

EVALUACION DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA EN LA ZONA METROPOLITANA DE LIMA-CALLAO/MAYO-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 Mayo del 2004 en la Zona Metropolitana de Lima- Callao.	8
4.2 Análisis del comportamiento temporal de los contaminantes gaseosos durante el mes de Mayo del 2004 en el distrito de Jesús María.	10
4.3 Condiciones Meteorológicas durante el mes de Mayo 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 Mayo 2004 en Lima-Callao	8
Fig 3 - Distribución espacial de la concentración de sólidos sedimentables en Lima-Callao durante el mes de Mayo del 2004	9
Fig. 4a – Variación temporal de la concentración de Ozono Troposférico durante el mes de Mayo del 2004	10
Fig. 4b – Variación maxima cada 8 horas de la concentración de Ozono Troposférico mes de Mayo del 2004	10
Fig. 4c – Variación media horaria de la concentración de Ozono Troposférico mes de Mayo del 2004	11
Fig 4d Distribución de percentiles Ozono Troposférico (mayo)	11
Fig 4e Distribución de percentiles Ozono Troposférico (marzo)	12
Fig.4f - Distribución log-normal de observaciones de Ozono Troposférico	12
Fig. 5 a.- Variación horaria de la temperatura y humedad relativa durante el mes de Mayo del 2004 en Lima-Callao	14
Fig. 5 b.- Variación horaria de la temperatura y humedad relativa durante el mes de Mayo del 2004 en Jesús María y El Cercado	15
Fig. 6 – Rosas de viento Diurnas	17
Fig.7 – Rosas de viento Nocturnas	18
Fig. 8.-Radiosondaje mensual promedio mes de Mayo	20

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 mayo 2004, refieren la presencia de tres centros de alta contaminación o zonas críticas, ubicados en los conos norte ($22,0 \text{ t/km}^2/\text{mes}$), este ($19,5 \text{ t/km}^2/\text{mes}$) y sur (15 a $25 \text{ t/km}^2/\text{mes}$) de la capital. Condiciones meteorológicas de cielo nublado a nublado parcial en horas de la mañana y despejado en el resto del día y la persistente presencia del fenómeno de la inversión térmica dificultaron los procesos de dispersión en horas de la mañana, mejorando después del mediodía.

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 ppb) aún cuando se obtuvo un máximo valor de 16,5 ppb que represento el 27,5% del ECA.

El análisis de los registros meteorológicos de temperaturas y humedades relativas muestran que éstas fluctuaron desde $13,0^\circ\text{C}$ a $25,9^\circ\text{C}$ en el distrito de Surco y desde 42% (El Cercado) a 100% (Callao y La Molina).

Con respecto a los vientos de superficie, durante el día se observaron vientos con intensidades que fluctuaron desde débiles a moderados. Hacia el Callao y el Cercado las intensidades fueron menores a $2,1 \text{ m/s}$ con direcciones predominantemente del S (24%) y del SW (40%) respectivamente, mientras que en la Molina y Las Palmas los vientos de intensidad moderada presentaron direcciones del W (62%) y del S (25%), respectivamente. En horas de la noche, se reportaron vientos de intensidad débil ($<2 \text{ m/s}$) en el litoral costero y este de la ciudad (Callao, Cercado y la Molina) con direcciones del S (36%) WSW (12%) y WNW (19%), respectivamente; mientras que intensidades moderadas se presentaron hacia el sur (Surco) con direcciones S (27%) y SSE (17%).

1. Introducción

Durante el mes de mayo, 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, ha elaborado y presentado al Pleno del Comité, los Términos de Referencia para encargar a una consultora, la elaboración del estudio “Administración y Sostenibilidad de la Red de Monitoreo y del Sistema de Pronóstico de Calidad del Aire para la Zona Metropolitana de Lima –Callao. 2) Ha concluido el trabajo de campo de georreferenciación de los lugares de emplazamiento de las estaciones de monitoreo de calidad del aire de las diferentes propuestas al respecto, esta información es muy importante para la elaboración de una propuesta única orientada a la búsqueda de recursos financieros que demanda la implementación de la mencionada red de monitoreo.

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 mayo 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.

La exposición integral del ser humano al material particulado es una combinación de las concentraciones interiores y exteriores; aunque bien es cierto que la gente emplea la mayor parte de su tiempo en espacios interiores, se encuentran expuestos cuando dejan las instalaciones o cuando las partículas, especialmente las de rango comprendido entre 01,-1,0 μ ingresan. Estas últimas al interior (hogares u oficinas), no están reguladas por políticas públicas como los Estándares Nacionales existentes de Calidad del Aire y demás normas y se generan a expensas de los aportes de los residentes de las instalaciones que contribuyen con las actividades de cocina, el humo del cigarro, el polvo de la casa y los bioaerosoles.

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 en exteriores, 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. Las mediciones realizadas para conocer las concentraciones ambientales de estos contaminantes deben ser hechas en base a redes de muestreo (o monitoreo) que representen la exposición de importantes núcleos humanos urbanos, principalmente.

De forma específica, los efectos del material particulado en la salud, dependen de su tamaño y composición química, bioquímica y biológica, 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 una serie de recomendaciones para realizar monitoreos de concentraciones exteriores de partículas; los más importantes son la accesibilidad y la representatividad de la ubicación de los puntos de muestreo para la comunidad. Los objetivos específicos de una red de muestreo (o monitoreo) deben quedar bien establecidos; así, puede estar destinada a la verificación del cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental, al dictado de alertas de rápida reacción que impongan temporales reducciones en las emisiones, a investigaciones de procesos atmosféricos (lo cual requiere monitores simultáneos de partículas y gases), investigaciones en epidemiología para observar la exposición del ser humano y la detección de algún componente tóxico en la masa de las partículas, determinación de efectos ecológicos (por precipitación seca y húmeda sobre diferentes superficies), determinación de efectos radiativos (absorción y dispersión de luz por las partículas y alteración de la microfísica de las nubes).

En lo referente a contaminantes gaseosos, el ozono muestra un ciclo diurno peculiar en el aire no contaminado sobre la superficie terrestre con máxima concentración en el día y mínimas concentración en la noche.

En la atmósfera contaminada existe una concentración relativamente constante de ozono en la atmósfera libre sobre la capa de mezcla. Cuando hay una fuerte mezcla vertical (durante el día) el ozono es continuamente acarreado a la superficie y la concentración en el aire cercano a la superficie se acerca a la existente en la atmósfera libre. Cuando la mezcla vertical disminuye en intensidad (generalmente en la noche) entonces la destrucción de ozono en la superficie excede el transporte hacia la superficie y la concentración de ozono en la misma disminuye gradualmente.

En la atmósfera libre la relación de mezcla del ozono, normalmente tiene un mínimo en invierno y un máximo en la primavera y verano. La inyección de aire estratosférico rico en ozono en la tropósfera ocurre predominantemente en latitudes media y alta y la concentración de ozono en el aire cercano a la superficie es disminuida en latitudes ecuatoriales en ambos hemisferios comparada con la de las latitudes media y alta.

La evidencia existente sugiere que la producción y destrucción de ozono dentro de la tropósfera domina el balance de ozono troposférico.

En el hemisferio Sur los procesos en la fase gaseosa, son comparables a la inyección estratosférica y remoción superficial; en el hemisferio norte, los procesos en fase gaseosa dominan el balance. Datos de estudios realizados por Galbally y Roy, 1980; Fishman et al. 1979; Danielsen y Mohnen 1977 han sido combinados para obtener un balance de ozono en la Tropósfera:

Balance de Ozono en la Tropósfera. Unidades de Tg por Año 1/

Efecto	Hemisferio Sur	Hemisferio Norte
- Inyección en la estratosfera	500	500
- Destrucción en la superficie	450	650
- Destrucción en la fase gaseosa	700	1 300
-----	-----	-----
Producción en fase gaseosa en la tropósfera (estimado por balance)	650	1 450

1/ 1 Tg = 1×10^{12} gramos

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, SO₂ 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, Dióxido de Azufre API 100A 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 Mayo del 2004 en la Zona Metropolitana de Lima- Callao.

En la **figura 1** se presenta la red de contaminantes sólidos sedimentables (CSS). Durante el presente mes, se recogió información de 21 estaciones de monitoreo, de las cuales 15 de ellas, es decir, 71,4% excedieron 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 identifican tres centros de importantes 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, los mismos que se encuentran distribuidos 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 éste último con un valor de 22,0 t/km²/mes, explicado por 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 que contribuye a su acumulación (**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 un valor de 19,7 t/km²/mes, también explicado por semejantes condiciones de informalidad de la actividad industrial, 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.

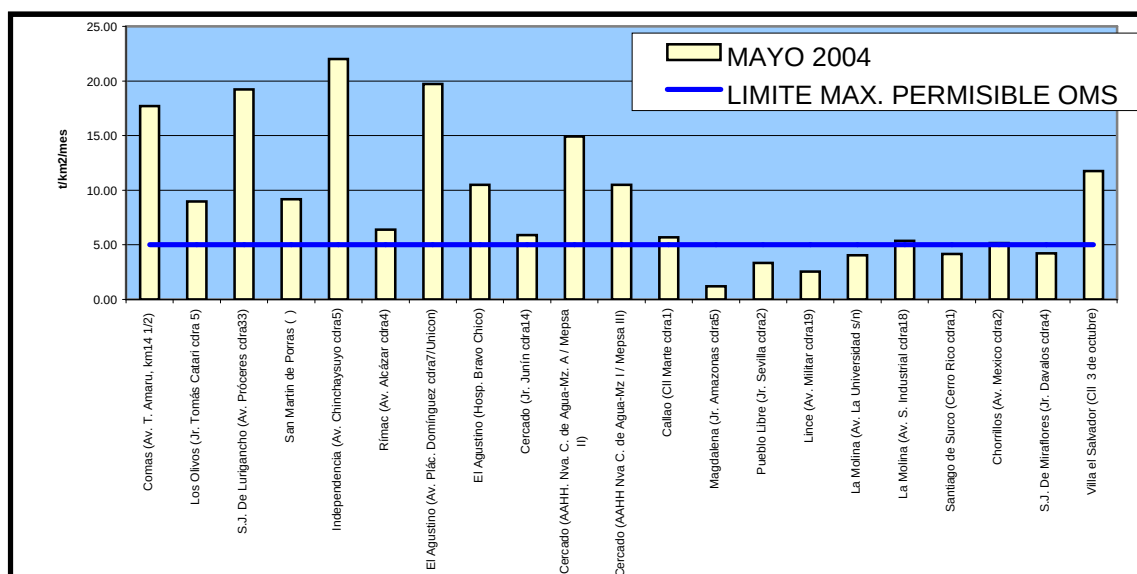


Fig. 2 - Totales mensuales de contaminantes sólidos sedimentables registrados durante el mes de Mayo 2004 en Lima-Callao

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.

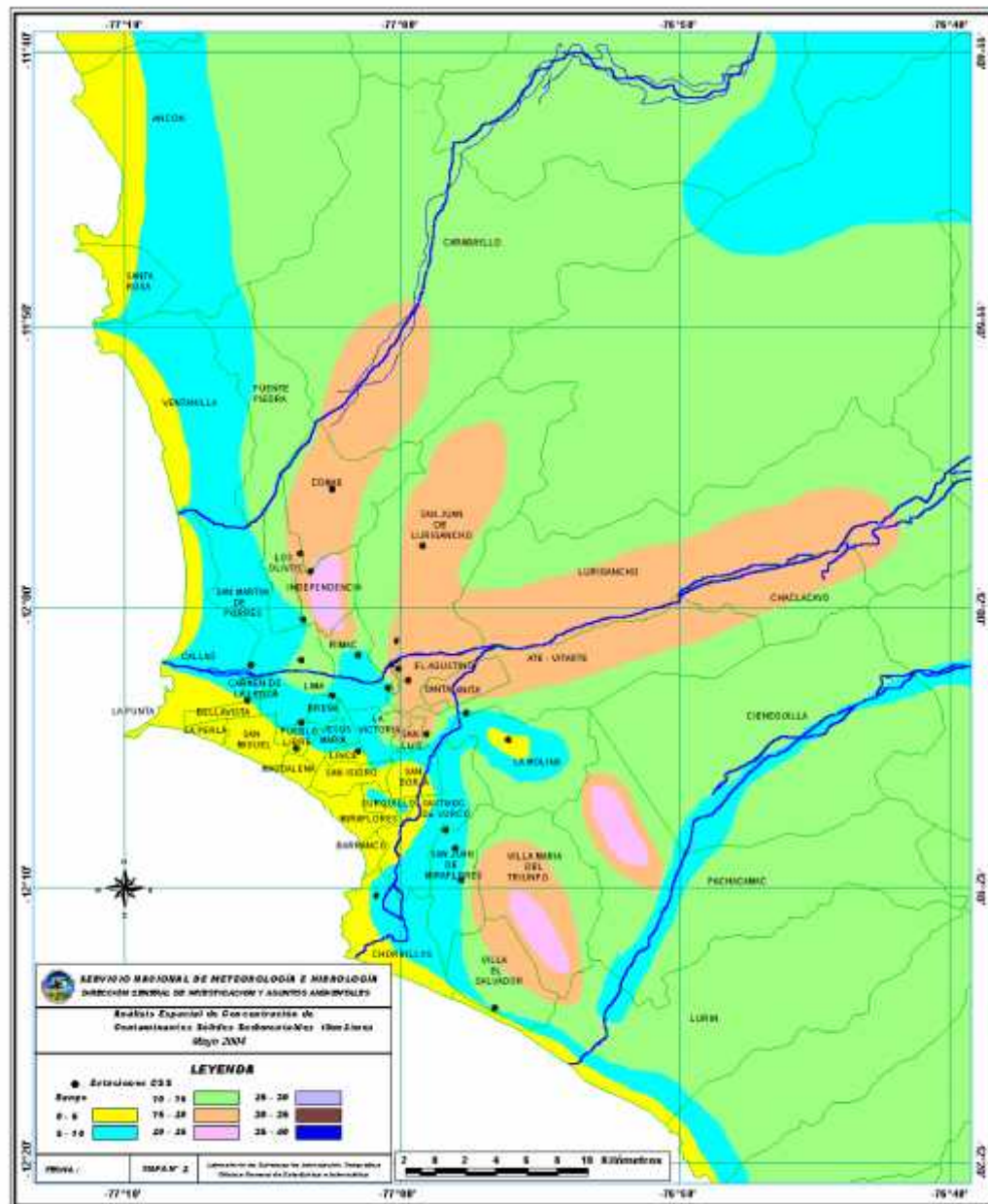


Fig.3 - Distribución espacial de la concentración de sólidos sedimentables en Lima-Callao durante el mes de Mayo del 2004

4.2 Análisis del comportamiento temporal de los contaminantes gaseosos durante el mes de Mayo 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 de la Sede del SENAMHI según la **figura 4a**, muestra para el presente mes un registro máximo horario de 28,2 ppb ocurrido el día 18 a las 14:00 pm, el cual guarda relación directa con la tendencia del índice UV para el presente mes, donde alcanzó un máximo de 7 en promedio horario.

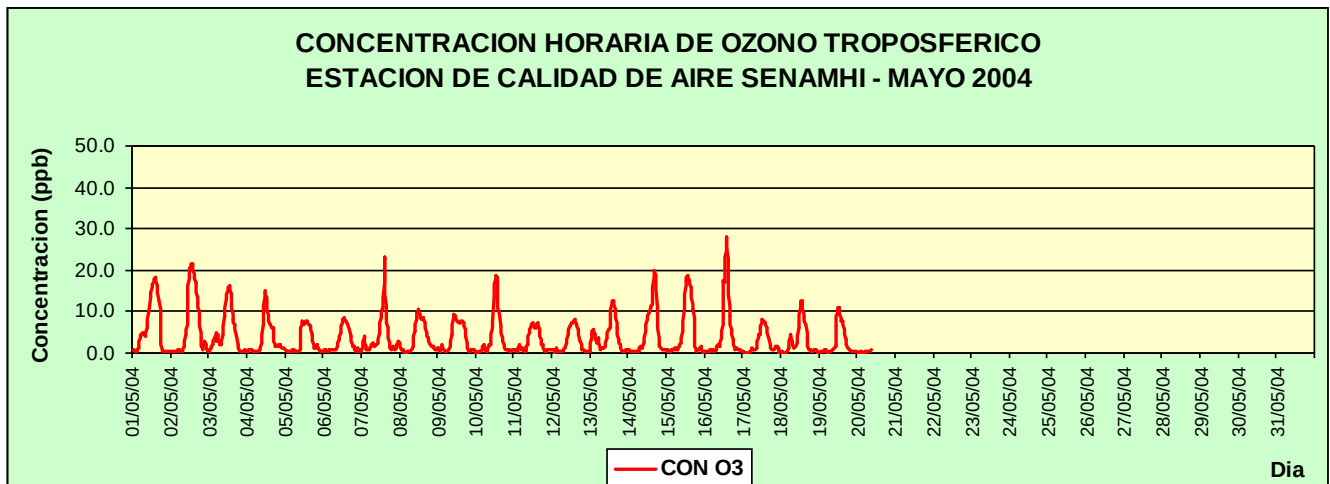


Fig. 4a – Variación temporal de la concentración de Ozono Troposférico durante el mes de Mayo del 2004

Asimismo el promedio de las 8 horas alcanzó un valor máximo de 16,5 ppb el día 02, representando un 27,5% del ECA correspondiente, establecido por el D.S. 074-PCM-2001 de 60,1 ppb ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) **Figura 4b**

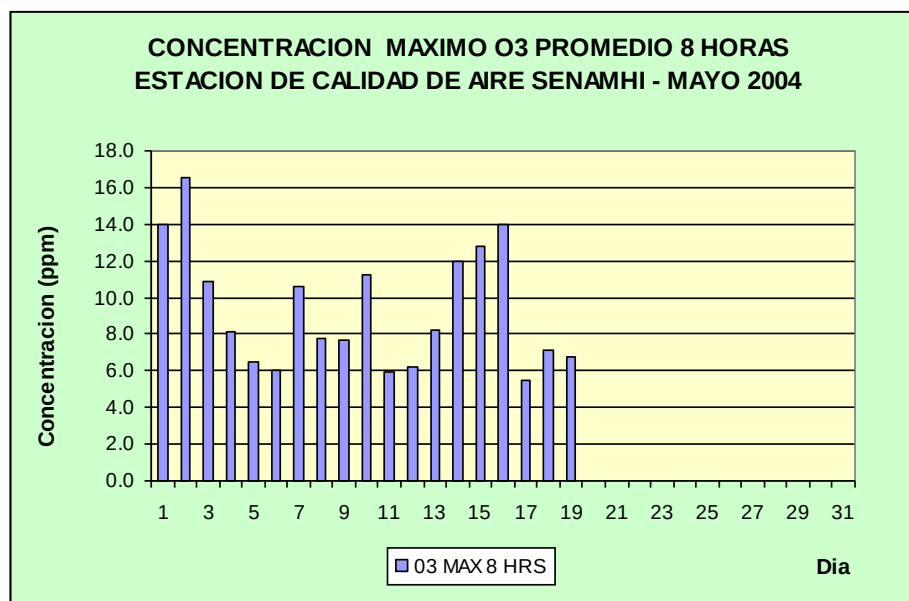


Fig. 4b Variación máxima cada 8 horas de la concentración de Ozono Troposférico - mes de Mayo del 2004

En una comparación de la variación media horaria (**figura 4c**) con anteriores períodos reportados, no se observa la repetición de episodios nocturnos importantes de ozono troposférico en horas de la mañana. El valor máximo horario alcanzado de 28.2 ppb es mayor al observado en Abril (20,8 ppb).

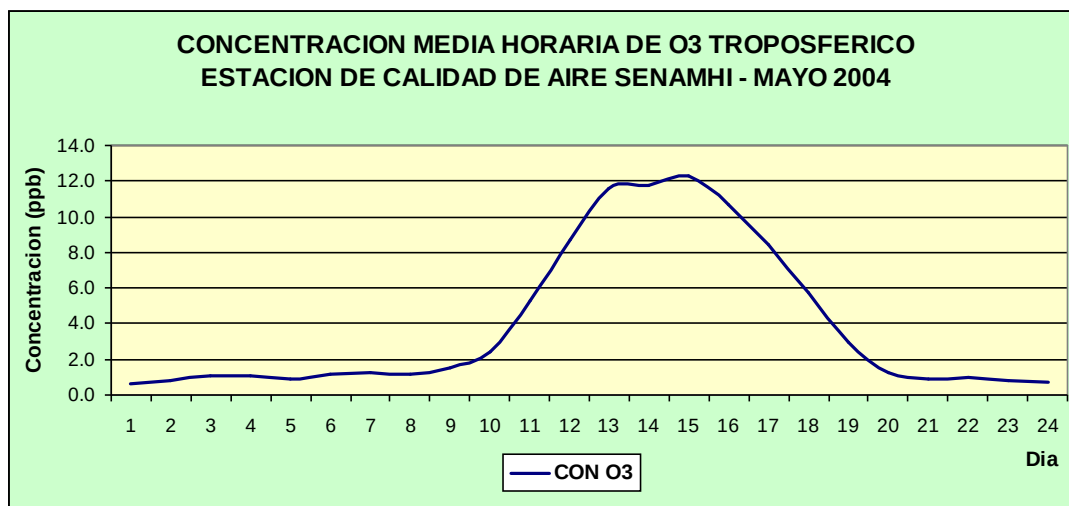


Fig. 4c – Variación media horaria de la concentración de Ozono Troposférico - mes de Mayo del 2004

Distribución de Observaciones

La distribución de las observaciones del Ozono Troposférico para el mes de Abril muestra un comportamiento similar a una distribución log-normal tal como se observa en la figura 4d, en donde la mayor acumulación de datos se ubica en el rango inferior a los 10 ppb. Se obtuvieron los siguientes percentiles 99%, 20,1 ppb; 98%, 18,7; 95%, 15,6 y 90%,10,5.

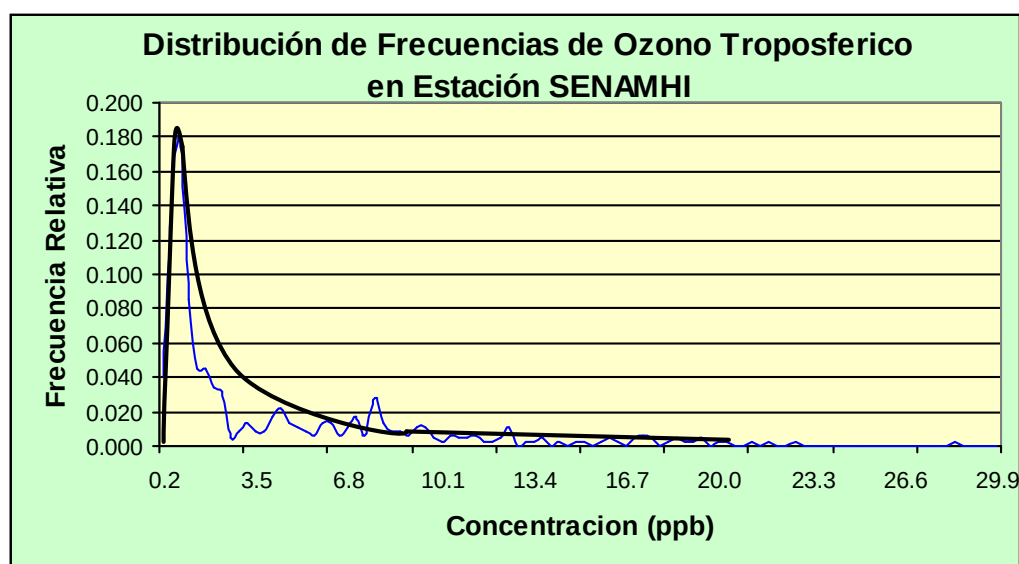


Fig 4d Distribución log-normal de observaciones de Ozono Troposférico

4.3 Condiciones meteorológicas durante el mes de Mayo del 2004

Para el mes de mayo, el análisis de las condiciones meteorológicas horarias y diarias para la Zona Metropolitana de Lima y Callao se ha basado en la información de 4 estaciones meteorológicas ordenadas de norte a sur que son las siguientes: Estación sinóptica y radiosondaje del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez (Callao, 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 forman parte de la red meteorológica presentada en la **figura 1**.

A. Análisis de Temperatura y Humedad Relativa

- Del análisis puntual de variación temporal diaria de la temperatura (°C) y humedad relativa (%) extremas se destaca lo siguiente: La temperatura máxima fluctuó entre los valores de 14,6°C (La Molina) a 25,9°C (Surco) y la mínima osciló entre 13°C (Surco) y 20,1°C (El Cercado); en cuanto a las humedades relativas, la máxima fluctuó entre 48% (El Cercado) a 100% (Callao y La Molina) mientras que la mínima osciló entre 42% (El Cercado) a 98% en La Molina. De acuerdo a lo descrito, las condiciones meteorológicas propias de la estación otoñal se vienen presentando con días bastantes fríos y nublados durante su mayor parte.
- 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 5**.

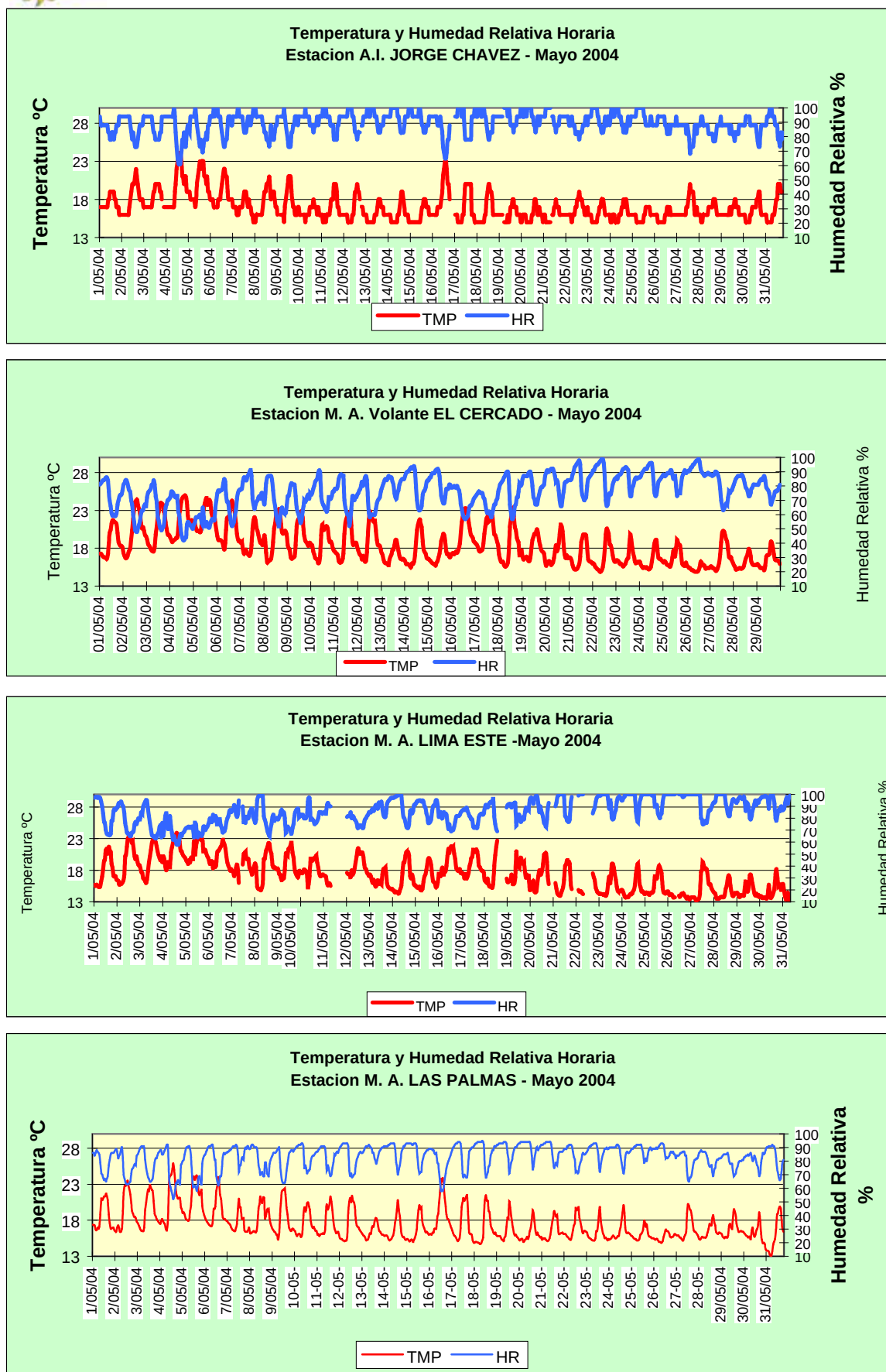


Fig. 5.- Variación horaria de la temperatura y humedad relativa durante el mes de Mayo del 2004 en Lima-Callao

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

El análisis del viento superficial (velocidad, dirección y frecuencia) correspondiente al presente mes presentado en las **figuras 6 y 7** 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), los vientos oscilaron desde débiles (<2m/s) a moderados (2,2-6m/s) en las estaciones en cuestión; así, hacia el litoral costero se registraron vientos de intensidad débil (1,6 m/s) con direcciones S (24%) y WNW (16%) principalmente y hacia el lado este débiles en el distrito del Cercado (2,1 m/s) y moderados en la Molina (5,8 m/s) con direcciones provenientes del SW (40%) y WSW (WSW) y del W (62%) y WNW (22%), respectivamente. Hacia el sur de la ciudad (Surco), se presentaron vientos moderados (4,1 m/s) con direcciones S y W (25%).
- Durante la noche (19:00 a 6:00 horas), las intensidades oscilaron desde débiles a moderados. Intensidades débiles se presentaron en el Callao, el Cercado y La Molina con velocidades comprendidas entre 1,1 – 1,8 m/s y con direcciones provenientes del S (36%) y SSE (15%), WSW (12%) y SW (48%) y del WNW (19%) y W (17%). Mientras que intensidades moderadas se presentaron en Las Palmas con direcciones S (27%) y SSE (17%).

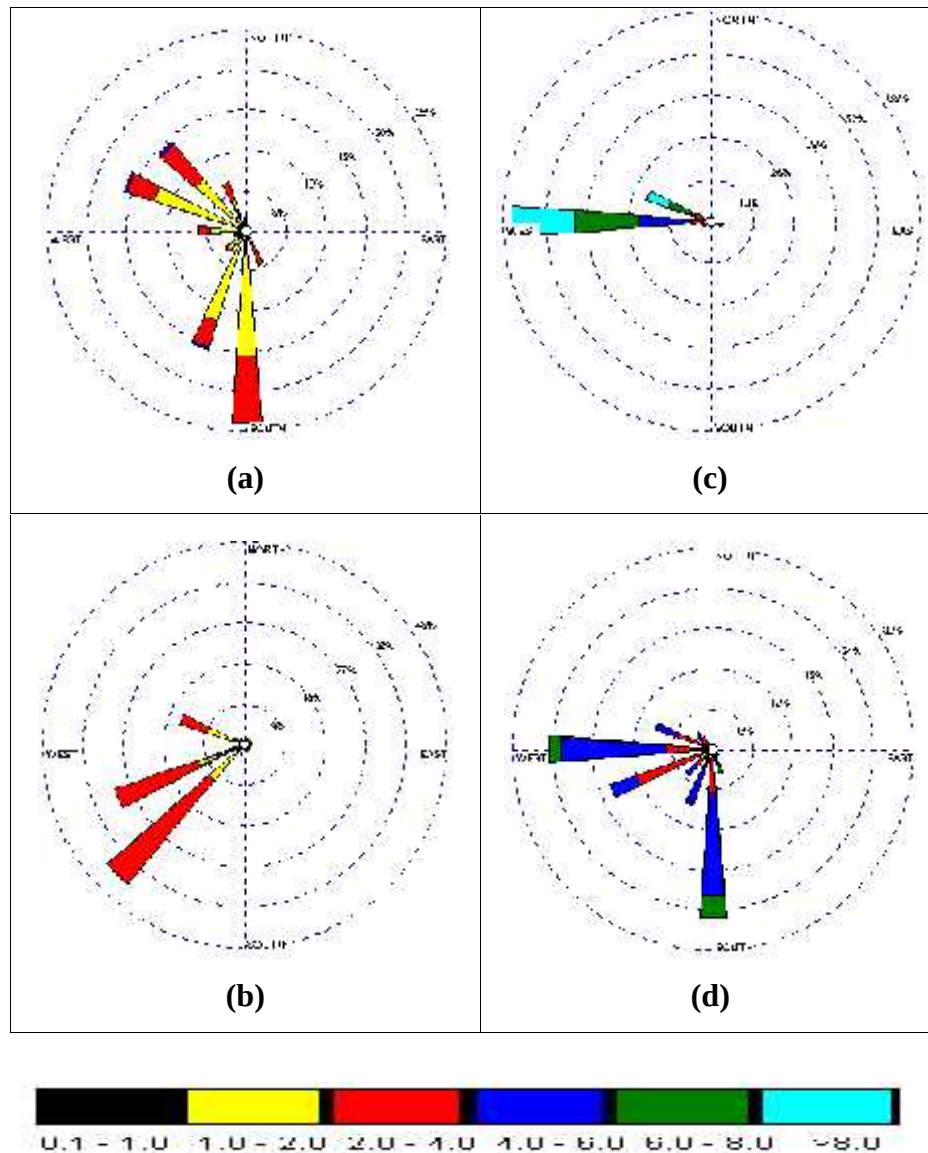


Fig. 6 – Rosas de viento (m/s) diurnas de las estaciones de (a) Jorge Chávez, (b) El Cercado, (c) Lima Este y (d) Las Palmas

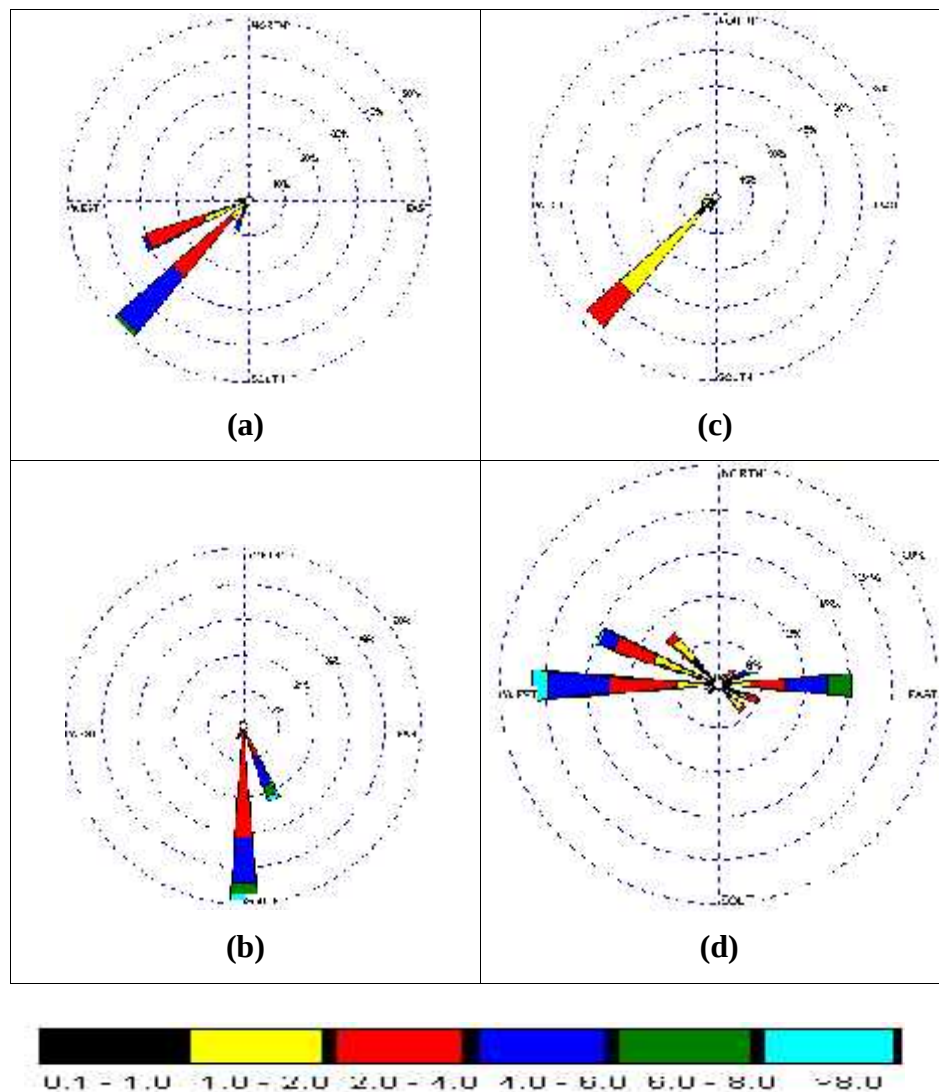


Fig.7 – Rosas de viento (m/s) nocturnas de las estaciones de (a) Jorge Chávez, (b) El Cercado, (c) LimaEste y (d) Las Palmas

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

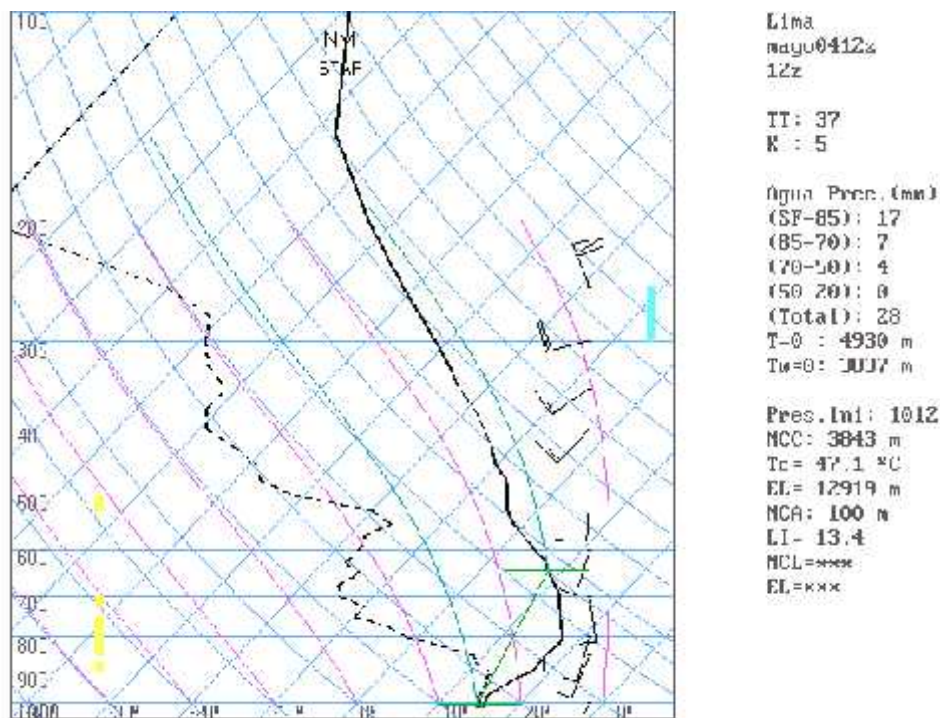


Fig. 8. - Radiosondaje mensual promedio durante el mes de Mayo del 2004 (Aeropuerto Internacional Jorge Chávez)

En la **figura 8** se muestra el sondaje promedio para el mes de mayo. Del análisis de la información se encontró que la base de la inversión estuvo oscilando entre superficie a 877m de altitud con un promedio de 408m y el tope de 247 a 1556m con un promedio de 851m. Hubieron 3 días con la base en superficie y con diferente alrededor de 1°/100m. Los vientos desde superficie hasta 500 hPa fueron del S con intensidades de 2.5 a 5 m/s. Entre 500 y 300 hPa fueron del SW y W con intensidades de 5 a 12.5 m/s. En los niveles superiores los vientos fueron del norte y más intensos.

5. Conclusiones

Para el mes de mayo, el análisis de la variación espacial de los Contaminantes Sólidos Sedimentables (CSS) en la Zona Metropolitana de Lima – Callao destaca la conformación de tres centros de importante concentración de sólidos sedimentables: El primero está ubicado al norte de la ciudad con núcleo en el distrito de Independencia con 22,0 t/km²/mes; el segundo, ubicado hacia la zona centro este tiene su núcleo en el distrito de El Agustino con un valor de 19,2 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 71,4% de las estaciones sobrepasaron 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 16,5 ppb que representó el 27,5% del ECA. La distribución de las observaciones se asemejan a una distribución estadística log-normal.

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 a moderados. Hacia el Callao y el Cercado las intensidades fueron menores a 2,1 m/s con direcciones predominantemente del S (24%) y del SW (40%) respectivamente, mientras que en la Molina y Las Palmas los vientos de intensidad moderada presentaron direcciones del W (62%) y del S (25%), respectivamente. En horas de la noche, se reportaron vientos de intensidad débil (<2m/s) en el litoral costero y este de la ciudad (Callao, Cercado y la Molina) con direcciones del S (36%) WSW (12%) y WNW (19%), respectivamente; mientras que intensidades moderadas se presentaron hacia el sur (Surco) con direcciones S (27%) y SSE (17%).

Condiciones meteorológicas de cubierto a nublado en horas de la mañana y de nublado parcial a nubes dispersas el resto del día. La presencia del fenómeno de la inversión térmica todos los días, la fina garúa en los distritos cercanos al litoral y vientos de baja intensidad dificultaron los procesos de dispersión de los contaminantes en horas de la mañana, mejorando relativamente alrededor del mediodía y primeras horas de la tarde para volver a desmejorar al anochecer.