

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

INDICE

RESUMEN	2
I. INTRODUCCIÓN	3
II. CUENCA ATMOSFERICA DE LIMA	5
III. METODOLOGÍA	5
IV. RESULTADOS	8
4.1 Distribución espacial de contaminantes sólidos sedimentables durante el mes de Marzo del 2004 en la Zona Metropolitana de Lima- Callao.	8
4.2 Análisis del comportamiento temporal de los contaminantes gaseosos durante el mes de Marzo del 2004 en el distrito de Jesús María.	10
4.3 Condiciones Meteorológicas durante el mes de Marzo 2004	15
V. CONCLUSIONES	21

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 Marzo 2004 en Lima-Callao	8
Fig. 3 - Distribución espacial de la concentración de sólidos sedimentables en Lima-Callao durante el mes de Marzo del 2004	9
Fig. 4a – Variación temporal de la concentración de Ozono Troposférico durante el mes de Marzo del 2004	10
Fig. 4b – Variación máxima cada 8 horas de la concentración de Ozono Troposférico mes de Marzo del 2004	10
Fig. 4c – Variación media horaria de la concentración de Ozono Troposférico mes de Marzo del 2004	11
Fig 4d Distribución de percentiles Ozono Troposférico (Febrero)	11
Fig 4e Distribución de percentiles Ozono Troposférico (Marzo)	12
Fig. 5a - Variación temporal de la concentración de Monóxido de Carbono durante el mes de Marzo del 2004	13
Fig. 5b - Variación media horaria de la concentración de Monóxido de Carbono durante el mes de Marzo 2004	13
Fig. 5c - Variación máxima de la concentración promedio cada 8 horas del Monóxido de Carbono durante el mes de Marzo 2004	13
Fig 5d Distribución de percentiles Monóxido de Carbono (Febrero)	14
Fig 5e Distribución de percentiles Monóxido de Carbono (Marzo)	14
Fig. 6 a.- Variación horaria de la temperatura y humedad relativa durante el mes de Marzo del 2004 en Lima-Callao	16
Fig. 6 b.- Variación horaria de la temperatura y humedad relativa durante el mes de Marzo del 2004 en Jesús María y El Cercado	17
Fig. 7 – Rosas de viento Diurnas	19
Fig.8 – Rosas de viento Nocturnas	20
Fig. 9.-Radiosondaje mensual promedio mes de Marzo	21

RESUMEN

La evaluación de los resultados del monitoreo de los Contaminantes Sólidos Sedimentables (CSS) en la Zona Metropolitana de Lima-Callao correspondientes al presente mes, refieren la presencia de tres centros de alta contaminación o zonas críticas, ubicados en los conos norte ($22,9 \text{ t/km}^2/\text{mes}$), este ($22,7 \text{ t/km}^2/\text{mes}$) y sur ($15 \text{ a } 25 \text{ t/km}^2/\text{mes}$) de la capital. Condiciones meteorológicas de cielo nublado parcial a despejado en horas de la mañana y ausencia del fenómeno de la inversión térmica presentadas durante los últimos 6 días observados, pudieron haber sido favorables a la dispersión de los contaminantes del aire.

Con respecto al contaminante Ozono troposférico, sus valores se encuentran por debajo del ECA Nacional de 120 ug/m^3 para cada 8 horas ($60,1 \text{ ppb}$) aún cuando se obtuvo un máximo valor de $49,6 \text{ ppb}$ que representó el $82,5\%$ del ECA. Por otro lado, los registros de Monóxido de Carbono se mantuvieron dentro del rango esperado (de $0,5 \text{ a } 5 \text{ ppm}$) aunque se ha reportado un evento máximo de $9,6 \text{ ppm}$, esto no alcanza el 38% del ECA de 40000 ug/m^3 ($25,8 \text{ ppm}$)

El análisis de los registros meteorológicos de temperaturas y humedades relativas muestran que éstas fluctuaron desde 18°C (Callao) a $30,4^\circ\text{C}$ (Santiago de Surco) y desde 34% (El Cercado) a 100% (Callao).

Con respecto al análisis de la información meteorológica de los vientos de superficie, durante el día se observaron vientos con intensidades que fluctuaron desde débiles ($<2 \text{ m/s}$) en la zona norte y sur de la ciudad con direcciones predominantes del SW (46%) y S (36%), respectivamente, a intensidades fuertes ($>6 \text{ m/s}$) en La Molina con dirección predominante del W (58%). En horas de la noche, vientos de intensidad débil ($<2 \text{ m/s}$) se presentaron hacia el centro con direcciones SSW, S y ESE ($35,22$ y 21% , respectivamente) y este de la ciudad con direcciones SW (78%) y SW (78%) y W y WNW (58 y 23%) y vientos de fuerte intensidad en la zona norte, litoral costero y sur con direcciones provenientes del W y WSW (55 y 22%), S y SSW (42 y 24%) y del S y SSE (50 y 26%), respectivamente.

1. Introducción

Durante el mes de Marzo, el SENAMHI a través de la Dirección General de Investigación y Asuntos Ambientales, ha realizado las siguientes actividades: 1) Como coordinador del Grupo de Trabajo para la implementación de la red de monitoreo de la calidad del aire de la Zona Metropolitana de Lima-Callao por encargo del Comité de Gestión de la Iniciativa de Aire Limpio para Lima-Callao, en el desarrollo de su Plan de Trabajo, el día 16 recibió la visita del experto mexicano en monitoreo de calidad del aire Lic. Salvador Blanco Jiménez mediante el apoyo del JICA solicitado por el CONAM, quién al día siguiente brindó al Grupo de Trabajo la conferencia "Monitoreo de la Calidad del Aire en México". 2) Ha elaborado el perfil de Proyecto "Estudio de la lluvia ácida en la cuenca del río Mantaro", para presentarlo al gobierno regional de Junín; 3) Ha conseguido la información de emisión de contaminantes del aire de fuentes del sector Energía y Minas, la cual se viene sistematizando.

Relacionado a los asuntos de calidad del aire, 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 marzo 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 μm se quedan retenidas en la cavidad extratorácica del tracto respiratorio, las partículas comprendidas entre 5 a 10 μm son retenidas en los bronquios; mientras que las partículas menores a 2,5 μm 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 (NO₂) y el óxido nitroso (N₂O). El óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO₂) se suelen considerar en conjunto con la denominación de NO_x. Los NO_y se llaman a la suma de compuestos óxidos mas otros componentes como el ácido nítrico HNO₃, el NO₅ 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 NO₂, siendo este el que predomina en la atmósfera. NO_x tiene una vida corta y se oxida rápidamente a NO₃- en forma de aerosol o a HNO₃ (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 CH₄, otros hidrocarburos, los clorofluorcarburos (CFC) y otros. **El Metano (CH₄)** 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 O₃) 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 Marzo del 2004 en la Zona Metropolitana de Lima- Callao.

En la **figura 1** se presenta la red de contaminantes sólidos sedimentables (CSS). Durante el mes de marzo, se recopiló información de campo de 21 estaciones de monitoreo, 18 de las cuales, es decir, el 85,7% sobrepasaron el límite referencial permisible recomendado por la OMS (5 t/km²/mes).

En la **figura 3** se muestra el análisis espacial de la concentración de CSS que se presenta en la **figura 2**. Se observan tres importantes centros de altos niveles de concentración de contaminantes sólidos sedimentables (CSS), configurados como resultado de la generación in situ así como de los procesos de transporte por el viento desde otras zonas de la capital; dichos centros se encuentran distribuidos de la siguiente manera: 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 éste último con un valor de 22,9 t/km²/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 similar a la de la zona norte de 22,7 t/km²/mes, también explicado por semejantes condiciones de informalidad de la actividad comercial y desorden vehicular. 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/km²/mes, por similares causas locales y la influencia de los vientos locales ya descrita.

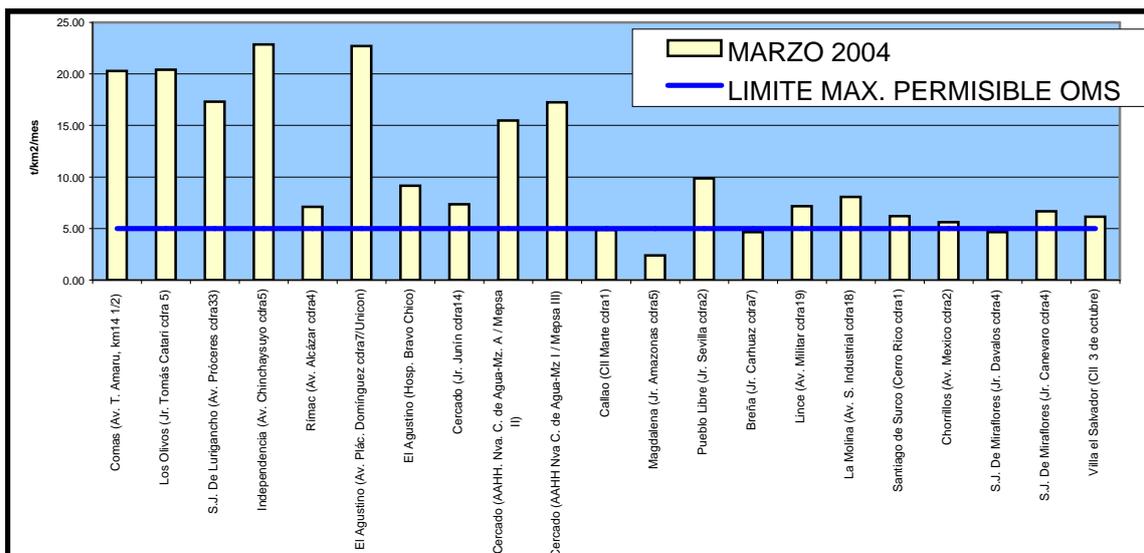


Fig. 2 - Totales mensuales de contaminantes sólidos sedimentables registrados durante el mes de Marzo 2004 en Lima-Callao

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.

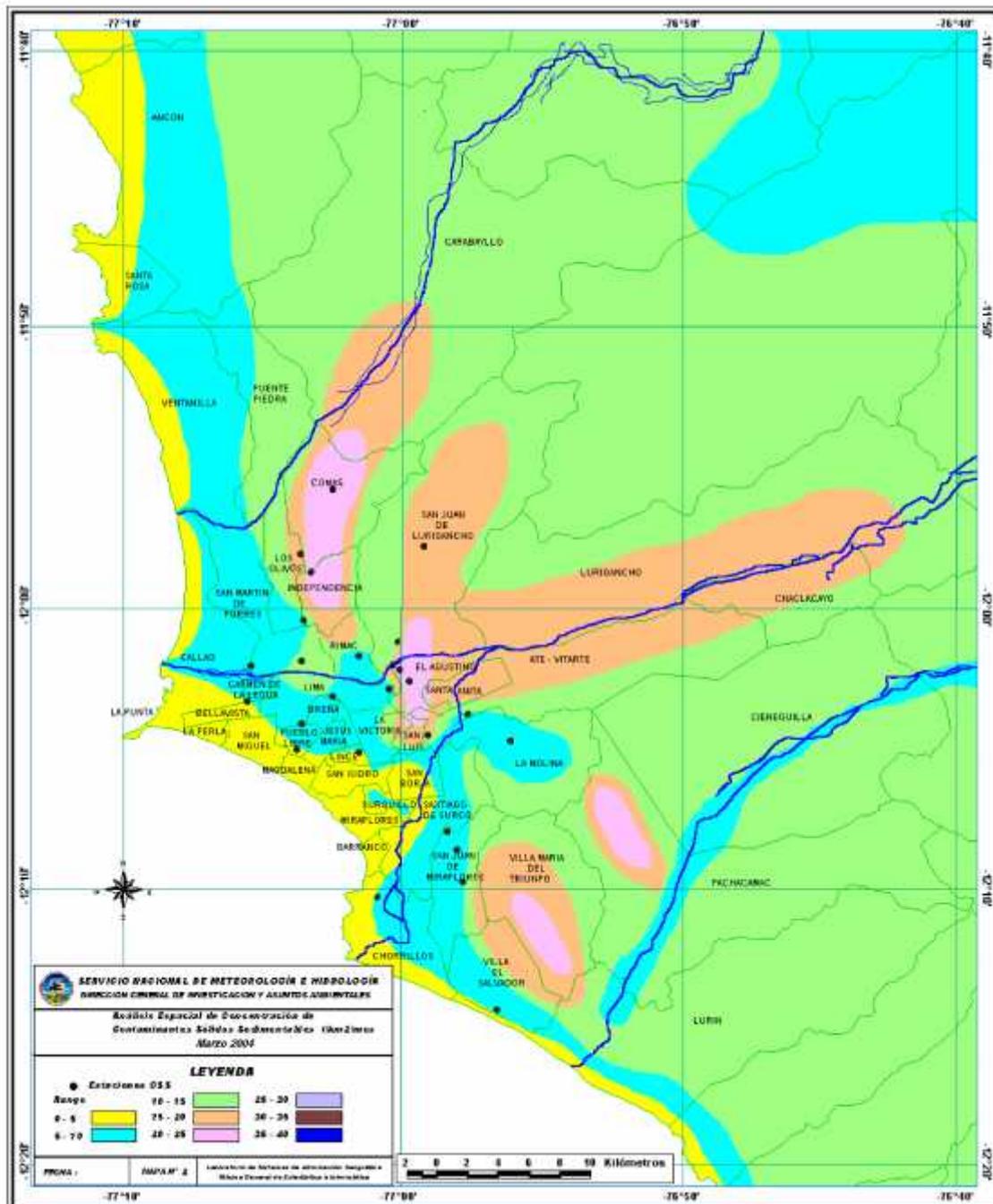


Fig.3 - Distribución espacial de la concentración de sólidos sedimentables en Lima-Callao durante el mes de Marzo del 2004

4.2 Análisis del comportamiento temporal de los contaminantes gaseosos durante el mes de Marzo 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 49,6 ppb ocurrido el día 18 a las 13:00 pm, el cual guarda relación directa con la tendencia del índice UV para el presente mes, donde alcanzó un máximo de 12.

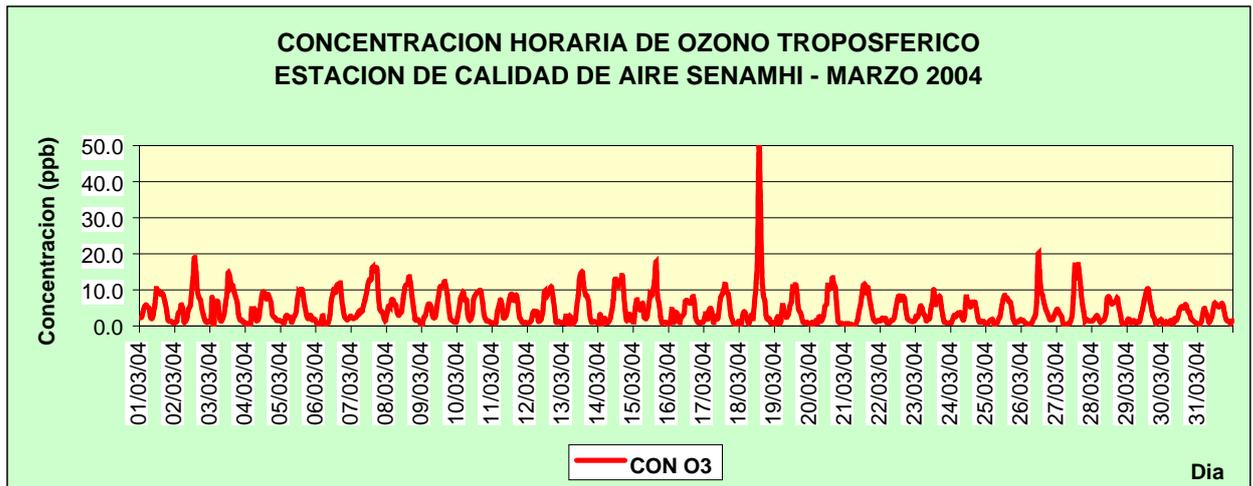


Fig. 4a – Variación temporal de la concentración de Ozono Troposférico durante el mes de Marzo del 2004

Asimismo el promedio de las 8 horas alcanzó un valor máximo de 19,3 ppb el día 18, representando un 31,7% del ECA correspondiente, establecido por el D.S. 074-PCM-2001 de 60,1 ppb (120 ug/m³) **Figura 4b**

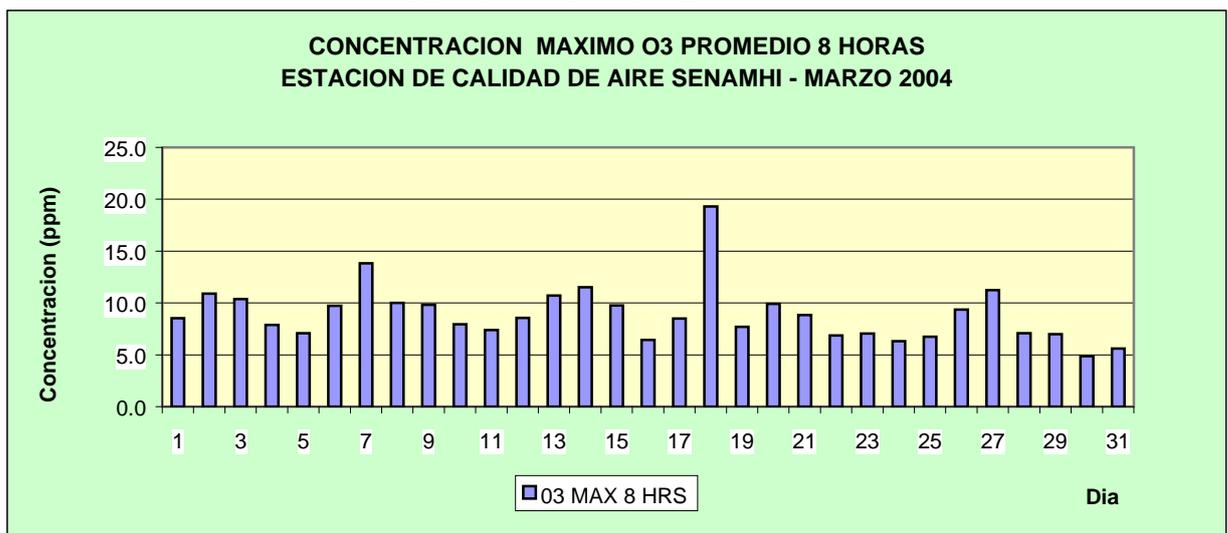


Fig. 4b – Variación máxima cada 8 horas de la concentración de Ozono Troposférico - mes de Marzo del 2004

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 49,6 ppb es mayor al observado en Febrero (15,1 ppb).

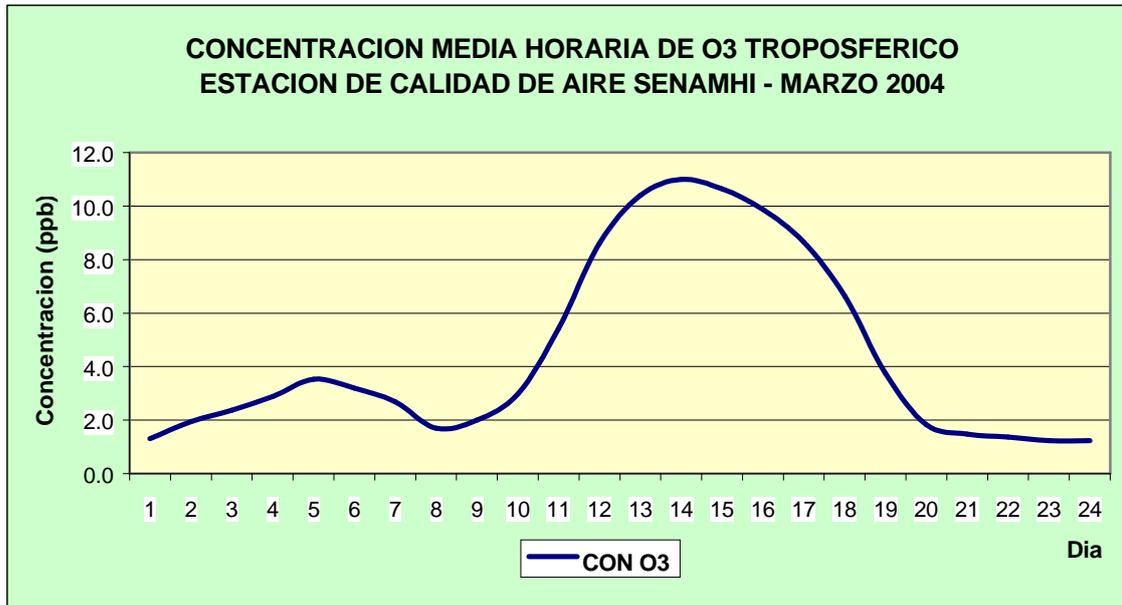
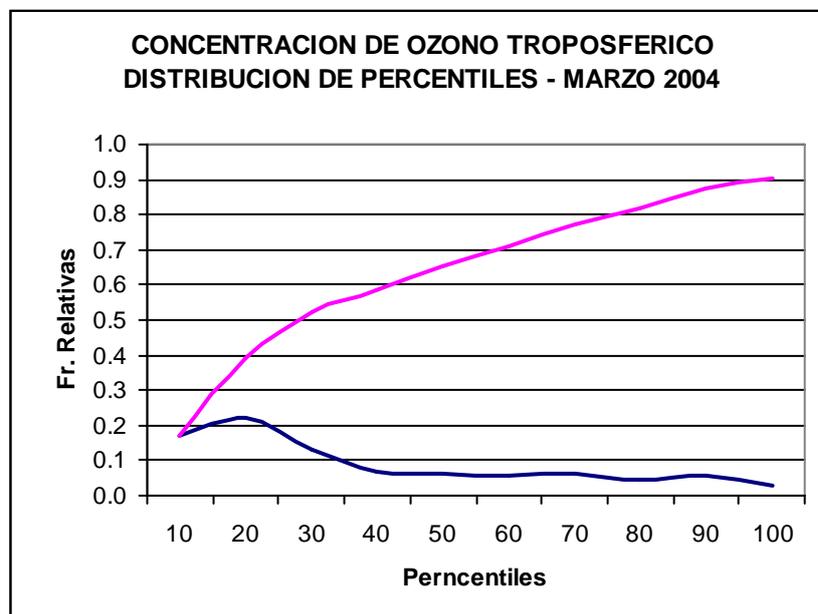


Fig. 4c – Variación media horaria de la concentración de Ozono Troposférico - mes de Marzo del 2004

Distribución de Percentiles-



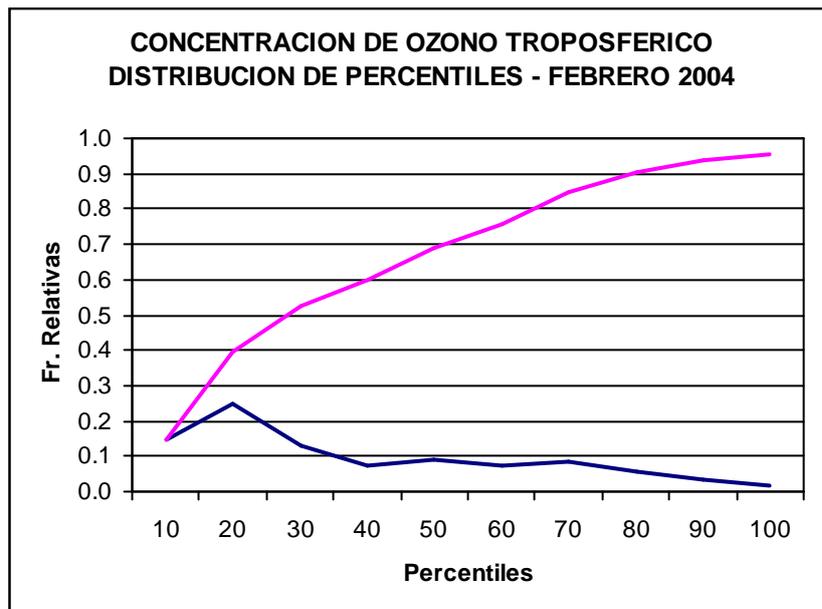


Fig. 4d y 4e Distribución de Percentiles para el Ozono Troposferico

En la distribución de percentiles (**Fig 4d y 4e**) del mes de marzo para el caso del O_3 presenta una desviación estándar de 4.29; mayor que el mes de febrero (3.0 de desviación estándar). Para este mes la moda es de 1,1 y media es de 4,5; por lo tanto el coeficiente de variación para el mes de marzo es de 0,964. Esto explica que aproximadamente el 60% de los datos se ubican por debajo del percentil 40.

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 Marzo 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 9,6 ppm alcanzado el día 18 a las 8:00 horas. Esto corresponde a un 37,2 % 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 18:00 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 27 a las 02:00 hr, correspondiendo a un valor de 3,4 ppm que representa el 39,5 % del ECA Nacional para las 8 horas (8,6 ppm).

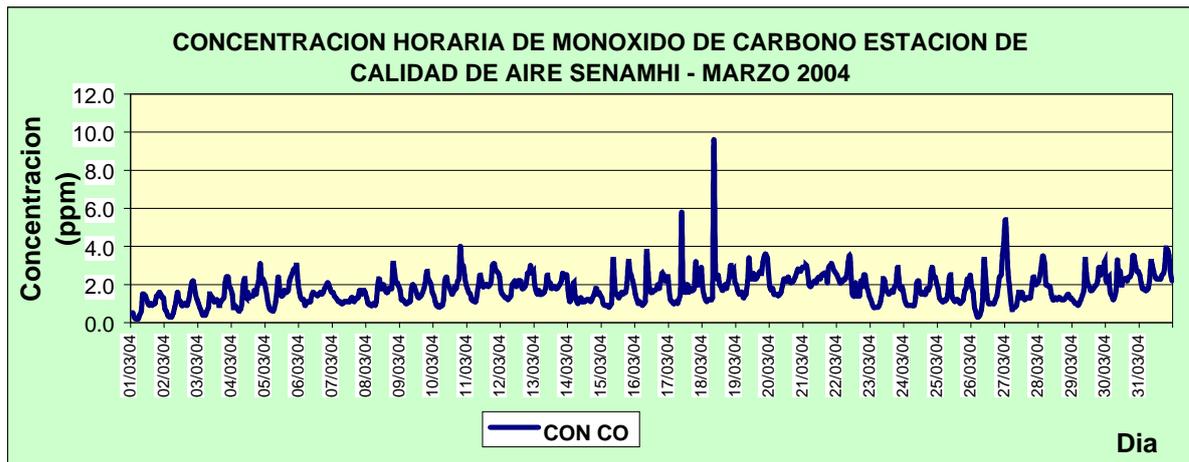


Fig. 5a - Variación temporal de la concentración de Monóxido de Carbono durante el mes de Marzo del 2004

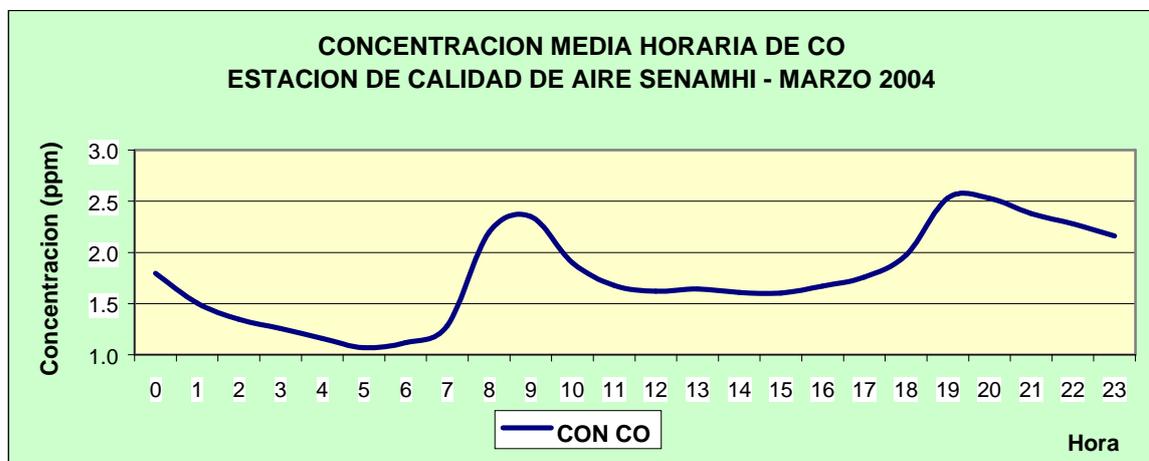


Fig. 5b - Variación media horaria de la concentración de Monóxido de Carbono durante el mes de Marzo 2004

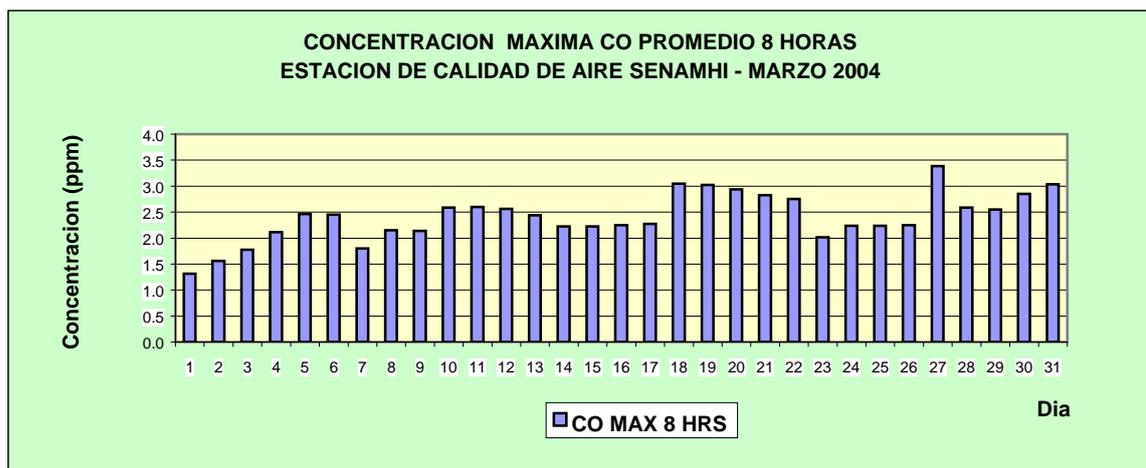


Fig. 5c - Variación máxima de la concentración promedio cada 8 horas del Monóxido de Carbono durante el mes de Marzo 2004

Distribución de Percentiles

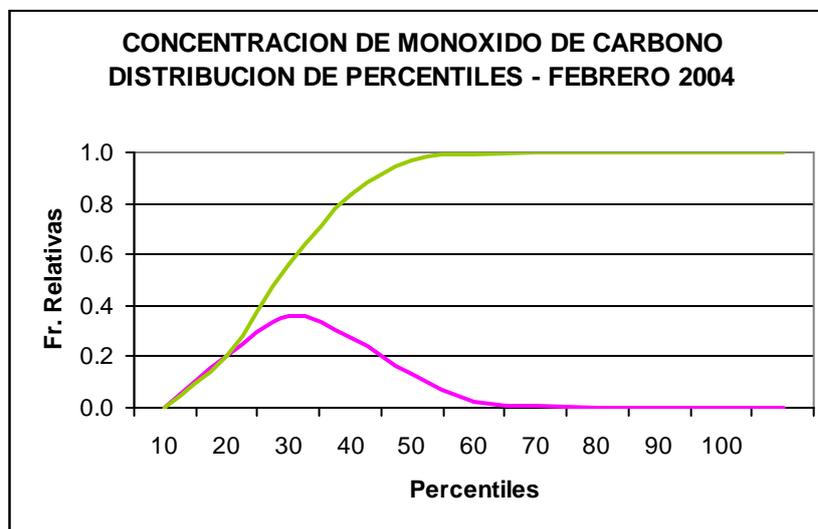
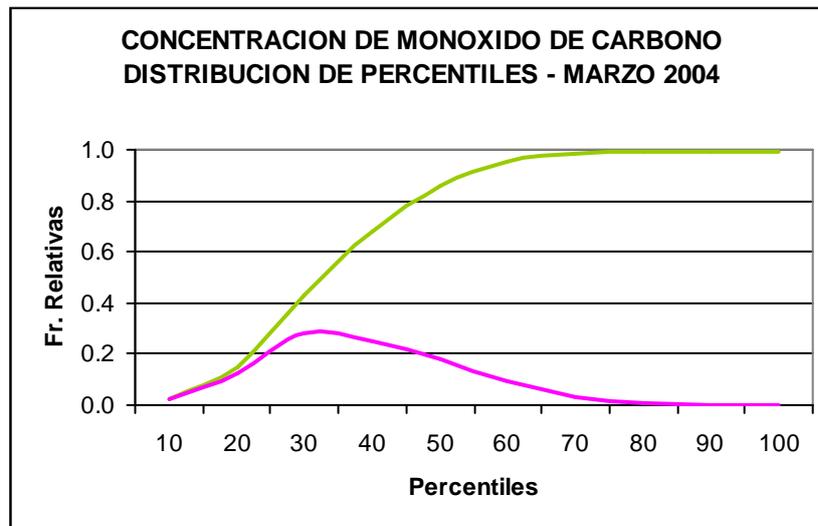


Fig 5d y 5e Distribución de Percentiles para Monóxido de Carbono

En la distribución de percentiles (**Fig. 5d y 5e**) del mes de marzo para el caso del CO presenta una desviación estándar de 0,78, mayor a la del mes de febrero (0.52 de desviación estándar). Para este mes la moda es de 1,1 y media es de 1,8; por lo tanto el coeficiente de variación para el mes de marzo es de 0,44. Esto significa que el 80% de los datos se ubican en el percentil 40.

4.3 Condiciones meteorológicas durante el mes de Marzo del 2004

Para el mes de marzo, el análisis de las condiciones meteorológicas horarias y diarias 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 puntual de la variación temporal diaria de la temperatura (°C) y humedad relativa (%) extremas refleja lo siguiente: La temperatura máxima fluctuó entre los valores de 21,8°C (Jesús María) a 30,4°C (Surco), mientras que la mínima osciló entre 18°C (Callao) y 24,9°C (Comas); en cuanto a las humedades relativas, la máxima fluctuó entre 61% (El Cercado) a 100% (Callao) y la mínima osciló entre 34% en El Cercado a 83% 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. 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 15:00 pm. Ver **figura 6a y 6b**.

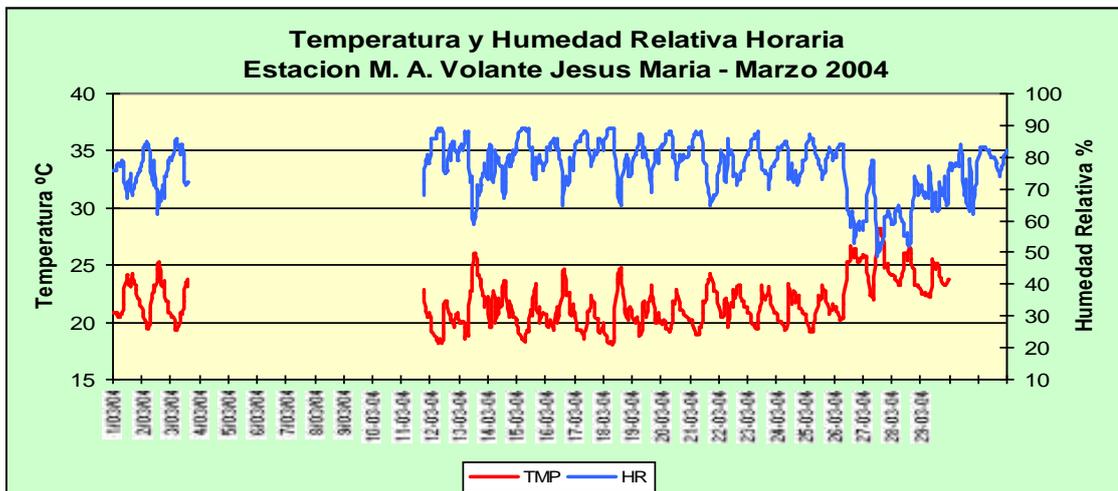
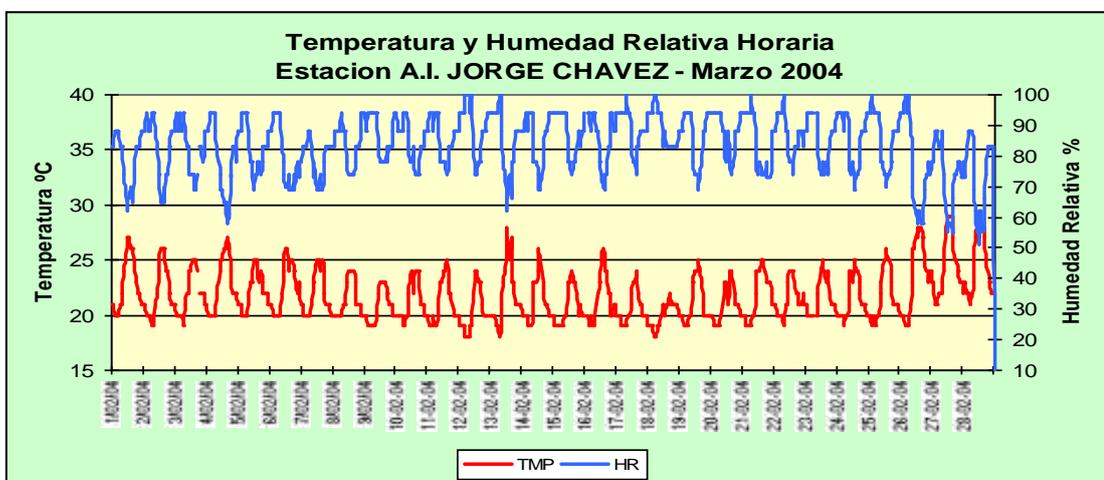
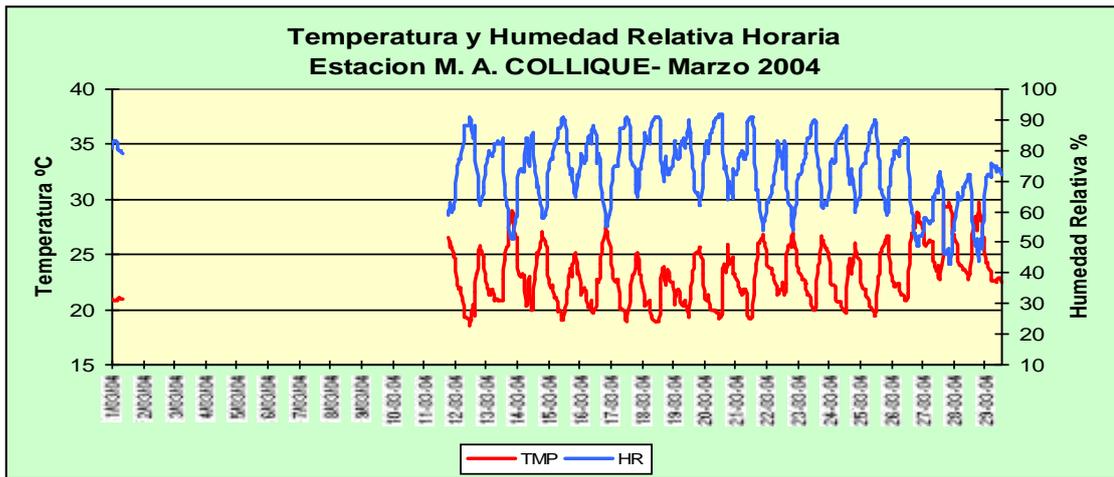


Fig. 6 a.- Variación horaria de la temperatura y humedad relativa durante el mes de Marzo del 2004 en Lima-Callao

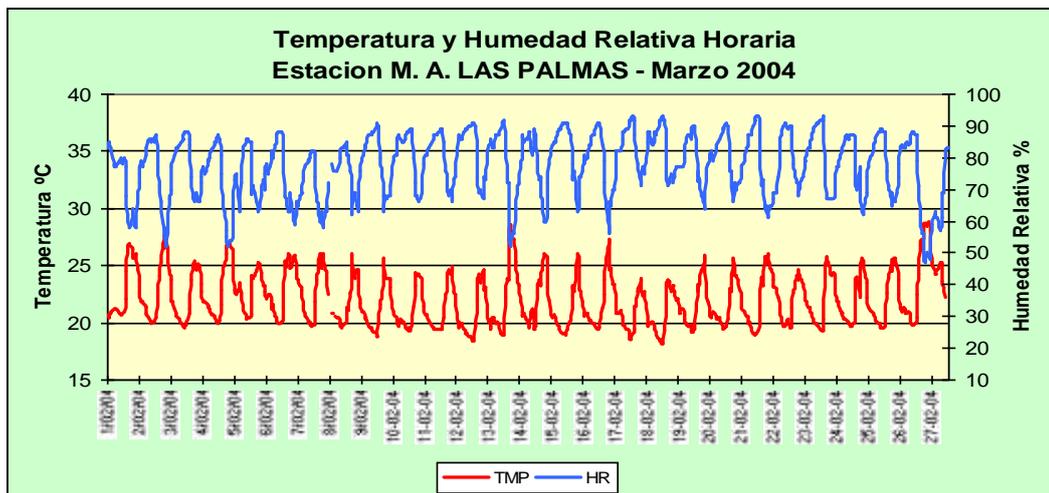
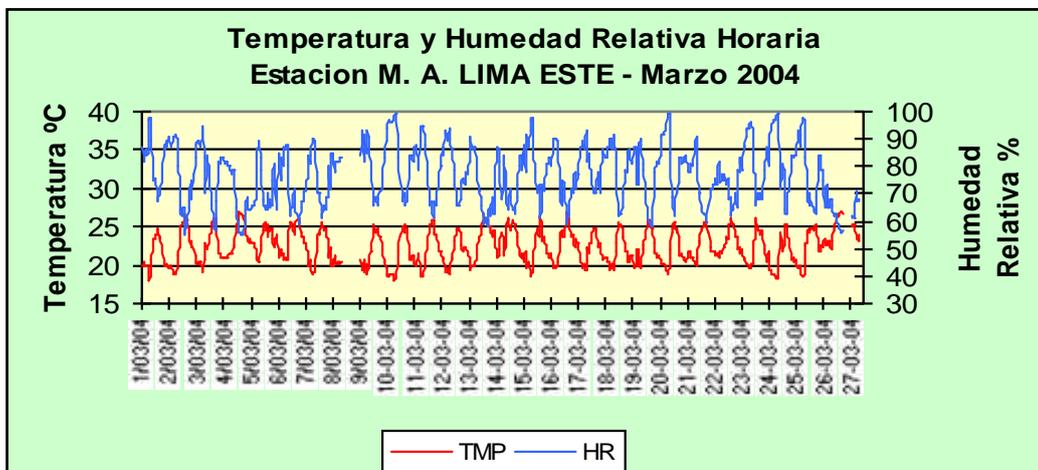
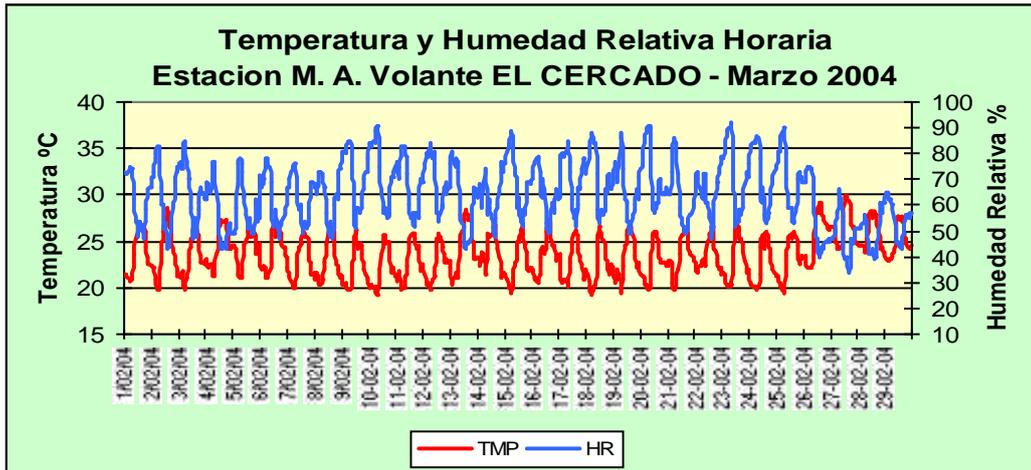


Fig. 6 b.- Variación horaria de la temperatura y humedad relativa durante el mes de Marzo del 2004 en Lima-Callao

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

El análisis del viento superficial (velocidad, dirección y frecuencia) correspondiente al presente mes 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), en ambos extremos de la ciudad se presentaron vientos de intensidad débil (2,2 m/s) con direcciones SW (46%) y SSW (27%) en el distrito de Comas y S (36%), W (15%) y WSW (13%) en Santiago de Surco; de otro lado, intensidades débiles a moderadas se registraron en los distritos de Jesús María con direcciones S y SSW (45%) y El Cercado con direcciones SW y WSW (73 y 17%). Mientras que intensidades moderadas (3-4m/s) se presentaron en el Callao con dirección predominante del S y SSW (42 y 24%) y registros de vientos de fuerte intensidad (> 6m/s) se presentaron hacia el este de la ciudad (La Molina) con dirección predominante del W y WNW con frecuencias de 58 y 27%, respectivamente.
- Durante la noche (19:00 a 6:00 horas), se presentaron vientos de intensidad débil (<2m/s) hacia el centro (Jesús María) con direcciones SSW, S y ESE (35, 22 y 21%, respectivamente) y este de la ciudad (El Cercado y La Molina) con dirección SW (78%) y W y WNW (58 y 23%), respectivamente. Mientras que intensidades moderadas se presentaron desde la zona norte de la ciudad (Comas), el litoral costero (Callao) y la zona sur (Las Palmas) con direcciones provenientes del W y WSW (55 y 22%), S y SSW (42 y 24%) y del S y SSE (50 y 26%), respectivamente.

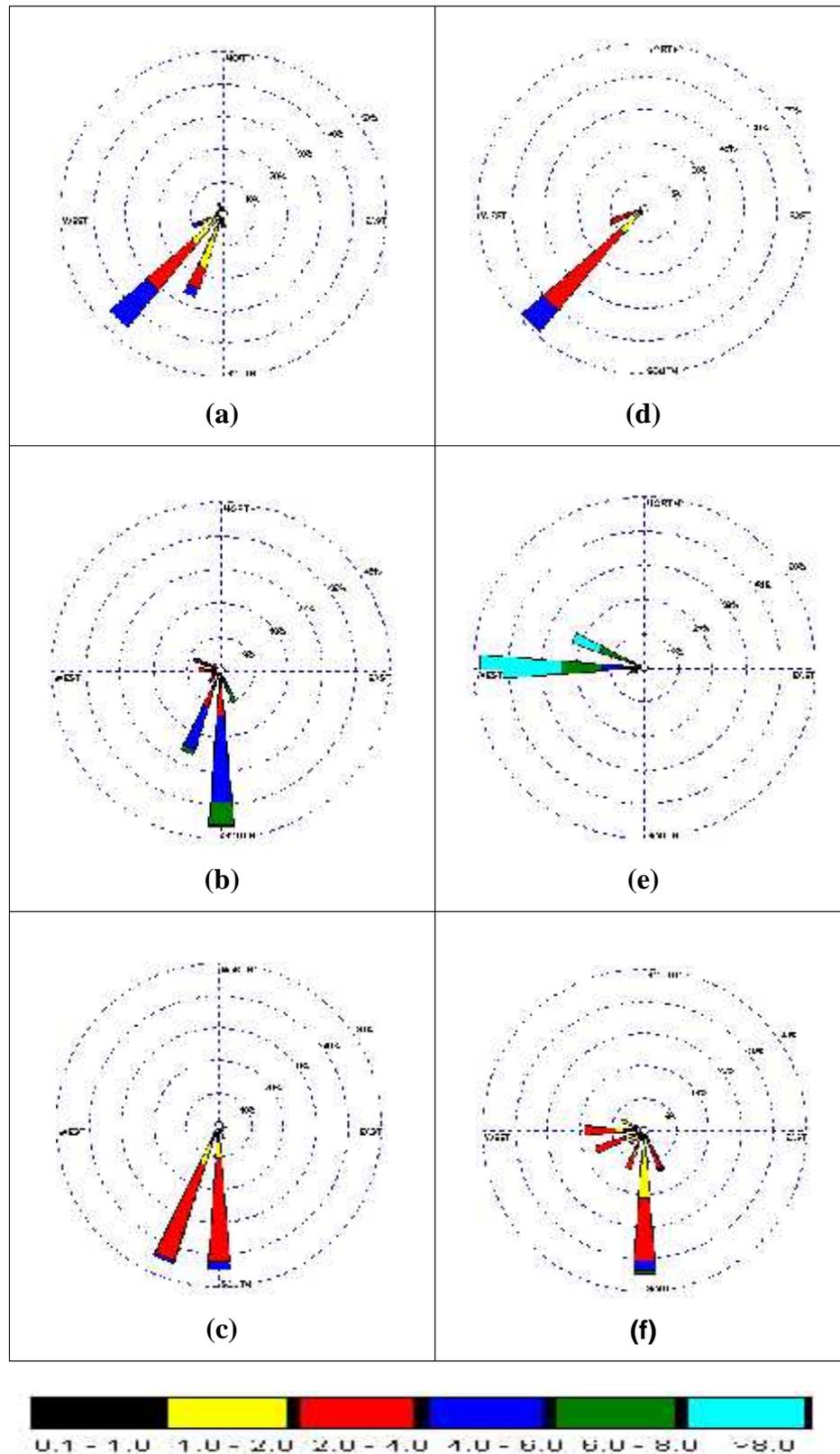


Fig. 7 – Rosas de viento (m/s) diurnas de las estaciones de (a) Collique, (b) Jorge Chávez, (c) Campo de Marte (d) El Cercado, (e) Lima Este y (f) Las Palmas

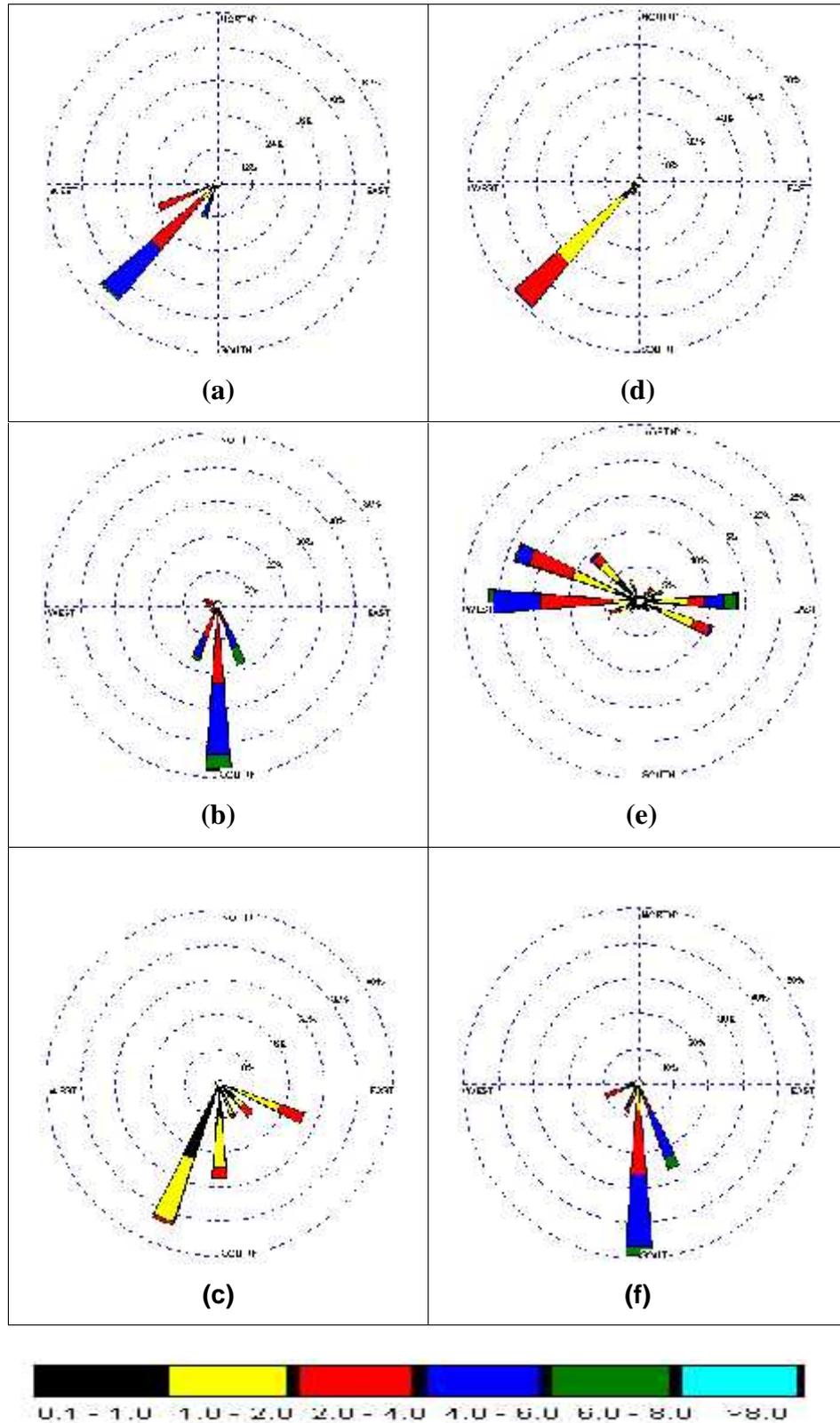


Fig.8 – Rosas de viento (m/s) nocturnas de las estaciones de (a) Collique, (b) Jorge Chávez, (c) Campo de Marte (d) El Cercado, (e) LimaEste y (f) Las Palmas

C. Análisis de la temperatura y vientos en el perfil de la tropósfera de la costa central del Perú durante el mes de Marzo del 2004

Habiéndose iniciado los sondajes el día 26 del presente mes, en la **fig. 9** se presenta el sondaje promedio para los 6 últimos días del mes, el cual explica que durante esos días predominaron condiciones meteorológicas de cielo nublado parcial a despejado en horas de la mañana y ausencia del fenómeno de la inversión térmica. Condiciones que fueron favorables para la dispersión de los contaminantes del aire en la componente vertical. Con respecto a los vientos de altura, desde la superficie hasta los 700 hPa, predominaron vientos de 2 a 5 m/s con dirección NW. Asimismo, desde los 700 hasta 400 hPa predominaron vientos con componente SE con velocidades de 5m/s. De 400 a 200 hPa, los vientos fueron variables, del SW a SE con velocidades de 10 m/s en promedio. Por encima de los 200, los vientos fueron del W con 12,5 m/s en promedio.

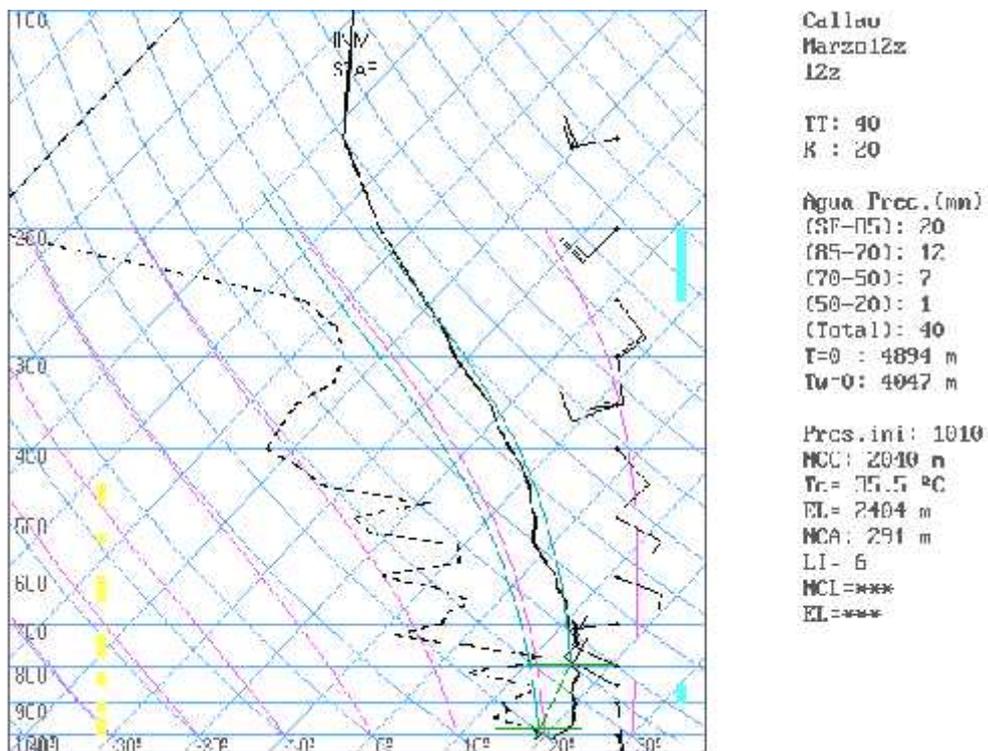


Fig. 9. - Radiosondaje mensual promedio durante el mes de Marzo del 2004 (Aeropuerto Internacional Jorge Chávez)

5. Conclusiones

Para el presente mes, el análisis de la variación espacial de los Contaminantes Sólidos Sedimentables (CSS) para la Zona Metropolitana de Lima – Callao refiere la configuración de tres centros de importante concentración de sólidos sedimentables: El primero de ellos, está ubicado al norte de la ciudad con núcleo en el distrito de Independencia con un valor

de 22,9 t/km²/mes; el segundo, ubicado hacia la zona centro este tiene su núcleo en el distrito de El Agustino con un valor similar al anterior núcleo de 22,7 t/km²/mes y el tercero, hacia el cono sur presenta valores comprendidos entre 15-25 t/km²/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 t/km²/mes). De acuerdo al análisis realizado, el 85,7% de las estaciones superaron los niveles referenciales de la OMS.

Los valores de Ozono troposférico se encuentran por debajo del ECA Nacional de 120 ug/m³ para cada 8 horas (60,1 ppb) aún cuando se obtuvo un máximo valor de 49,6 ppb que representó el 82,5% del ECA

Los valores de Monóxido de Carbono se mantuvieron dentro del rango esperado (de 0,5 a 5 ppm), aunque se ha reportado un evento máximo de 9,6 ppm, esto no alcanza el 38% del ECA de 40000 ug/m³ (25,8 ppm)

Con respecto al análisis de la información meteorológica de los vientos de superficie, durante el día se observaron vientos con intensidades que fluctuaron desde débiles (<2m/s) en la zona norte y sur de la ciudad con direcciones predominantes del SW (46%) y S (36%), respectivamente, a intensidades fuertes (>6m/s) en La Molina con dirección predominante del W (58%). En horas de la noche, vientos de intensidad débil (<2m/s) se presentaron hacia el centro con direcciones SSW, S y ESE (35,22 y 21%, respectivamente) y este de la ciudad con direcciones SW (78%) y SW (78%) y W y WNW (58 y 23%) y vientos de fuerte intensidad en la zona norte, litoral costero y sur con direcciones provenientes del W y WSW (55 y 22%), S y SSW (42 y 24%) y del S y SSE (50 y 26%), respectivamente.

El sondaje promedio para los 6 últimos días del mes, muestra predominancia de cielo nublado parcial a despejado en horas de la mañana y ausencia del fenómeno de la inversión térmica. Condiciones que pudieron haber resultado favorables para la dispersión de los contaminantes del aire en la componente vertical. Con respecto a los vientos de altura, desde la superficie hasta los 500 hPa, los vientos fueron variables de NW a SE con velocidades desde 5 hasta 10 m/s.



SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA SENAMHI

DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y ASUNTOS AMBIENTALES

BOLETÍN MENSUAL
Año 1 N° 3, Marzo 2004

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



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

MARZO 2004

LIMA, PERU