita, el Agustino y el Cercado de Lima (zona este), con núcleo en el distrito de El Agustino, con una concentración de 22,6 t/km<sup>2</sup>/mes. Mientras que el tercer centro ubicado en el cono sur, se situó cerca al límite de los distritos de Villa María del Triunfo y Villa el Salvador con valores comprendidos entre los 15 a 25 t/km<sup>2</sup>/mes, por similares causas locales y la influencia de los vientos locales ya descrita.



**Fig. 2 - Totales mensuales de contaminantes sólidos sedimentables registrados durante el mes de Febrero 2004 en Lima-Callao**

El sector que comprende la estrecha franja costera y parte de aquellos distritos residenciales como San Isidro, San Borja, Miraflores, parte de Santiago de Surco y Barranco, debido a su alto índice de área verde por habitante, la presencia de los vientos que circulan paralelos a la costa, y las brisas marinas que fluyen hacia el este, limitan la generación de material particulado y favorecen la dispersión por lo que no exceden el valor referencial establecido por la OMS.

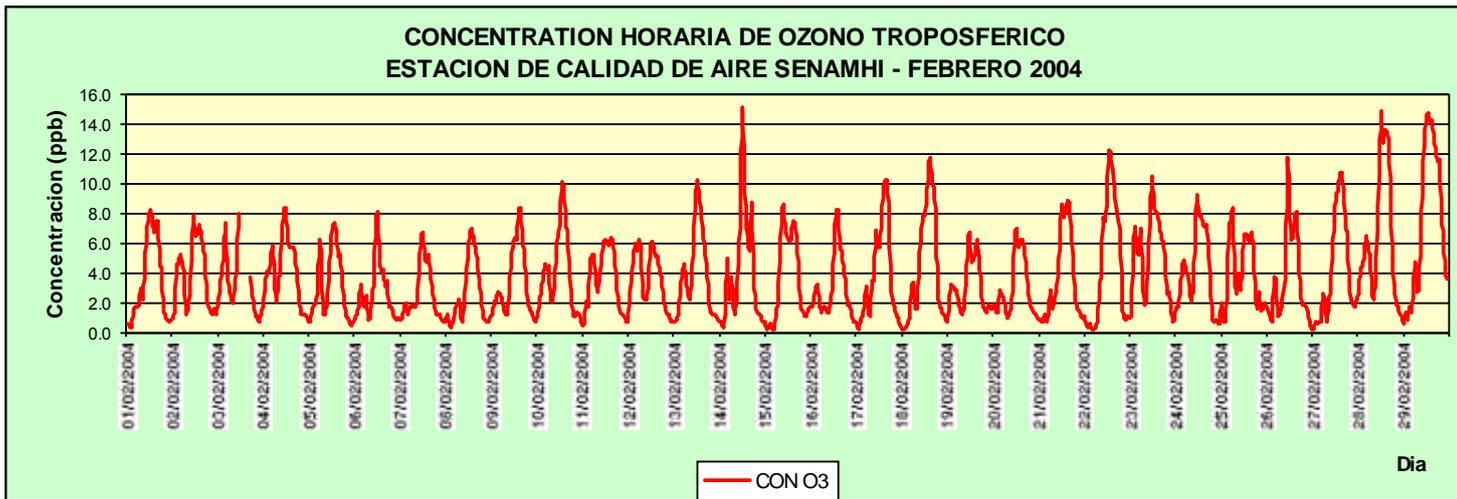


**Fig.3 - Distribución espacial de la concentración de sólidos sedimentables en Lima-Callao durante el mes de Febrero del 2004**

## 4.2 Análisis del comportamiento temporal de los contaminantes gaseosos durante el mes de Febrero del 2004 en el distrito de Jesús María.

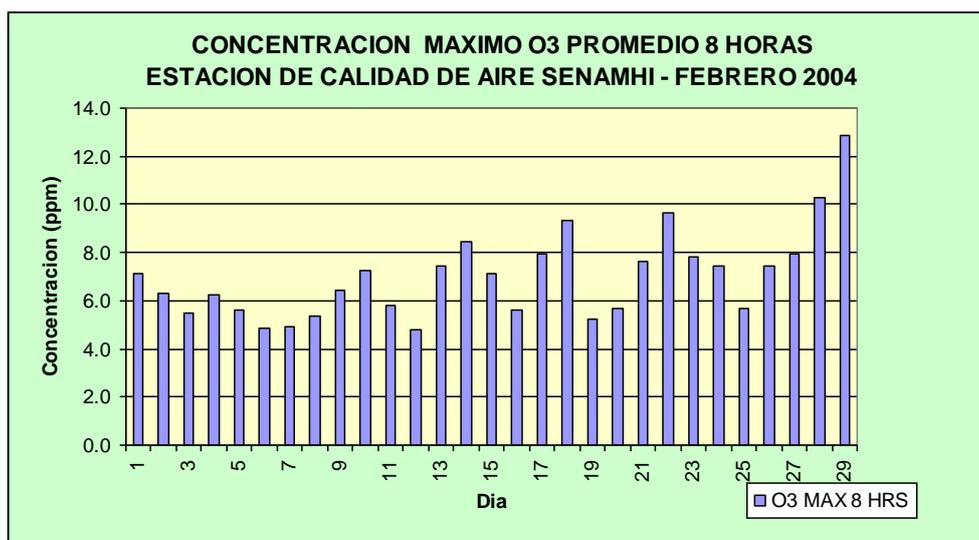
### A. Ozono Troposférico

La información registrada por el analizador modelo API 400A en la estación de calidad de aire con Sede en el SENAMHI según la **figura 4a**, muestra para el presente mes un registro máximo horario de 15,1 ppb ocurrido el día 14 a las 12:00 pm, el cual guarda relación directa con la tendencia del índice UV para el presente mes, donde alcanzó un máximo de 11.



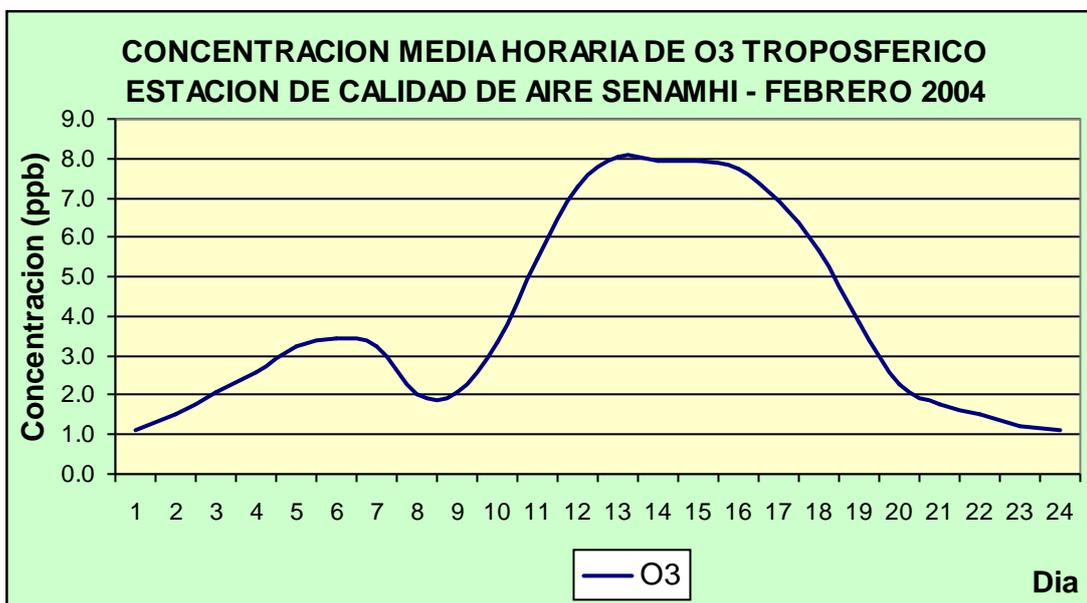
**Fig. 4a – Variación temporal de la concentración de Ozono Troposférico durante el mes de Febrero del 2004**

Asimismo el promedio de las 8 horas alcanzó un valor máximo de 13,4 ppb el día 29, representando un 22% del ECA correspondiente, establecido por el D.S. 074-PCM-2001 de 60,1 ppb (120 ug/m<sup>3</sup>) **Figura 4b**



**Fig. 4b – Variación media horaria de la concentración de Ozono Troposférico - mes de Febrero del 2004**

En una comparación de la variación media horaria (**figura 4c**) con anteriores períodos reportados, se observa la repetición de episodios nocturnos de ozono troposférico en horas de la mañana (entre 3:00 a 6:00 a.m.). El valor máximo horario alcanzado de 15,1 ppb es mayor al observado en Enero (13,9 ppb).

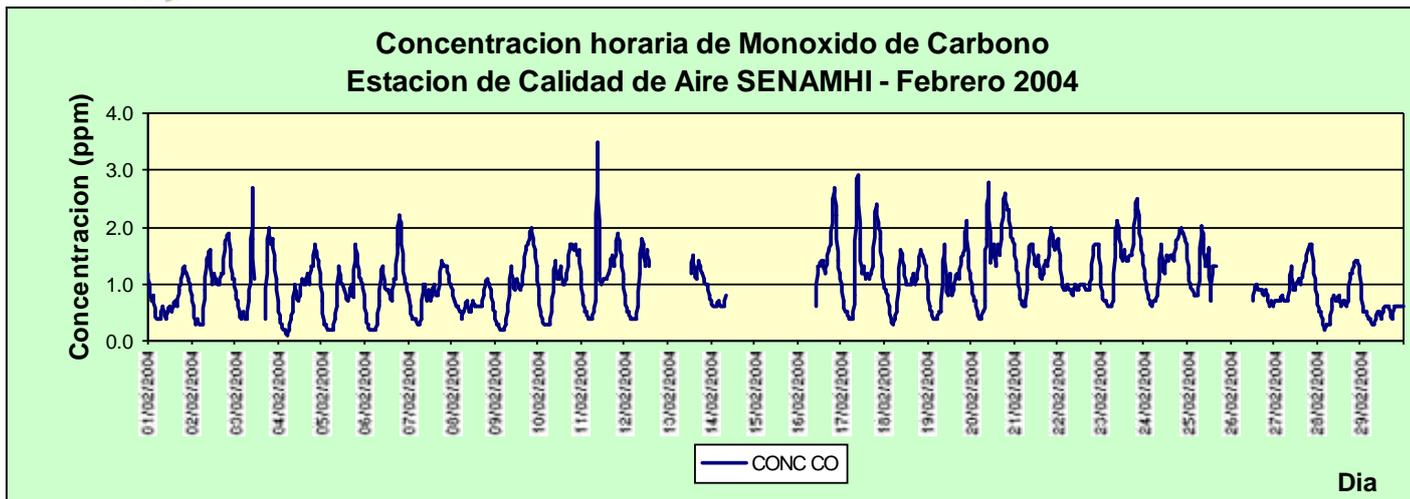


**Fig. 4c – Variación media horaria de la concentración de Ozono Troposférico - mes de Febrero del 2004**

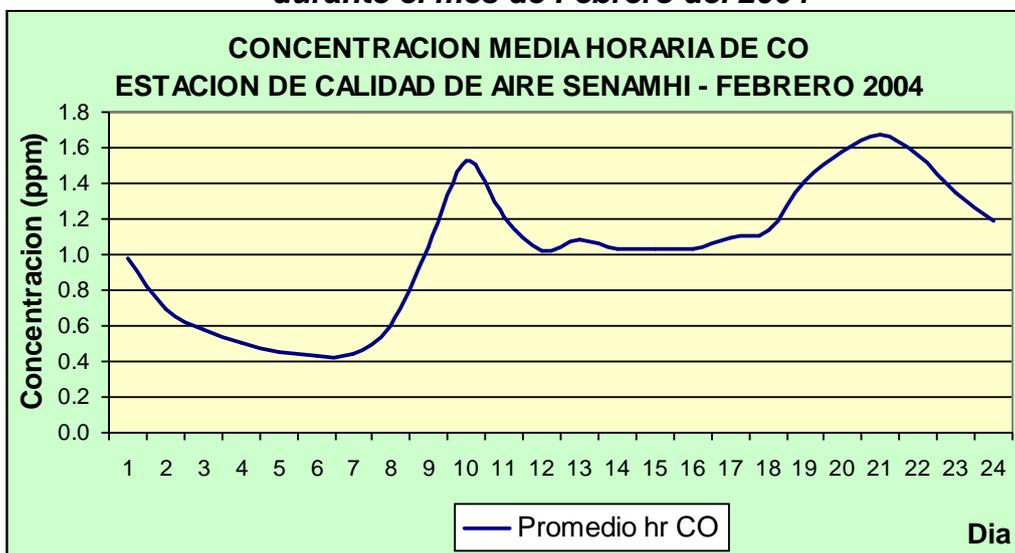
## B. Monóxido de Carbono

La información registrada por el analizador modelo API 400A en la estación de calidad de aire instalado en la sede central del SENAMHI corresponde al total del mes de febrero se muestra en la **figura 5a**. Los mayores valores de contaminación se presentan durante las horas de mayor carga vehicular; siendo el valor máximo promedio horario para el período de 3,5 ppm alcanzado el día 11 a las 9:00 horas. Esto corresponde a un 13,6% del ECA (25,8 ppm) establecido por la norma nacional para una hora. La variación media horaria (**figura 5b**) muestra dos picos predominantes durante el día, los cuales varían en magnitud e importancia predominando el pico de la noche (que inicia desde las 19:00 hrs) sobre el correspondiente a la mañana.

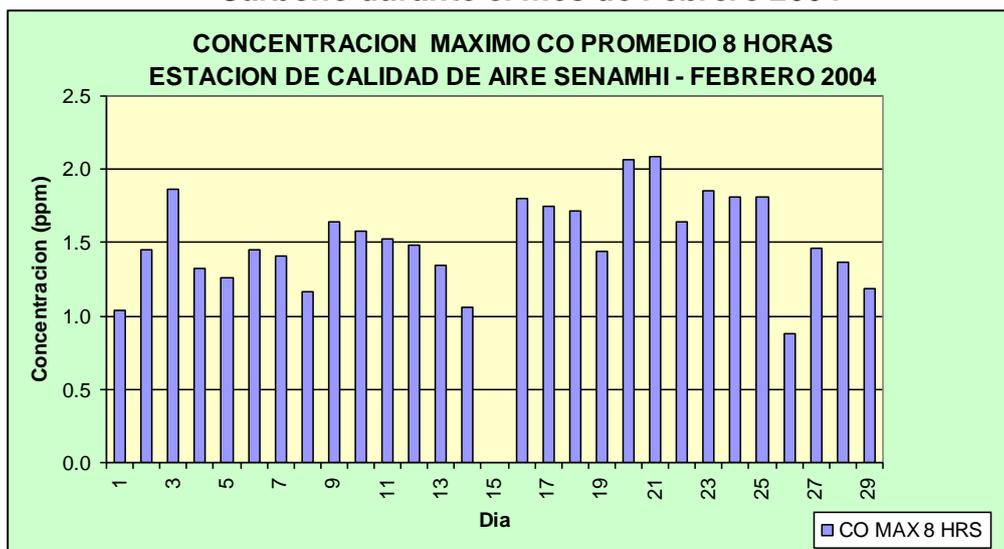
El máximo del promedio cada 8 horas para el período (**figura 5c**) según establece el D.S. 074-PCM-2001 para el monóxido de carbono, se obtuvo el día 20 a 22:00 hr, correspondiendo a un valor de 2,1 ppm que representa el 24% del ECA Nacional para las 8 horas (8,6 ppm).



**Fig. 5a - Variación temporal de la concentración de Monóxido de Carbono durante el mes de Febrero del 2004**



**Fig. 5b - Variación media horaria de la concentración de Monóxido de Carbono durante el mes de Febrero 2004**



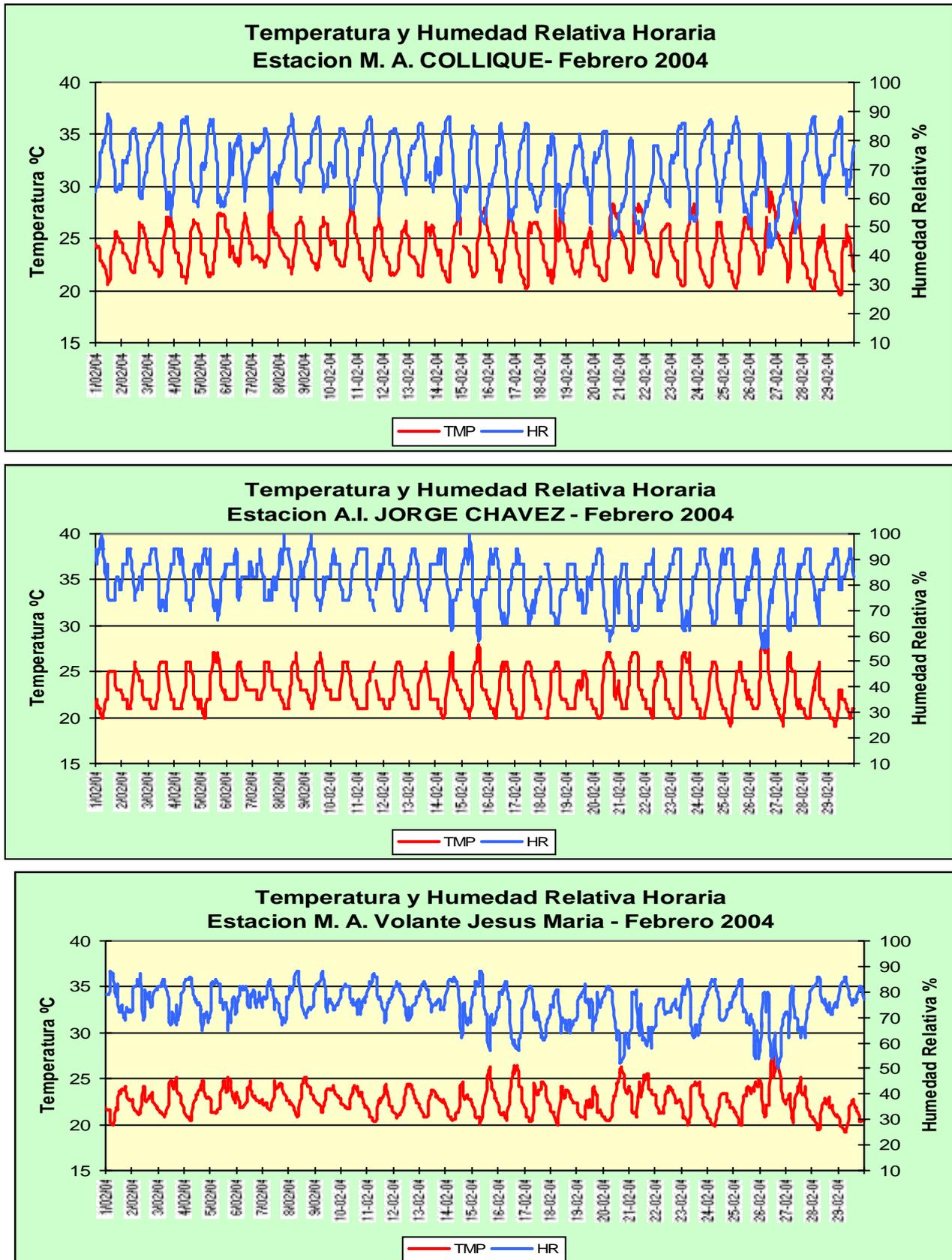
**Fig. 5c - Variación máxima de la concentración promedio cada 8 horas del Monóxido de Carbono durante el mes de Febrero 2004**

### 4.3 Condiciones meteorológicas durante el mes de Febrero del 2004

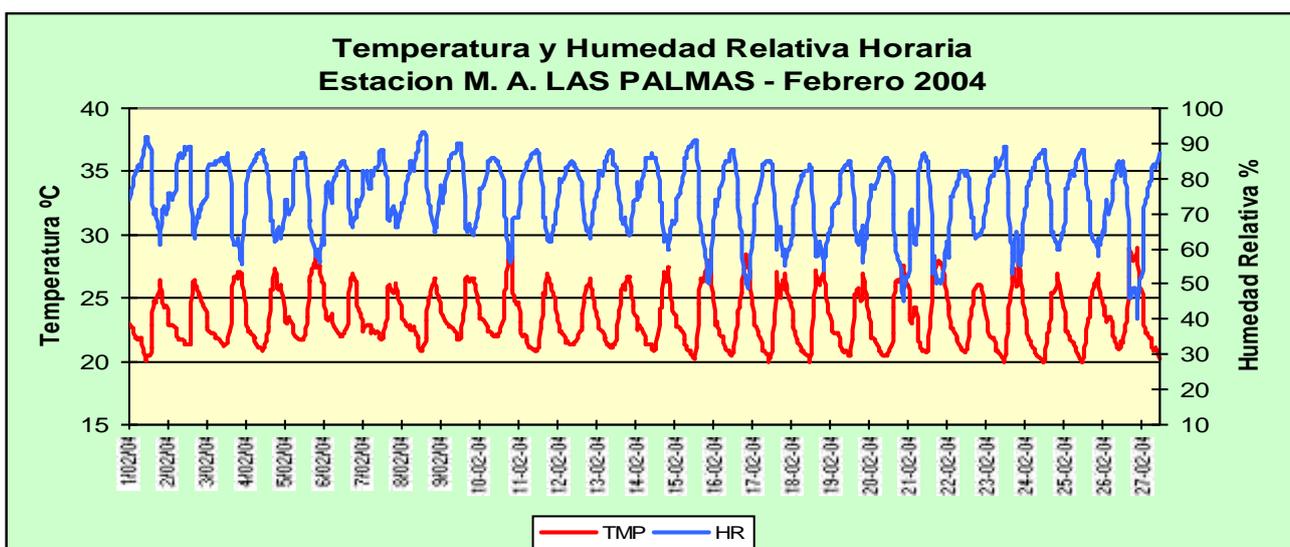
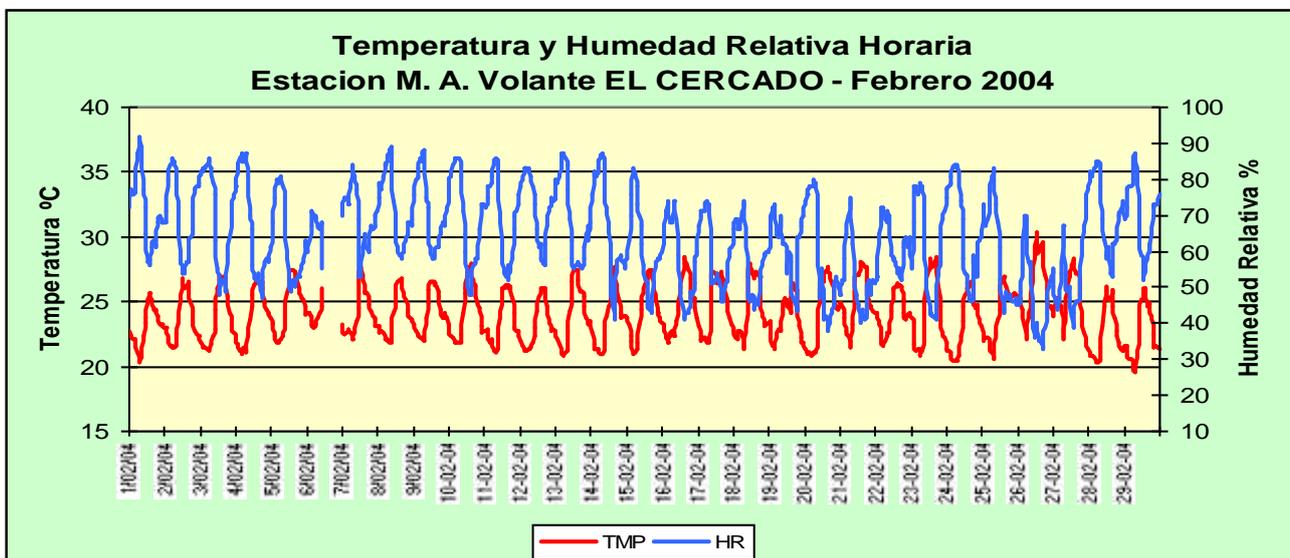
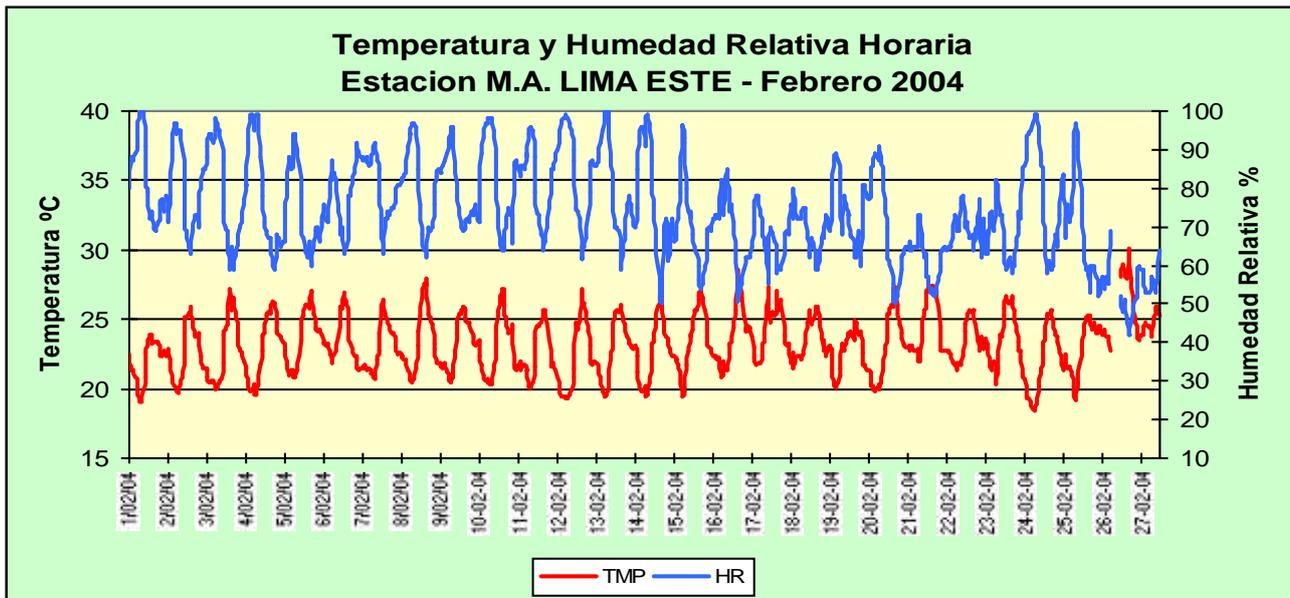
Para el mes de febrero, el análisis de las condiciones meteorológicas diarias y horarias para la Zona Metropolitana de Lima y Callao se ha basado en la información de 6 estaciones meteorológicas ordenadas de norte a sur que son las siguientes: Estación meteorológica automática Collique (Comas), estación sinóptica y radiosondaje del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez (Callao), estación meteorológica automática Jesús María (S. C. Jesús María), estación meteorológica automática El Cercado (AA.HH. Nueva Caja de Agua-El Cercado), estación meteorológica automática Lima Este (La Molina) y estación meteorológica automática Las Palmas (Santiago de Surco). Estas estaciones conforman la red meteorológica presentada en la **figura 1**.

#### A. Análisis de Temperatura y Humedad Relativa

- El análisis de la variación temporal diaria de la temperatura (°C) y humedad relativa (%) extremas indica que las temperaturas del aire registraron un incremento en sus valores, principalmente en sus mínimos; mientras que las humedades relativas de forma contraria a las temperaturas disminuyeron y sólo algunas estaciones del litoral costero (Jorge Chavez) y del extremo Este de la ciudad (Lima Este) presentaron una saturación máxima. Del análisis puntual de la información, se destaca lo siguiente: La temperatura máxima fluctuó entre los valores de 22,7°C (Jesús María) y 30,9°C (Comas y La Molina), mientras que la mínima osciló entre 18,1°C (La Molina) y 26,1°C (Comas); en cuanto a las humedades relativas, la máxima fluctuó entre 69% (La Molina) a 100% (Callao y La Molina) y la mínima osciló entre 33% en el distrito de El Cercado a 78% en el Callao.
- Con respecto al análisis horario de la información, los valores mínimos de la temperatura del aire se registraron de manera predominante a las 6:00 am mientras que las máximas se presentaron alrededor de las 13:00 hrs. Mientras que la humedad relativa máxima se registró en forma muy variable pero predominantemente en los rangos de 3:00 a 6:00 am; similar comportamiento se presentó en las mínimas con registros entre las 12:00 y 15:00 pm. De acuerdo a lo observado, los primeros días del mes se presentaron los valores máximos de temperatura mientras los últimos días del mes muestran un paulatino descenso de acuerdo al comportamiento estacional. Ver **figura 6a y 6b**.



**Fig. 6 a.- Variación horaria de la temperatura y humedad relativa durante el mes de Febrero del 2004 en Lima-Callao**

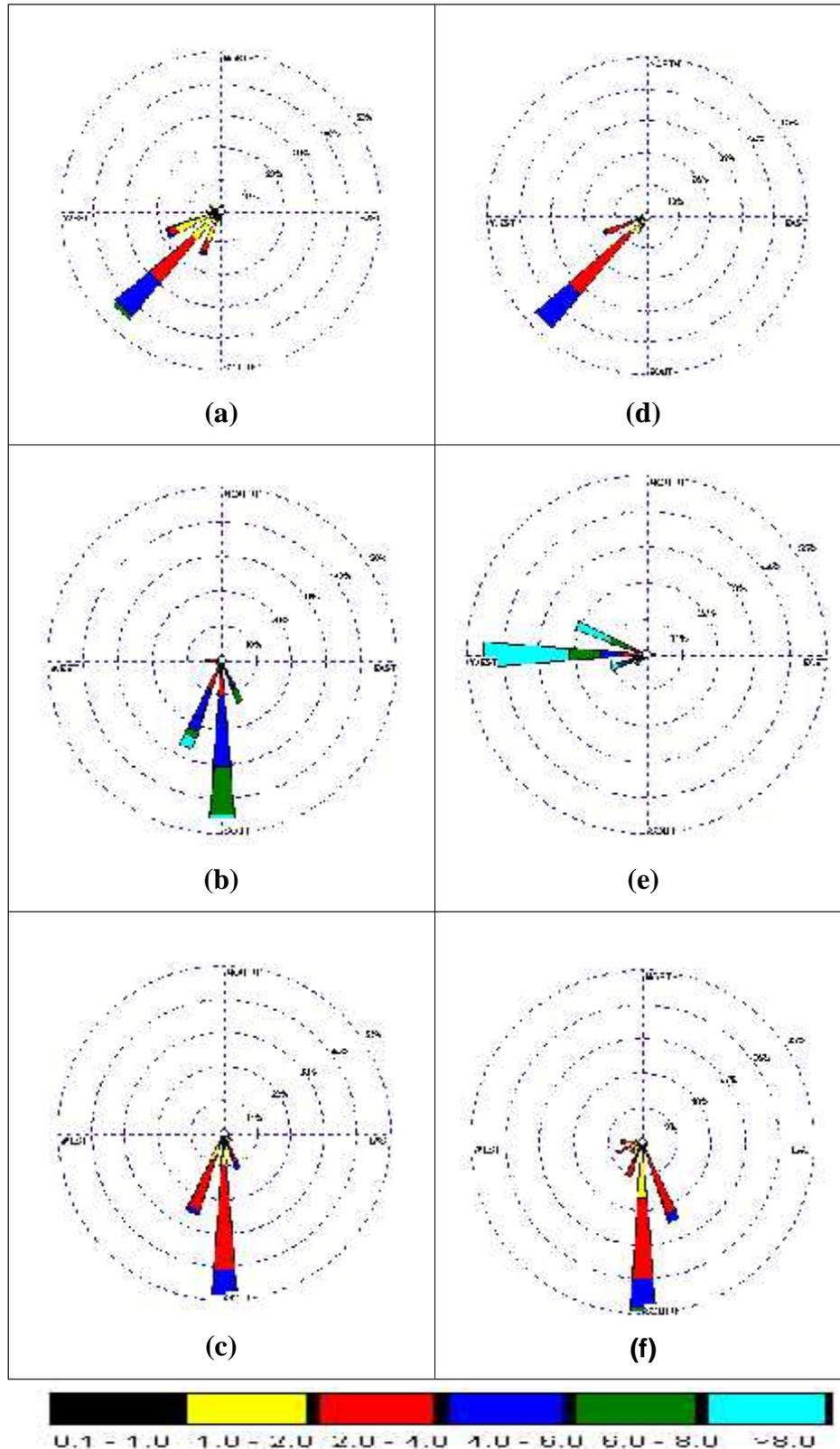


**Fig. 6 b.- Variación horaria de la temperatura y humedad relativa durante el mes de Febrero del 2004 en Lima-Callao**

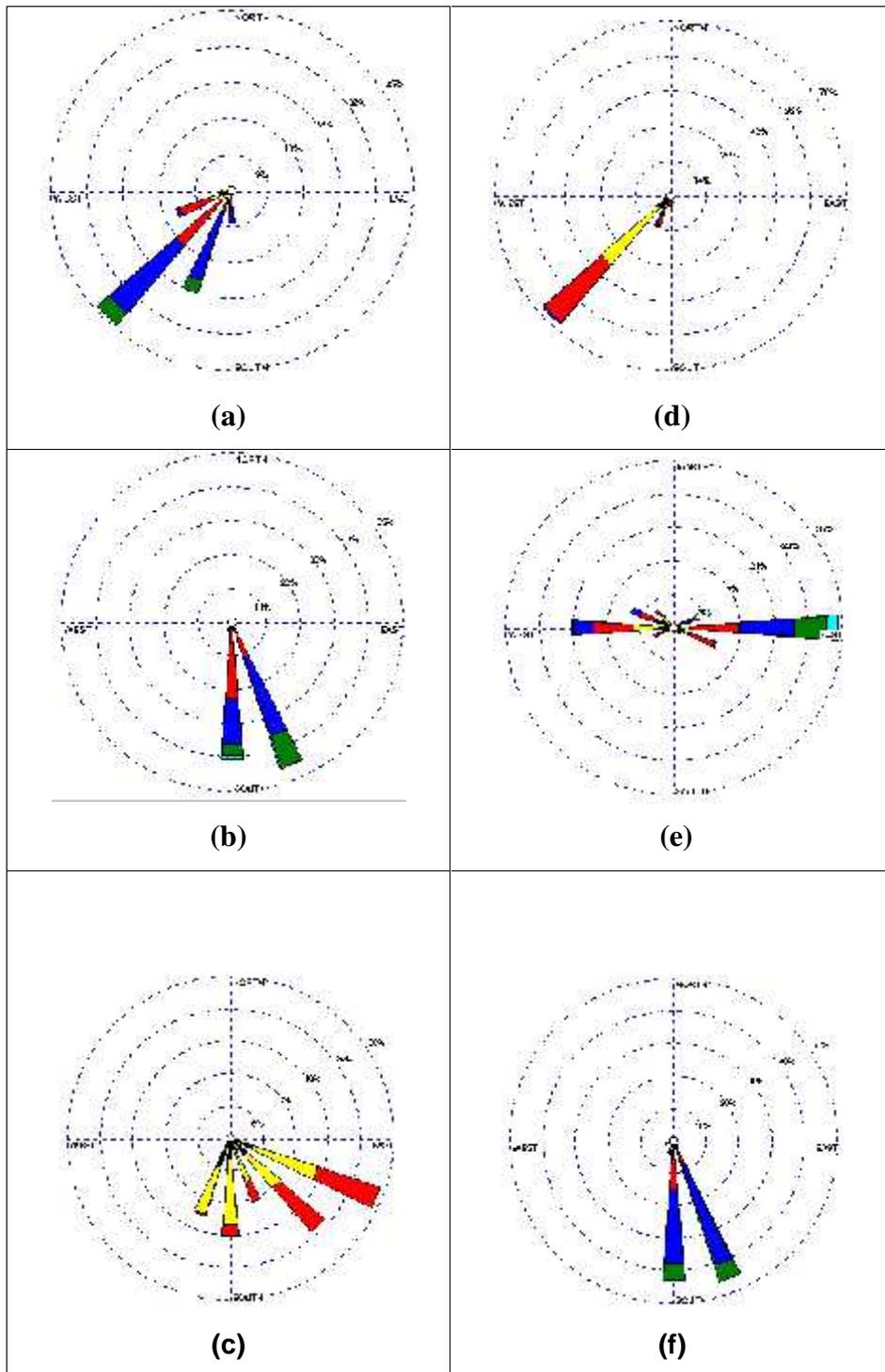
## **B. Análisis del viento superficial en la Zona Metropolitana de Lima-Callao durante el mes de Febrero del 2004.**

El análisis del viento superficial (velocidad, dirección y frecuencia) correspondiente al mes de febrero presentado en las **figuras 7 y 8** para las horas comprendidas entre 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), hacia el norte de la ciudad (Comas) se registraron vientos débiles con una velocidad media de 2,2 m/s y direcciones SW (45%), WSW (18%) y SSW (15%); intensidades débiles a moderadas (alrededor de 2,5 m/s) se presentaron en los distritos de Jesús María, El Cercado y Santiago de Surco con direcciones predominantes S y SSW (53 y 28%), SW y WSW (60 y 19%), y S y SSE (44 y 22%), respectivamente; hacia el litoral costero (Callao) se registraron vientos de intensidad moderada (4,5 m/s) con dirección S (46%) y SSW (27%). Registros de vientos de fuerte intensidad (6,5 m/s) se presentaron hacia el este de la ciudad (La Molina) con dirección predominante del W y WNW con frecuencias de 50 y 23%, respectivamente.
- Durante la noche (19:00 a 6:00 horas), se presentaron vientos de intensidad débil (<2m/s) hacia el centro de la ciudad (Jesús María) de dirección ESE y SE (29 y 23%) y hacia la microcuenca atmosférica de San Juan de Lurigancho (El Cercado) de dirección SW y SSW (68 y 14%). Intensidades moderadas se presentaron en los distritos de Comas (3,9m/s), Callao (4,0m/s), La Molina (3,2m/s) y Santiago de Surco (4,4m/s) con direcciones provenientes del SW y SSW (44 y 27%), SSE y S (50 y 45%), E y W (34 y 21%) y SSE y S (46 y 43%), respectivamente.



**Fig. 7 – Rosas de viento (m/s) diurnas de las estaciones de (a) Collique, (b) Jorge Chávez, (c) Campo de Marte (d) El Cercado, (e) Lima Este y (f) Las Palmas**



**Fig.8 – Rosas de viento (m/s) nocturnas de las estaciones de (a) Collique, (b) Jorge Chávez, (c) Campo de Marte (d) El Cercado, (e) LimaEste y (f) Las Palmas**

## 5. Conclusiones

Para el mes de febrero, el análisis de la variación espacial de los Contaminantes Sólidos Sedimentables (CSS) para la Zona Metropolitana de Lima - Callao muestra la presencia de tres importantes centros de alta concentración de este contaminante: El primero ubicado al norte de la ciudad presenta su núcleo en el distrito de Comas con el mayor valor de CSS equivalente a  $37,7 \text{ t/km}^2/\text{mes}$ ; el segundo, ubicado hacia la zona centro este tiene su núcleo en el distrito de El Agustino con  $22,6 \text{ t/km}^2/\text{mes}$  y el tercero, hacia el cono sur tuvo valores comprendidos entre  $15\text{-}25 \text{ t/km}^2/\text{mes}$ . Sólo en la estrecha franja paralela a la costa y en parte de algunos distritos residenciales, sus valores se mantuvieron por debajo del límite referencial permisible ( $5 \text{ t/km}^2/\text{mes}$ ). De acuerdo al análisis realizado, el 81% de las estaciones superaron los niveles referenciales de la OMS.

Respecto a los contaminantes gaseosos, se han reportado niveles de Ozono troposférico (máximo hr:15,1 ppb) mayores que enero (13,9) pero menores a los niveles anteriormente medidos en los períodos marzo-junio, agosto-setiembre y diciembre del año 2003. De otro lado, los niveles de monóxido de carbono se han mantenido en los valores normales históricos medidos por la estación entre 1 a 4 ppm, confirmandose por tanto que se trata de un aire medianamente contaminado pues no se sobrepasa el valor estándar de las 8 horas de 8.6 ppm según el D.S. 074-PCM-2001.

Con respecto al análisis de la información meteorológica de los vientos de superficie, durante el día se observaron vientos con intensidades desde débiles ( $<2\text{m/s}$ ) en Comas con direcciones predominantes del SW (45%) y WSW (18%), respectivamente a fuertes ( $>6\text{m/s}$ ) en el distrito La Molina con dirección predominante del W (50%). Durante la noche, se registraron vientos de intensidad débil ( $<2\text{m/s}$ ) en Jesús María con direcciones ESE y SE (29 y 23%) y El Cercado con direcciones SW y SSW (68 y 14%, respectivamente) a vientos con intensidad moderada (Comas, Callao, la Molina y Surco) con direcciones predominantes del SW (44%), SSE (50%), E (34%), SSE (46%), principalmente.

La temporal interrupción de las actividades de sondaje atmosférico en la Zona Metropolitana de Lima-Callao, no permite realizar el análisis de la evolución de la capa de inversión térmica para determinar su influencia sobre la dispersión de la contaminación atmosférica; sin embargo, la presencia de condiciones meteorológicas con cielo nublado a nublado parcial a muy baja altitud durante las primeras horas de la mañana de algunos días, indica la configuración de la inversión térmica aunque esporádica y de muy débil intensidad, pero lo fue suficiente para limitar la componente vertical de los procesos de dispersión de los contaminantes del aire, configurando las zonas críticas de contaminación identificadas.



**DIRECCIÓN GENERAL DE ASUNTOS AMBIENTALES**

**BOLETÍN MENSUAL**  
**Año 1 N° 2, Febrero 2004**

**EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFERICA  
EN LA ZONA METROPOLITANA DE LIMA-CALLAO**



**ELABORACIÓN:      JOSE SILVA COTRINA**  
**ERIC CONCEPCIÓN GAMARRA**  
**ZARELA MONTOYA CABRERA**

**FEBRERO 2004**

**LIMA, PERU**