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

INDICE

I. INTRODUCCIÓN 2

II. CUENCA ATMOSFERICA DE LIMA 4

III. METODOLOGÍA 4

IV. RESULTADOS 7
4.1 Distribución espacial de contaminantes sólidos sedimentables durante el mes de Junio del 2004 en la Zona Metropolitana de Lima- Callao. 7
4.2 Condiciones Meteorológicas durante el mes de Junio 2004 9

V. CONCLUSIONES 15

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Estaciones meteorológicas y de contaminantes sólidos sedimentables en la Zona Metropolitana de Lima-Callao 6
Fig. 2 - Totales mensuales de contaminantes sólidos sedimentables registrados durante el mes de Junio 2004 en Lima-Callao 7
Fig 3 - Distribución espacial de la concentración de sólidos sedimentables en Lima-Callao durante el mes de Junio del 2004 8
Fig. 4.- Variación horaria de la temperatura y humedad relativa durante el mes de Junio del 2004 en Lima-Callao 10
Fig. 5 – Rosas de viento Diurnas 12
Fig.6 – Rosas de viento Nocturnas 13
Fig.7.-Radiosondaje mensual promedio mes de Junio 14

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

1. Introducción

Durante el mes de junio, el SENAMHI a través de la Dirección General de Investigación y Asuntos Ambientales, celebró el 5 de junio el día Mundial del Medio Ambiente a través de conferencias referidas a los esfuerzos institucionales en la vigilancia atmosférica y eventos artísticos y deportivos que buscaron congregar el interés y entusiasmo del personal del SENAMHI por la temática ambiental. El lema mundial de este año dado por el PNUMA fue: "¡Se buscan! Mares y Océanos... ¿Vivos o Muertos?, para dar a conocer que nos corresponde tomar una decisión acerca de cómo es que queremos proteger y conservar saludables los mares y océanos en adelante para poder aprovecharlos en forma sostenible, y cómo es que dichas decisiones constituyen la clave para el futuro del planeta.

Asimismo, profesionales de la DGIA participaron en conferencias por el Día Mundial del Medio Ambiente organizados por la Municipalidad de Independencia y en charlas de capacitación para integrantes del Comité de Desarrollo Sanitario Ambiental de la zona de Collique en Comas sobre los principales conceptos en materia de contaminación del aire y efectos a la salud. De otro lado, se participó en el evento organizado por la Municipalidad de Jesus Maria denominado "Jesús María, Municipio Saludable" en el que se brindó charlas y se realizó exposiciones con paneles informativos.

Relacionado a los asuntos de calidad del aire, el presente Boletin muestra los resultados del monitoreo de los Contaminantes Sólidos para el mes de junio 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*u* 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 *u* se quedan retenidas en la cavidad extratorácica del tracto respiratorio, las partículas comprendidas entre 5 a 10 um son retenidas en los bronquios; mientras que las partículas menores a 2,5 *u* llegan hasta los alveolos pulmonares.

Con respecto a su composición, el material particulado está constituído por material tanto inerte como por metales pesados; éstos últimos pueden ser Fierro (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, las gestantes 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 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 atmo´sfera libre. Cuando la mezcla vertical disminuye en intensidad (generalmente en la noche) entonces la destrucción de ozono en la superficie excede el trasnporte 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 predomoinantemente 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 proceso sen 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 Troposfera. Unidades de Tg por Año 1/

Efecto	Hemisferio Sur	Hemisferip 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 = $1x10^{12}$ 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 Linea 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 contínua 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 Junio 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 junio, se recopiló información de campo de 22 estaciones de muestreo, 18 de las cuales (81,8%) excedieron el límite referencial permisible recomendado por la OMS equivalente a 5 t/km^2/mes.

En la **figura 3** se muestra el comportamiento 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 Carabayllo, Comas, Los Olivos e Independencia, con núcleo en éste último con un valor de 19,4 t/km^2/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 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 21,7 t/km^2/mes, valor más alto del 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/km^2/mes, por similares causas locales y la influencia de los vientos locales ya descrita.

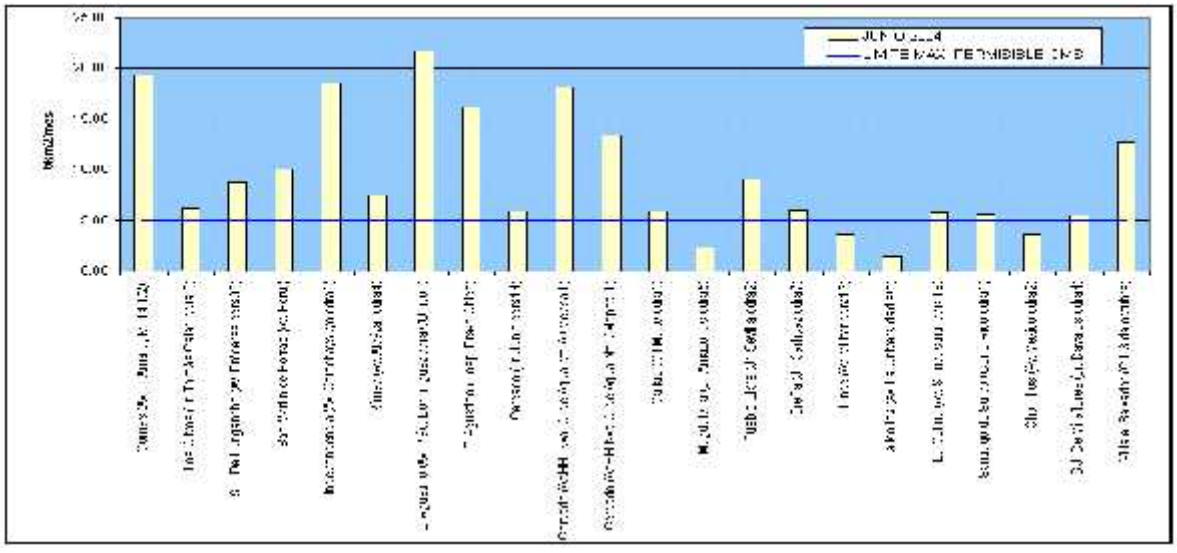


Fig. 2 - Totales mensuales de contaminantes sólidos sedimentables registrados durante el mes de Junio 2004 en Lima-Callao

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.

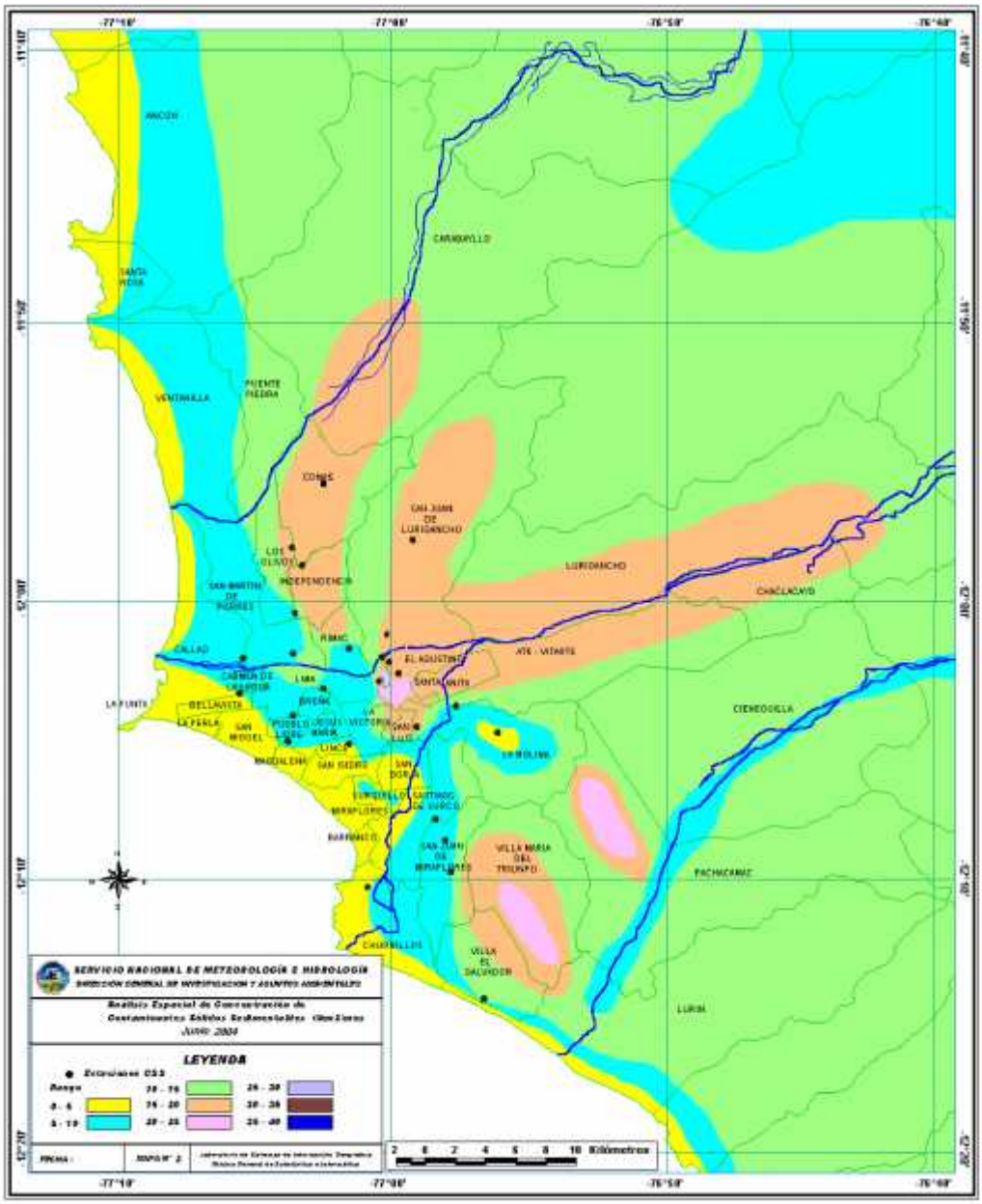


Fig.3 - Distribución espacial de la concentración de sólidos sedimentables en Lima-Callao durante el mes de Junio del 2004

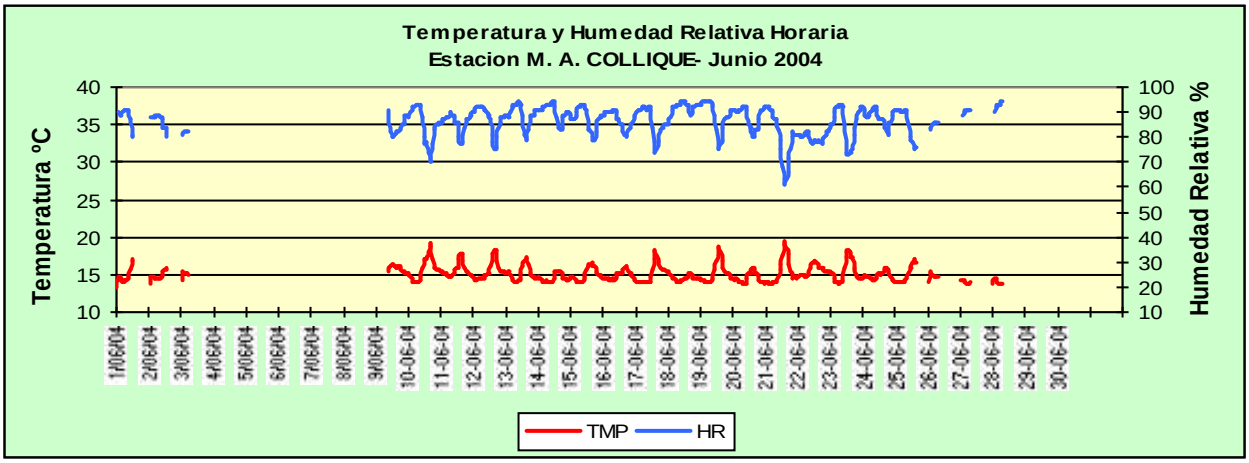
4.2 Condiciones meteorológicas durante el mes de Junio del 2004

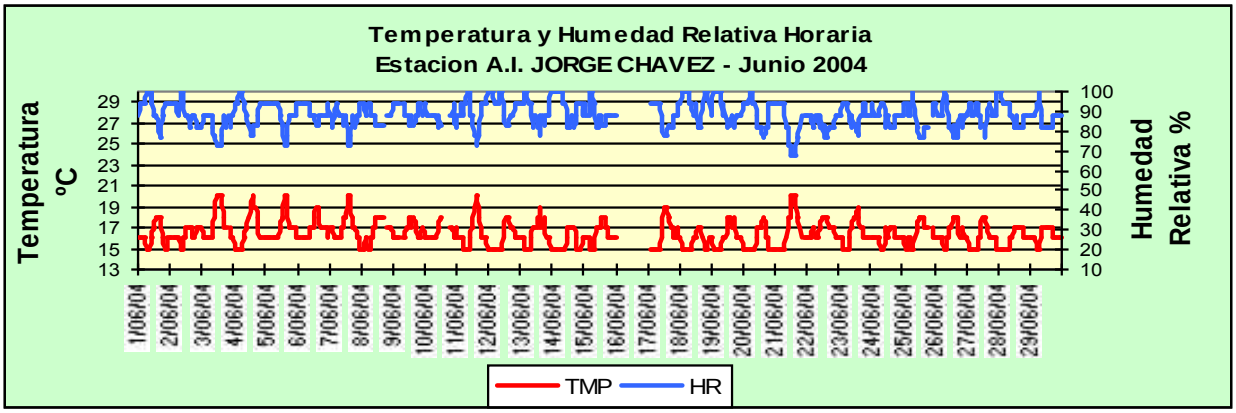
Para el presente mes, el análisis de las condiciones meteorológicas horarias y diarias para la Zona Metropolitana de Lima y Callao se ha basado en la información de 4 estaciones meteorológicas ordenadas de norte a sur que se mencionan a continuación: Estación meteorológica automática Collique (Comas), Estación sinóptica y radiosondaje del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez (Callao), estación meteorológica automática El Cercado (AA.HH. Nueva Caja de Agua-El Cercado) y estación meteorológica automática Lima Este (La Molina). Estas estaciones forman parte de la red meteorológica presentada en la **figura 1**.

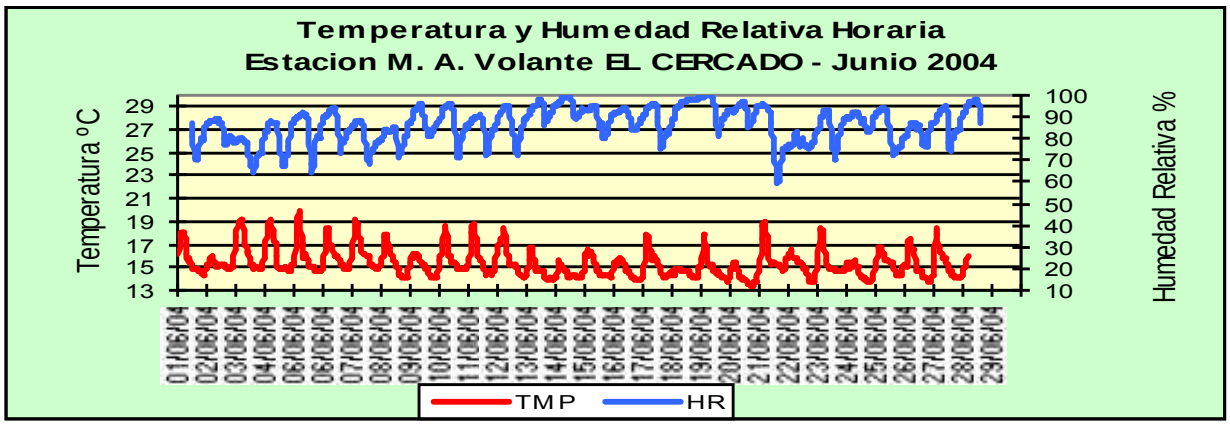
A. Análisis de Temperatura y Humedad Relativa

- Del análisis puntual de variación temporal diaria de la temperatura (°C) y humedad relativa (%) extremas se observa lo siguiente: Los valores de la temperatura máxima fluctuaron de 13,1°C (la Molina) a 20,0°C (Callao) y la mínima de 11,8°C a 16°C en los distritos de La Molina y Callao, respectivamente; en cuanto a las humedades relativas, la máxima fluctuó entre 80% (El Cercado) a 100% (Callao, El Cercado y La Molina), mientras que la mínima osciló entre 59% (El Cercado) a 99% en La Molina. Los días se vienen presentando nublados a nublados parciales durante su mayor parte, con precipitaciones frecuentes tipo llovizna principalmente desde la segunda quincena del mes. Las condiciones meteorológicas propias de la estación invernal se van acentuando.

- Con respecto al análisis horario de la información, los valores mínimos de la temperatura del aire se registraron de manera predominante entre las 5:00 y 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 3:00 a 6:00 am; similar comportamiento se presentó en las mínimas con registros entre las 12:00 y 15:00 pm. Ver **figura 4**.







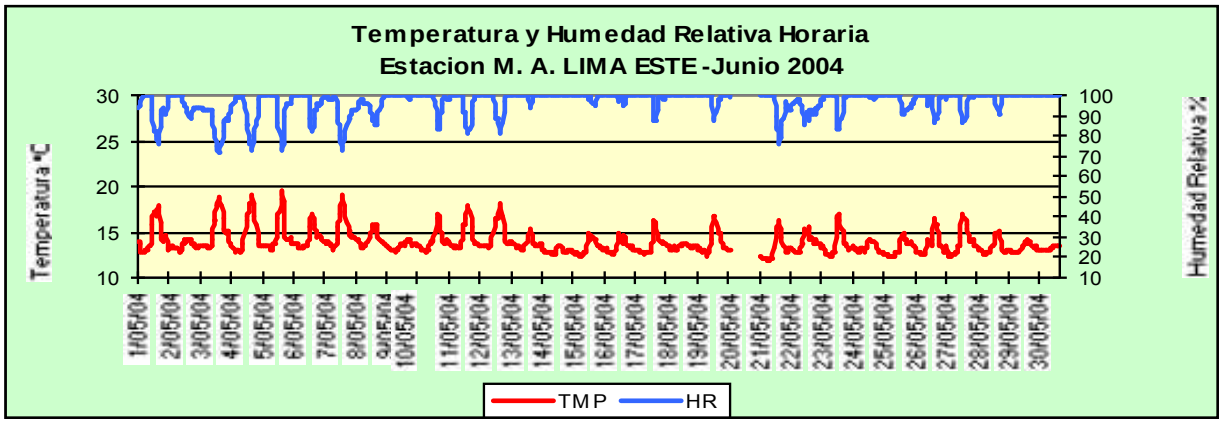


Fig. 4.- Variación horaria de la temperatura y humedad relativa durante el mes de Junio del 2004 en Lima-Callao

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

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

- Durante el día (7:00 a 18:00 horas), los vientos oscilaron desde débiles (<2,2m/s) a moderados (2,2-6m/s); de esta forma, en la zona este de la ciudad (El Cercado) los vientos presentaron intensidad débil con direcciones predominantes del SW y WSW (47 y 18%); mientras que vientos moderados (mayormente entre 3 y 5 m/s) se registraron en los distritos de Comas (3,7 m/s), Callao (3 m/s) y La Molina (5 m/s) con direcciones provenientes del SW y SSW (38 y 22%), del S y SSW (36 y 23%) y del W y WNW (55 y 21%), respectivamente. No hubieron registros de calmas.

- Durante la noche (19:00 a 6:00 horas),en las estaciones en estudio, se registraron intensidades desde débiles (<2,2m/s) a ligeramente moderadas (alrededor de 2,5 m/s). Los distritos de Comas y El Cercado presentaron intensidades débiles con direcciones provenientes del SW y SSW (39 y 23%) y del SW y WSW (52 y 17%), repectivamente. Intensidades ligeramente moderadas se presentaron en el Callao y La Molina con direcciones predominantes del S y SSE (51 y 18%) y del W y WNW (28 y 16%), respectivamente.

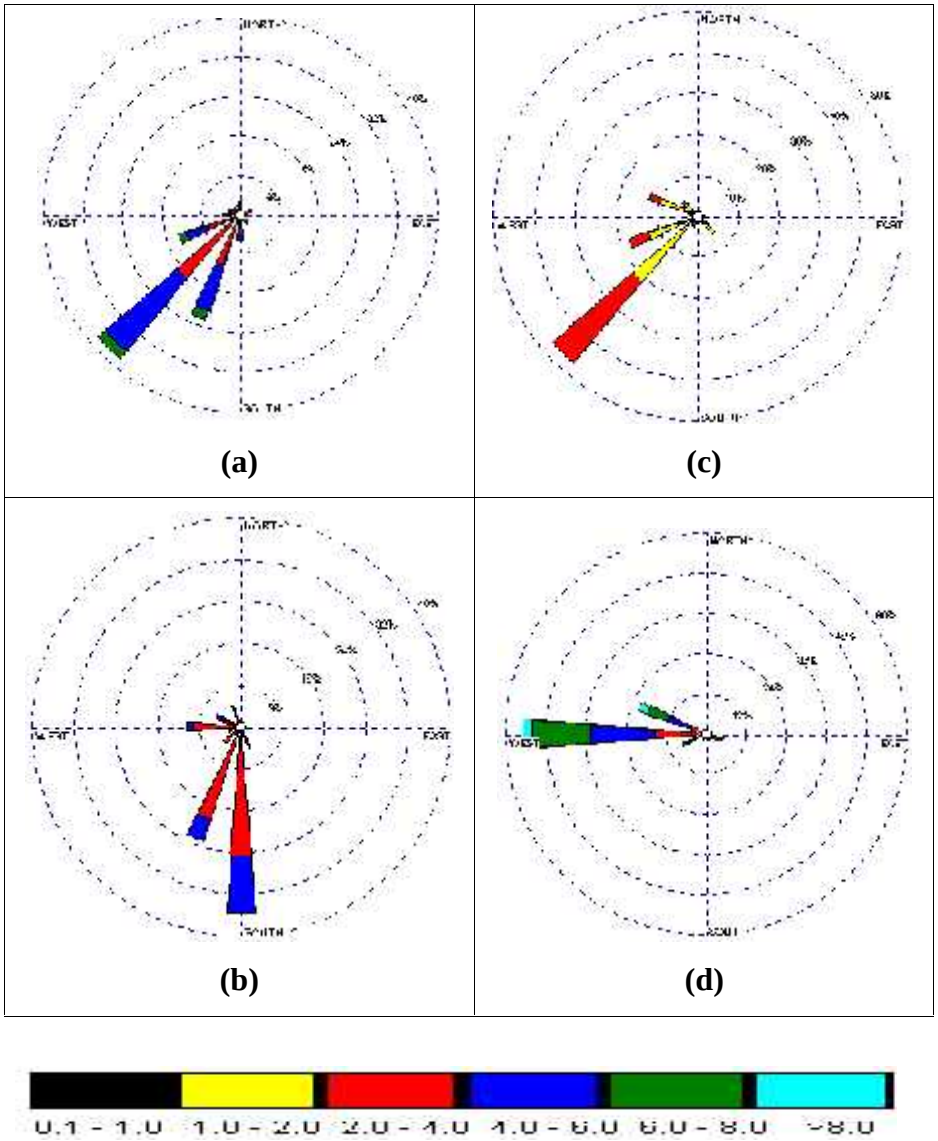


Fig. 5 – Rosas de viento (m/s) diurnas de las estaciones de (a) Collique, (b) Jorge Chávez, (c) El Cercado y (d) Lima Este

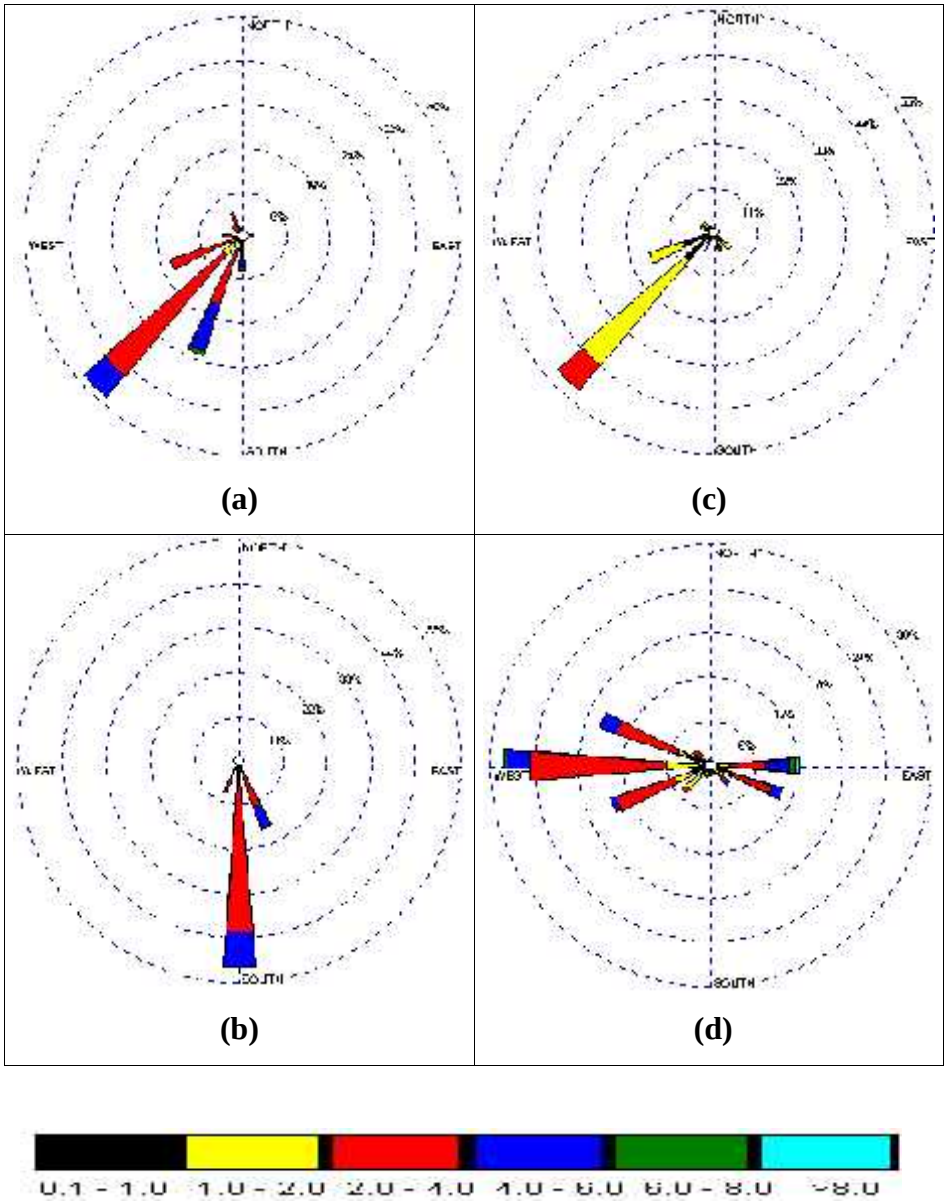


Fig. 6 – Rosas de viento (m/s) nocturnas de las estaciones de (a) Collique, (b) Jorge Chávez, (c) El Cercado y (d) Lima Este

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

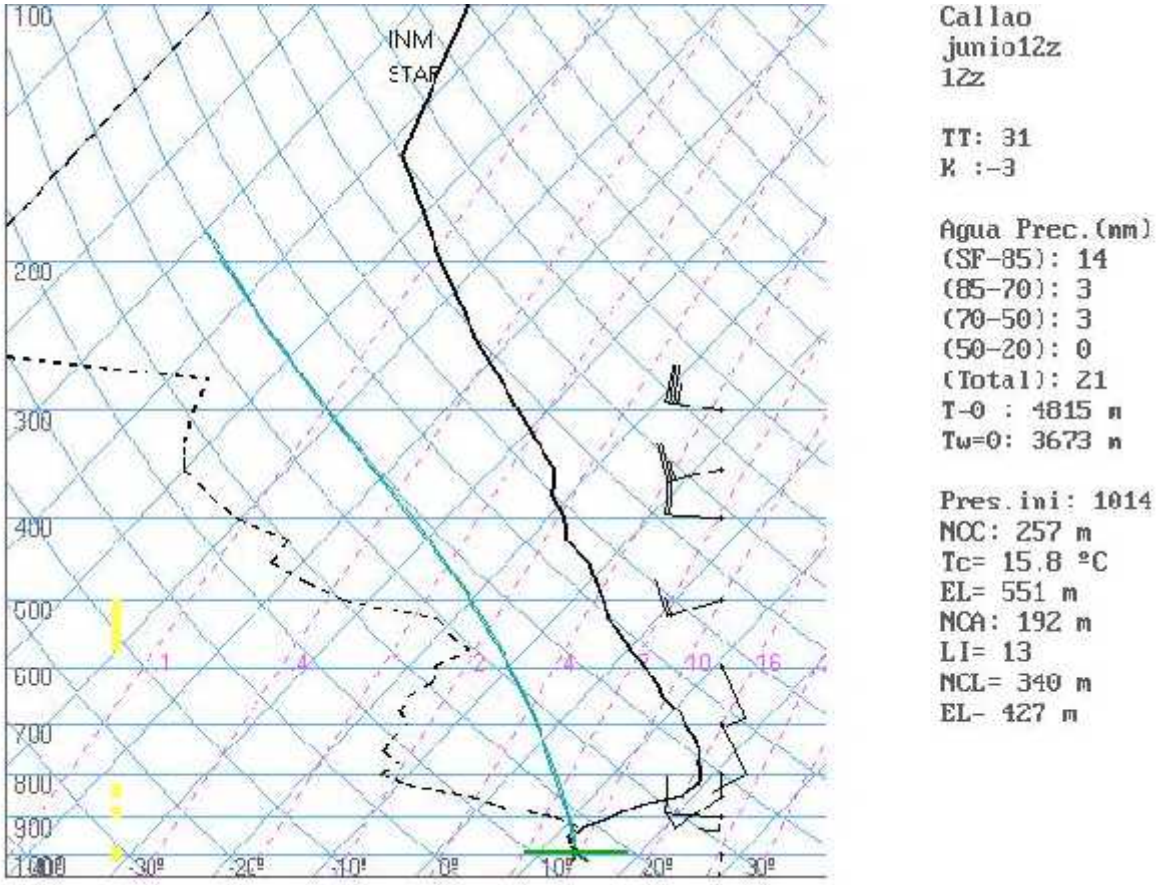


Fig. 7. - Radiosondaje mensual promedio durante el mes de Junio del 2004 (Aeropuerto Internacional Jorge Chávez)

En la **figura 7** se muestra el sondaje promedio para el mes de junio. Al analizar la información, se encontró que la capa de inversión térmica estuvo presente durante los 23 días en que se realizaron las observaciones en el mes, con una intensidad promedio de 1,34 °C/100 m, presentando su mayor intensidad el día 8 con 3,36 °C/100 m y el día 13 la menor con 0,47 °C/100m. Asimismo, la base de la inversión se situó en promedio en los 787 m con su altitud máxima de 1 187m el día 8 y la mínima de 528m el día 12; y el tope se situó en promedio en los 1 618 m, con su altitud máxima de 2 203m el día 13 y mínima de 1 179m el día 7.

El perfil de temperatura dentro de la inversión presentó un promedio de 11,1 °C en la base, con un máximo de 13°C el día 8 y mínimo de 9°C el día 25; y en el tope en promedio la temperatura fue de 20°C, con una máxima de 24°C el día 8 y mínima de 17,8°C el día 19.

Los vientos entre superficie y 600 hPa cambiaron de SW a vientos del SE con intensidades de 2,5 a 5 m/s. Hacia los 500 hPa variaron a vientos del WSW y más arriba, del W con intensidades de 12,5 a 20 m/s.

5. Conclusiones

Para el mes de junio, el análisis de la variación espacial de los Contaminantes Sólidos Sedimentables (CSS) en la Zona Metropolitana de Lima – Callao muestra la configuración de tres centros importantes: El primero de ellos está ubicado al norte de la ciudad con un valor de 19,4 t/km^2/mes; el segundo, ubicado hacia la zona centro-este, con un valor de 21,7 t/km^2/mes y el tercero, hacia el cono sur presenta valores comprendidos entre 15-25 t/km^2/mes. Sólo en la estrecha franja paralela a la costa y en parte de algunos distritos residenciales se cumple la norma. De acuerdo al análisis realizado, el 71,4% de las estaciones sobrepasaron los niveles referenciales de la OMS.

Del análisis de la información meteorológica de los vientos de superficie, se destaca la presencia de vientos con intensidades que fluctuaron desde débiles en el distrito de El Cercado con dirección predominante del SW (47%) a moderados en los distritos de Comas, El Callao y la Molina con direcciones predominantemente del SW (38%), S (36%) y del W (55%), respectivamente. En horas de la noche, se reportaron vientos de intensidad débil (<2m/s) a ligeramente moderada (alrededor de 2,5m/s) en los distritos de Comas y El Cercado con direcciones SW (39 y 52%) y del S (51%) y W (28%) en El Callao y La Molina, respectivamente.

Condiciones meteorológicas de cielo nublado a nublado parcial durante la mayor parte del día, la persistente llovizna sobre la ciudad, vientos moderados entre superficie y los 600 hPa (aprox. 4 200 msnm.) con direcciones que fluctuaron de SW a SE y la presencia permanente del fenómeno de la inversión térmica durante los 23 días de observación con una intensidad máxima de 3,36 °C/100 m, configuraron un escenario no muy favorable a los procesos de dispersión para los distritos comprendidos en la zona centro-este y relativamente favorable para aquellos ubicados en la cuenca del río Chillón.