EVALUACION DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA EN LA ZONA METROPOLITANA DE LIMA-CALLAO/MAYO-2008

INDICE GENERAL

RESUMEN

1. Contaminación por partículas en la ciudad de Lima-Callao. 3

2. Metodología. 5

3. Resultados del monitoreo ambiental. 8

4. Conclusiones. 26

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1- Red de estaciones meteorológicas y de muestreo del polvo atmosférico sedimentable en la zona metropolitana de Lima-Callao. 7

Fig. 2- Totales mensuales de polvo atmosférico sedimentable registrados en Marzo y mayo 2008 en Lima-Callao. 9

Fig. 3- Análisis espacial de la concentración del polvo atmosférico sedimentable en la cuenca atmosférica de Lima-Callao durante el mes de mayo del 2008. 10

Fig. 4- Variación semanal de las concentraciones de material particulado PTS y PM2.5 en la Estación Campo de Marte – Jesús María. Mayo 2008 11

Fig. 5- Concentraciones horarias de Óxidos de Nitrógeno registradas en la Estación de Calidad del Aire SENAMHI - Mayo 2008 12

Fig. 6- Distribución de frecuencias de las concentraciones horarias de NO_2 registradas en la Estación de Calidad del Aire SENAMHI - Mayo 2008 12

Fig. 7- Concentración media horaria de Dióxido de Nitrógeno - Estación de Calidad del Aire SENAMHI. Mayo 2008 13

Fig. 8- Rosas de Concentración de Dióxido de Nitrógeno - Estación de Calidad del Aire SENAMHI. Mayo 2008 13

Fig. 9- Variación semanal de las concentraciones de Dióxido de Nitrógeno registradas en la Estación de Calidad del Aire SENAMHI. Mayo 2008 14

Fig. 10- Concentraciones horarias de Dióxido de Azufre registradas en la Estación de Calidad del Aire SENAMHI - Mayo 2008 15

Fig. 11- Distribución de frecuencias de las concentraciones horarias de SO_2 registradas en la Estación de Calidad del Aire SENAMHI - Mayo 2008 15

Fig. 12- Concentración media horaria de Dióxido de Azufre - Estación de Calidad del Aire SENAMHI. Mayo 2008 16

Fig. 13- Concentraciones diarias de Dióxido de Azufre registradas en la Estación de Calidad del Aire SENAMHI. Mayo 2008 16

Fig. 14- Rosas de Concentración de Dióxido de Azufre - Estación de Calidad del Aire SENAMHI. Mayo 2008 17

Fig. 15- Variación semanal de las concentraciones de Dióxido de Azufre registradas en la Estación de Calidad del Aire SENAMHI. Mayo 2008 17

Fig. 16- Variación temporal horaria de la Nubosidad en la estación A.I. Jorge Chávez 20

Fig. 17- Variación media diaria de la temperatura y humedad relativa durante el mes de mayo del 2008 en Carabayllo, Ancón, Comas, El Callao, Jesús María, La Molina, Surco y Pucusana. 20

Fig.18a- Variación horaria de la temperatura y humedad relativa en Carabayllo, Ancón y Comas en el mes de mayo 2008 21

Fig.18b- Variación horaria de la temperatura y humedad relativa en El Callao, Jesús María, La Molina en el mes de mayo 2008 22

Fig.18c- Variación horaria de la temperatura y humedad relativa en Surco y Pucusana en el mes de mayo 2008 23

Fig.19a- Rosas de viento (m/s) en las estaciones de Carabayllo, Ancón, Comas, El Callao – Mayo 2008 24

Fig.19b- Rosas de viento (m/s) en las estaciones de Jesús María, La Molina, Surco y Pucusana- Mayo2008. 25

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N ° 1. Concentraciones de polvo atmosférico sedimentable o contaminantes sólidos sedimentables: abril y mayo 2008. 8

Cuadro N ° 2. Concentraciones de PTS y PM2.5 registradas en la Estación Campo de Marte, Jesús María mes de mayo 2008 (t/km2.mes) 11

Cuadro N ° 3. Estadística semanal de las concentraciones de dióxido de nitrógeno 14

Cuadro N ° 4. Estadística semanal de las concentraciones de dióxido de azufre 17

Cuadro N ° 5. Perspectivas de polvo atmosférico sedimentable para el mes de junio 2008 (t/km2.mes) 26

EVALUACION DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA EN LA ZONA METROPOLITANA DE LIMA-CALLAO
MAYO - 2008

El boletín del mes de mayo 2008 muestra los resultados de la evaluación de material particulado y contaminantes gaseosos en relación a las condiciones meteorológicas registradas en la red automática de la Zona Metropolitana de Lima-Callao compuesta por las estaciones de Carabayllo, Ancón, Comas, El Callao, Jesús María, La Molina, Surco y Pucusana. En cuanto al primero, el polvo atmosférico sedimentable (PAS) registró una media inferior a la del mes anterior de 11,4 t/km^2/mes, máxima de 34,4 t/km^2/mes en el distrito de Lurigancho y mínima de 1,7 t/km^2/mes en Pueblo Libre; para las partículas totales en suspensión su máxima concentración fue de 188,1 ug/m^3 y para las menores a 2.5 micras (PM2.5), fue de 87,1 ug/m^3; y las mínimas concentraciones fueron de 72,8 y 37,3 ug/m^3, respectivamente, superando éstas últimas, durante el 86 % del período evaluado, al ECA Nacional de Tránsito. En cuanto a los contaminantes gaseosos, el dióxido de nitrógeno registró un valor máximo de 82,6 ppb (19:00 horas) y mínimos entre 0 y 2 ppb comprendidas entre las 3 y 5 horas. Así mismo, el ECA Nacional no fue superado, y la máxima concentración equivalió al 79 % del mismo que provinieron principalmente del WSW; en cuanto al dióxido de azufre, se alcanzó una máxima concentración a las 10:00 horas de 19,7 ppb y mínimas de 0,1 ppb entre las 03 y 06:00 horas, no superándose el ECA para 24 horas (6%), y en menor proporción el día domingo hacia el cual las concentraciones medias disminuyeron respecto al resto de la semana (2,9 ppb). De acuerdo a la vigilancia sinóptica, la evolución de los sistemas meteorológicos que influyen en el clima de la costa central de Perú, mostró que el Anticiclón del Pacífico suroriental –APSO-con núcleo promedio de 1020 hPa, fraccionado por una célula de mínima de 1014 hPa, presente un comportamiento variable, pero con tendencia a su intensificación hacia la estación invernal del hemisferio sur, con anomalías negativas de hasta -7 hPa en latitudes medias. Asimismo, el Anticiclón del Atlático Norte –AAN- al mostrar una tendencia al debilitamiento estacional de verano del hemisferi norte con anomalías negativas y complementado con la estabilidad atmosférica imperante en la mayor parte de la masa continental del hemisferio sur, influyó en la disminución de los flujos de masas de aire húnedo del noreste y por lo tanto en la disminucuón de las lluvias en la amazonía y costa norte de Perú. Como concecuencia de lo anterior, en especial del comportamiento variable del APSO, hubo en algunos días, ingreso de aire cálido del norte que propició días u horas de algunos días con insolación; los vientos del sur y el afloramiento marino que casi siempre es activo a lo largo de la costa peruana experimentaron un comportamiento variable; asimismo disminución de la Temperatura Superficial del Mar – TSM-; intensificación del fenómeno de la inversión térmica por subsidencia, mayor formación de nubosidad estratiforme baja inmediatamente por debajo de la base de la inversión; la temperatura del aire mostró menor disminución que el mes anterior, camino a sus valores mínimos de invierno. De este modo, las condiciones descritas y sus interacciones, propiciaron el inicio en la disminución de los fenómenos de turbulencia térmica y mecánica del aire, y así también de los fenómenos de suspensión y resuspensión del polvo atmosférico sedimentable, en Lima norte, Lima sur y desde la franja central norte-sur hacia el este en la Zona Metropolitana de Lima-Callao, donde se observan las mayores concentraciones de este contaminante; mientras que, los distritos costeros que usualmente experimentan esporádicas finas garúas en las mañanas y al aterdecer, y la influencia de las brisas marinas, muestran las mejores condiciones ambientales. No obstante los contaminantes particulados más finos, como las PM2.5, en el distrito de jesus María, mostraron concentraciones superiores a su estadar nacional correspondiente.

1. Contaminación por Partículas en la ciudad de Lima y Callao

Silva *et al* (2004)1[2] refiere que la calidad del aire puede definirse como las concentraciones de contaminantes que permiten caracterizar el aire de una región con respecto a concentraciones patrón, señaladas con el fin de preservar la salud y bienestar de las personas. Otras definiciones refieren que es el estado de la atmósfera con respecto a la presencia de contaminantes atmosféricos potenciales.

Dichos contaminantes por lo general, se clasifican en partículas suspendidas (polvos, gases, neblinas, humos), contaminantes gaseosos (gases y vapores) y olores. La OMS[1] señala que por lo general, las partículas finas y gruesas tienen fuentes y mecanismos de formación distintos, si bien puede haber alguna superposición.

[1] OMS. 1999. Guías para la Calidad del Aire. Ginebra, Suiza.

[2] Silva J.; Concepción, E.; Montoya, Z.2004. Evaluación de la Contaminación Atmosférica en la Zona Metropolitana de Lima-Callao. Boletín Meteorológico e Hidrológico del SENAMHI. Cap. IV. Ambiente. Lima, Perú.

El material particulado incluye el polvo bien fino, el hollín, el humo y las gotitas formadas por reacciones químicas; todas estas son producidas cuando se queman combustibles como carbón, madera o petróleo. Estas partículas provienen de vehículos de motor, de la generación de energía y de instalaciones industriales. También provienen de chimeneas, estufas de leña, caminos no pavimentados, operaciones de trituración y pulverización, de tal manera que son llevados al aire por el viento.

Por lo general, las partículas finas tienen más tiempo de vida en la atmósfera (días a semanas) que las partículas gruesas y tienden a ser más uniformes cuando se dispersan en un área urbana o región geográfica grande. Con frecuencia, las partículas más grandes se depositan más rápido que las partículas pequeñas; como resultado, la masa total de partículas gruesas es menos uniforme en concentración que la de partículas finas a lo largo de una región.

La inhalación de partículas irritantes puede interferir principalmente el funcionamiento pulmonar, agravando la bronquitis crónica, la enfermedad constrictiva ventilatoria crónica, el enfisema pulmonar y el asma bronquial. Se considera que los efectos en la esperanza de vida causados por la exposición prolongada a la contaminación del aire son atribuibles fundamentalmente a fracciones de partículas menores de 2,5 micrómetros (PM2.5). En un nuevo informe basado en modelos del Programa de Vigilancia, Evaluación y Protección del Medio Ambiente (EMEP) se plantea que muchas de las grandes ciudades europeas son lugares críticos con concentraciones medias diarias y anuales de PM2.5 que exceden con creces las directrices relativas a las partículas, establecidas por la OMS, que son mucho más estrictas que los límites de la Unión Europea (EMEP 2006). El polvo fino y otras micropartículas pueden viajar miles de kilómetros y afectar a personas que viven lejos de la fuente de contaminación efectiva, como demuestran las imágenes tomadas por satélite. En todo caso, el factor determinante en el efecto en salud es el tamaño de las partículas.

Este tamaño puede variar en hasta cuatro órdenes de magnitud, estando la fracción más fina dominada por compuestos carbonosos, y la más gruesa por silicatos y sal marina. El material particulado (MP) de mayor tamaño entra en la atmósfera directamente mediante mecanismos de resuspensión desde la superficie terrestre o marina y se le define por tanto como “primario”. Por el contrario, la mayoría del MP más fino forma núcleos en la atmósfera a partir de reacciones que involucran gases precursores (conversión gas / partícula) y se definen por tanto como “secundarios”. En general el MP está compuesto por proporciones variables de:

• Partículas carbonosas: que incluye carbono elemental y carbono orgánico. El hollín por ejemplo, producido por la combustión de hidrocarburos, se forma por la coagulación de esferas nanométricas de microcristales grafíticos recubiertos por compuestos orgánicos, sulfatos y metales. Normalmente, los niveles mas elevados de carbono se registran en las ciudades de mayor tamaño con alto tráfico vehicular.

• Sulfatos y nitratos: la mayoría se forman como aerosoles secundarios de tamaño muy fino, como resultado de la oxidación de un gas precursor (SO_2 y NO_2) formando ácidos que son luego neutralizados a sulfato y nitrato amónico.

• Cloruros: la mayoría tienen la composición de halita (NaCl), producidos a partir de la rotura de burbujas al llegar a la superficie del océano.

• Materia mineral: mayormente silicatos (como cuarzo y arcillas), oxi-hidróxidos de Fe (como goethita, limonita), y carbonatos (como calcita, dolomita). La materia mineral de origen natural (geológico) incluye el polvo desértico y el producido en erupciones volcánicas, mientras que el de origen antropogénico está ligado principalmente a fenómenos de resuspensión por el tráfico rodado, trabajos de construcción/demolición, y/o emisiones de tipo industrial.

Las partículas emitidas por los motores diesel consisten en un centro carbonado al que se adhieren 18.000 compuestos diferentes de alto peso molecular y son vistas como las partículas de polución prototípicas pero hay muchas otras. En general las partículas generadas “naturalmente” como el polvo o tierra que transporta el viento corresponden a la fracción PM10 mientras que los combustibles fósiles son fuente de partículas más pequeñas (PM2,5 y ultrafinas).

La inhalación controlada de estas partículas a concentraciones muy superiores a los niveles ambientales, produce exacerbaciones de los síntomas en pacientes con enfermedades pulmonares preexistentes (ligeras o

moderadas), tales como el asma, así como con enfermedades del corazón y de los vasos sanguíneos. En los últimos años, se ha prestado considerable atención a los efectos adversos de las partículas sobre la salud pública. Los efectos van desde un aumento de los síntomas respiratorios y de los medicamentos para aliviarlos, hasta el asma y las agravaciones de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica, que se traducen en tratamientos en las salas de urgencia e, incluso, en reducción del crecimiento pulmonar en los niños, con estimaciones que incluso señalan que el número de muertes prematuras a consecuencia de la contaminación supera al número de víctimas de los accidentes de tránsito.

Se ha informado una asociación entre los PM10 y la mortalidad en niños. Un nivel de alta exposición a la PM10 se asoció con muerte súbita y a mortalidad por patologías respiratorias.

Por lo expuesto, la evaluación de la contaminación de la atmósfera limeña por partículas (principalmente en su fracción más fina), en condiciones de permanente aridez y de alta humedad atmosférica, constituye una preocupación de las instituciones dedicadas a la vigilancia de la calidad del aire.

2. Metodología

2.1 Del monitoreo de los contaminantes sólidos sedimentables

La información empleada para el análisis corresponde a la obtenida de la red de muestreo de polvo atmosférico compuesta por 44 estaciones ubicadas en el ámbito de la cuenca atmosférica de la zona metropolitana de Lima-Callao (**figura 1**). El método de muestreo pasivo desarrollado es el que se describe a continuación:

- **Fase preliminar de gabinete**: consiste en la preparación en laboratorio de las placas receptoras que serán empleadas en campo.

- **Fase de campo**: consiste en el reemplazo de las placas receptoras impregnadas de contaminantes por las que recién han sido pesadas, y su posterior evaluación en laboratorio. Observaciones tales como actividades de construcción cercana a la estación, manipulación por terceros, mantenimiento, paralización, entre otras, son anotadas en una bitácora para la validación posterior de la calidad de la información.

- **Fase de laboratorio**: por el método gravimétrico se determinan las concentraciones correspondientes a cada una de las estaciones de observación.

- **Fase de gabinete**: involucra el procesamiento, análisis e interpretación de la información, salida de reportes preliminares, cuadros, mapas, gráficos y la elaboración del boletín mensual.

2.2 Del monitoreo de partículas menores a 10 micras y menores a 2.5 micras (PM10 y PM2.5)

La información diaria de las concentraciones de partículas PM10 y PM2.5 se obtiene de equipos Minivol (flujo de 5 l/min) instalados en la estación meteorológica Campo de Marte (**figura 1**). El método de muestreo activo es el que se describe a continuación:

- **Fase preliminar de laboratorio**: consiste en la preparación en laboratorio (gravimetría) de los filtros que serán expuestos durante 24 horas en campo.

- **Fase de campo**: consiste en la exposición de los filtros que han sido preparados en laboratorio; toma de datos de los flujos, tiempo acumulado y condiciones del tiempo al iniciar y culminar las 24 horas de exposición. De acuerdo a la Agencia de Protección Ambiental (EPA), se realizará el muestreo en campo cada 6 días, de tal manera de tener concentraciones representativas de todos los días de la semana del mes en curso. Para circunstancias particulares, se puede incrementar la frecuencia de muestreo. La bitácora de campo es fundamental durante el desarrollo de las actividades en el campo.

- **Fase de laboratorio**: por el método gravimétrico se determinan las concentraciones correspondientes para el material particulado menor a 10 micras y menor a 2.5 micras.

- **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.

2.3 Monitoreo de contaminantes gaseosos

La evaluación horaria, diaria y mensual de los gases contaminantes del aire (óxidos de nitrógeno y dióxido de azufre) 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: operación continua de analizador automático de óxidos de nitrógeno API200E y dióxido de azufre 43i en la estación de calidad del aire SENAMHI. Descarga de la información in situ (downloading) mediante cable RS-232, Ethernet y Softwares API COM y iPORT. Se realiza el cambio de filtros cada 15 días en promedio y la inspección de fugas y limpieza en la línea de ingreso de muestra. Calibración según método aprobado por EPA.

- Fase de gabinete: involucra el procesamiento, análisis e interpretación de la información tomando como referencia el D.S. N°074 –PCM-2001 "Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire" y la R.D. N ° 1404/2005/DIGESA/SA "Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los Datos".

2.4 De la Información Meteorológica

Para la evaluación de las condiciones meteorológicas de la Zona Metropolitana de Lima-Callao en el presente informe se ha utilizado la información proveniente de los siguientes lugares de observación: automática Agua Azul (Carabayllo), Ancón (Ancón), Collique (Comas), automática y radiosondaje del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez (Callao), automática Campo de Marte (Jesús María), automática Lima Este (La Molina), automática Las Palmas (Surco) y automática Punta Lobos (Pucusana), las mismas que son presentadas en la **figura 1**. La metodología de trabajo es la siguiente:

- **Fase de recopilación:** involucra el proceso de obtención y concentración de la información meteorológica de las estaciones señaladas.

- **Fase de control de calidad y consistencia:** involucra la revisión de los datos, eliminación de inconsistencias y completación de la data a través de herramientas estadísticas.

- **Fase de procesamiento, análisis e interpretación:** involucra el procesamiento numérico, gráfico, análisis e interpretación de los resultados.

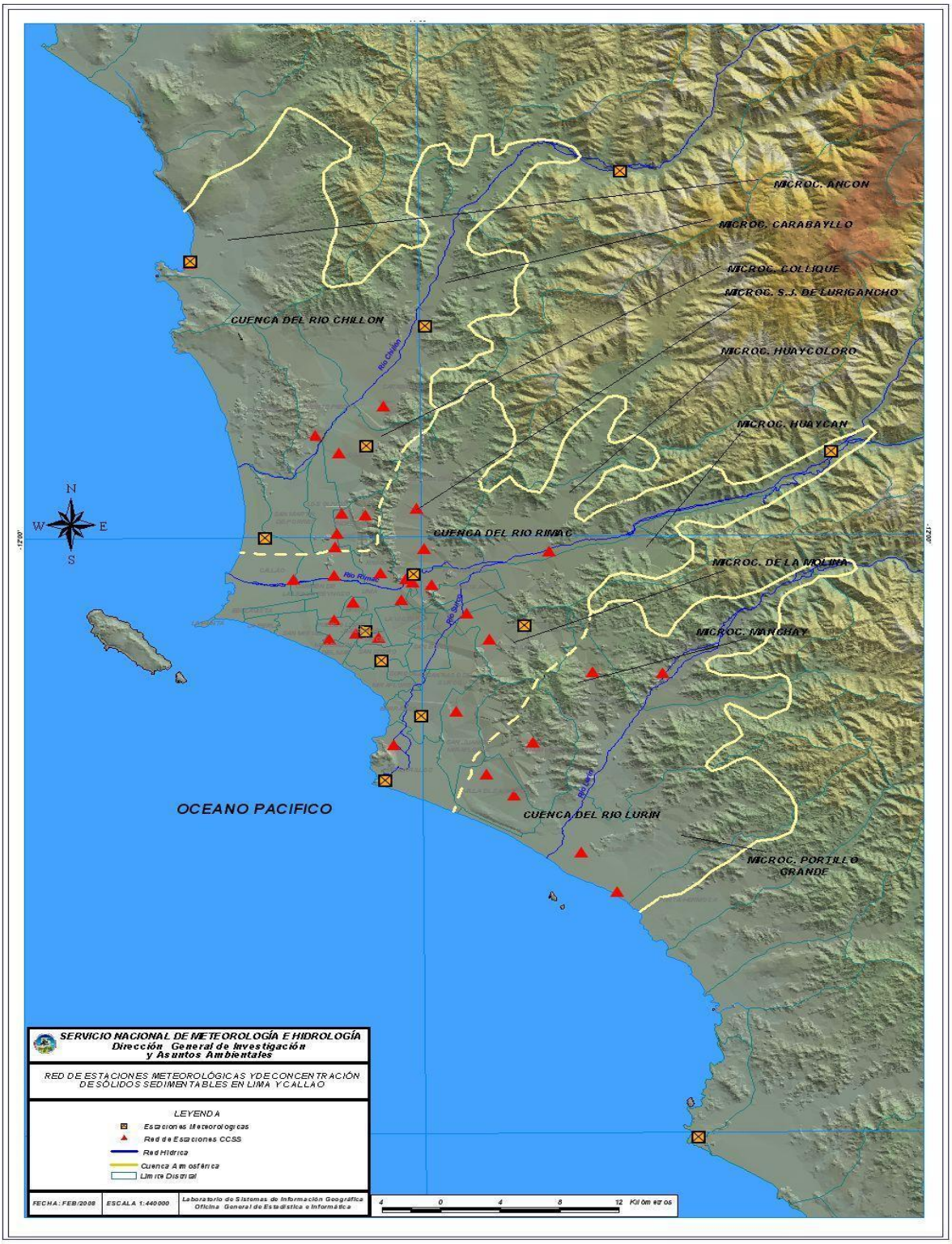


Fig. 1 - Red de estaciones meteorológicas y de muestreo del polvo atmosférico sedimentable (PAS) en la Zona Metropolitana de Lima-Callao

3. Resultados del monitoreo ambiental

3.1. De las Partículas Totales en Suspensión: PAS, PM10 y PM2.5

3.1.1 Del Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS)

La evaluación del polvo atmosférico sedimentable se realiza en el ámbito de la cuenca atmosférica de Lima-Callao. La red compuesta de 43 estaciones de muestreo es presentada en la **figura 1**.

Durante mayo 2008, el 81 % de las estaciones superaron el nivel referencial permisible de la Organización Mundial de la Salud (OMS) de 5 t/km^2/mes, con una media de 11,4 t/km^2/mes, ligeramente inferior al del mes de abril.

De acuerdo a lo observado en el **cuadro N° 1**, los niveles de contaminación en los principales núcleos durante mayo fueron inferiores respecto a los registrados durante el mes de abril, con excepción de Lima Norte en donde se presentó un ligero incremento. En cuanto a los valores extremos, el máximo se registró en el distrito de Lurigancho con 34,4 t/km^2/mes, y el mínimo de 1,7 t/km^2/mes en Pueblo Libre. La dirección predominante de los vientos para las estaciones de la red meteorológica automática de SENAMHI varió durante las horas del día, siendo en promedio de componente sur (SW y WSW) y de componente oeste (W y WNW) en horas matutinas y vespertinas; y en horas nocturnas principalmente del S y W, con intensidades que oscilaron desde débiles a fuertes; éstos, en interacción con la rugosidad natural y artificial impuesta por las edificaciones, determinaron niveles medios ligeramente inferiores a los registrados en marzo, siendo 2,3 veces superior al nivel permisible.

Cuadro Nº 1: Concentraciones de polvo atmosférico sedimentable o contaminantes sólidos sedimentables Abril y Mayo 2008 (t/km^2.mes)

Conc t/km^2. mes	**N° est .**	**% de estaciones Sobrepasa nivel ref.**	**Núcleos principales (puntuales y promedios)**				**X t/km^2 /mes**	**Máx t/km^2/m es**	**Mín t/km^2/mes**
			Lima Norte	*Lima Centro-este*	*Lima Sur-este*	*Lima Sur*			
Abril 2008	43	79	22,2 (P.Piedra)	28,6 (El Agustino, El Cercado, Lurigancho)	30,0 (Pachacamac)	23,5 (V.M.T.; Lurín)	12,4	35,2 (Lurigancho)	2,1 (P.Libre)
Mayo 2008	43	81	23,4 (Independ)	28,4 (El Agustino, El Cercado, Lurigancho)	26,2 (Pachacamac)	18,8 (V.M.T.; Lurín)	11,4	34,4 (Lurigancho)	2,1 (P.Libre)

En la **figura 2** se muestran las concentraciones registradas en los meses de Abril y Mayo 2008.

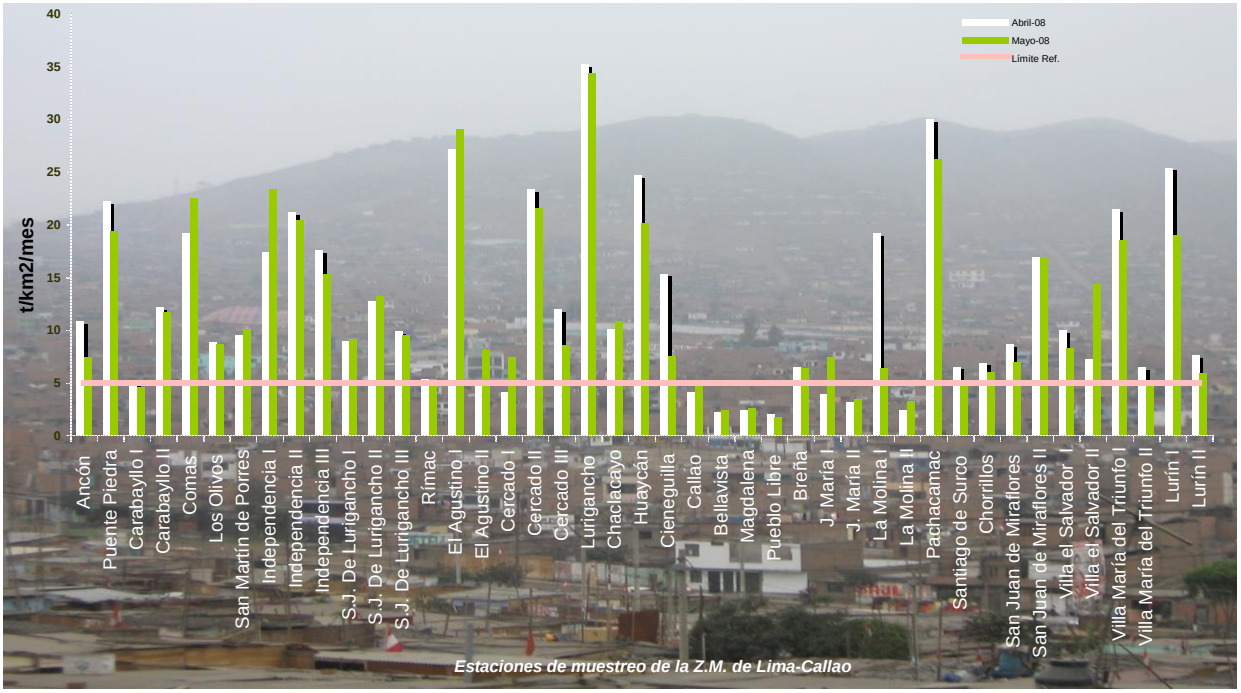


Fig.2-Totales mensuales de polvo atmosférico sedimentable (contaminantes sólidos sedimentables) registrados en Abril y Mayo 2008 en Lima-Callao

La configuración urbana local, el incremento tanto del tráfico vehicular y de una red vial con deficiente mantenimiento, así como de las actividades industriales, comerciales y de servicios con una postergada política nacional de ordenamiento territorial, ello en interacción con las condiciones meteorológicas que se presentaron durante Mayo, facilitaron la configuración de persistentes zonas críticas de alta contaminación en Lima-Callao, con una media inferior y valores también inferiores en las zonas críticas respecto al mes anterior. De acuerdo a lo descrito, en **la figura 3**, las 4 principales zonas críticas son: hacia Lima norte (cuenca del río Chillón) se observa el primer centro, extendiéndose hacia la jurisdicción de los distritos de Independencia, Comas, Carabayllo, Pte. Piedra, Ancón, Sta. Rosa, Ventanilla, Los Olivos y San Martín de Porres, cuyo núcleo en el distrito de Independencia tiene un valor de 23,4 t/km^2/mes. El segundo centro abarca Lima centro-este (cuenca del río Rímac y microcuencas de San Juan de Lurigancho y Huaycán, y comprende los distritos de San Juan de Lurigancho, Lurigancho, Chaclacayo, Ate-Vitarte, Sta. Anita, el Agustino, y el Cercado (lado este), con núcleos en los distritos de El Agustino y Lurigancho con valores de 29,1 y 34,4 t/km^2/mes. El tercer centro ubicado en Lima sur-este tiene su núcleo en el oeste del distrito de Pachacamac (microcuenca de Manchay), comprende los distritos de Pachacamac, sureste de La Molina y suroeste de Cieneguilla, con valor de 26,2 t/km^2/mes; mientras que el cuarto centro en Lima sur que comprende los distritos de Villa El Salvador, Villa María del Triunfo y Lurín, se presenta fraccionado en Villa María del Triunfo y Lurín con valores de 16,9 y 19,0 t/km^2/mes, respectivamente. Los distritos cercanos al litoral costero y parte de algunos residenciales, comprendidos dentro de la estrecha franja amarilla, se mantuvieron por debajo del límite (5 t/km2.mes), favorecidos por la influencia de las brisas marinas y políticas de gestión municipal saludables.

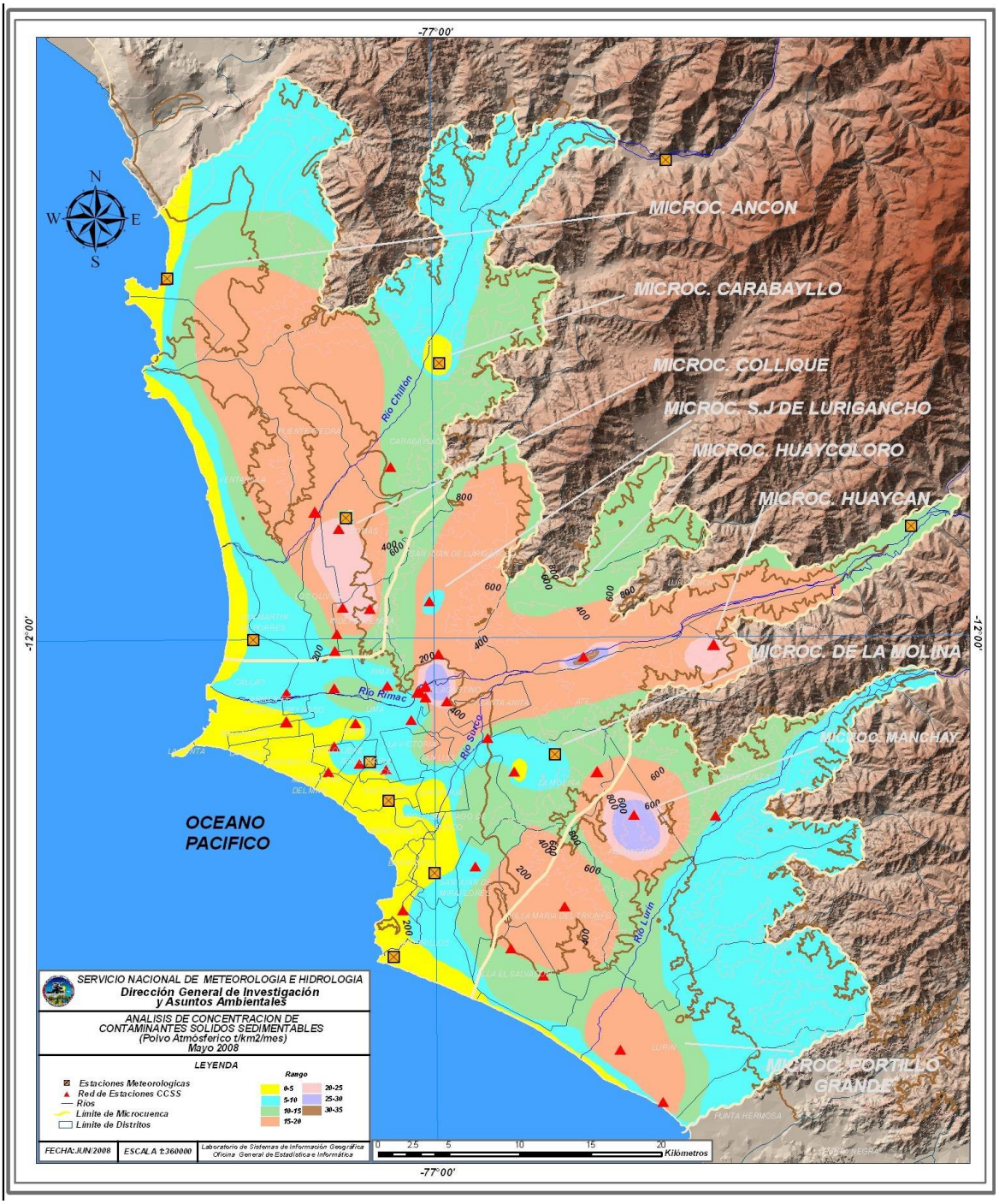


Fig. 3- Análisis espacial de la concentración del polvo atmosférico sedimentable en la cuenca atmosférica de Lima-Callao durante el mes de Mayo 2008

3.1.2 De las Partículas totales en suspensión y menores a 2.5 micras (PTS y PM2.5)

La información semanal registrada en el mes de mayo por los muestreadores High Vol PTS y MiniVol PM2.5 instalados en la estación meteorológica Campo de Marte del SENAMHI, mostró su máxima concentración de Partículas Totales en Suspensión (PTS) de 118,1 ug/m^3 el día viernes y de partículas menores a 2.5micras (PM2.5) el día jueves equivalente a 99,9 ug/m^3, y mínimas de 72,8 y 37,3 ug/m^3, respectivamente, el día domingo, según se observa en el **cuadro N ° 2**.

Cuadro N °2. Concentraciones semanales de PTS y PM2.5 registradas en la Estación Campo de Marte Jesús María, Mayo 2008

Cont. (ug/m3)	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
PTS	129	108.5	115.6	163.8	186.1	104.6	72.8
PM2.5	87.2	74.7	99.6	99.9	87.1	74.8	37.3

La variación diaria de las concentraciones de PTS es comparada con la Guía de la Organización Mundial de la Salud (OMS) siendo superada en el 43 % de los días evaluados; las concentraciones de PM2.5 son comparadas con el Estándar de Calidad del Aire (ECA) Nacional de tránsito para el PM2.5, y se observa que el 86 % de los 7 días, es superado. Ver **Figura 4**. La normatividad (guías) dada por la Organización Mundial de la Salud (25 ug/ m^3) respecto a la normatividad nacional es mucho más exigente, sobrepasando los valores registrados en el 100 % de los días evaluados.

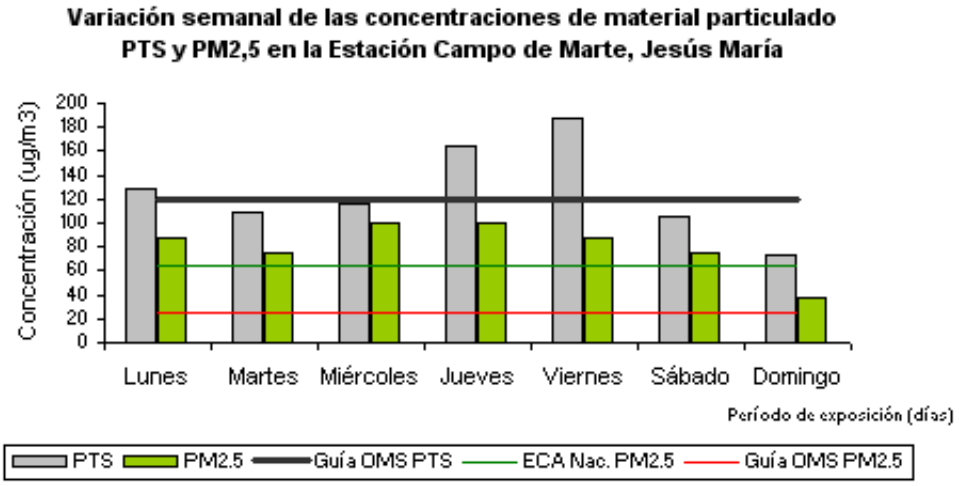


Figura 4.

El material particulado fino PM2.5, según se mencionó líneas arriba, es el más peligroso para el ser humano. De los elementos presentes en ésta, el más peligroso es el carbón orgánico, debido a la acción cancerígena de algunos de sus compuestos y a las propiedades tóxicas de otros. El otro derivado, es conocido como "carbón elemental" y sobre éste se adhieren partículas de sulfatos, nitratos, amonio que, junto con la alta humedad atmosférica de la ciudad de Lima-Callao, generan la acidez del material particulado.

Los efectos a la salud derivados de la exposición a estos contaminantes, principalmente respiratorios, son señalados en el acápite I.

3.1.3 De los contaminantes gaseosos:

3.1.3.1 Óxidos de Nitrógeno

El término genérico para denominar al óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO_2) es el de óxidos de nitrógeno (NOx).

La información registrada por el analizador modelo API 200E en la estación de calidad de aire de la sede central del SENAMHI según la **figura 5**, muestra registros máximos horarios de NO de 213,4 ppb y de NO^2 de 82,6 ppb, ocurridos el lunes 26 de mayo a las 19:00 horas; y mínimos horarios entre 0 y 2 ppb en horas comprendidas entre las 3 y 5:00 horas de la madrugada. El valor medio del mes del gas dióxido de nitrógeno (NO_2) fue de 21 ppb,

superior al del mes anterior (18 ppb), propio de la dinámica del gas en interacción con las condiciones atmosféricas predominantes de bajas temperaturas y mayor humedad.

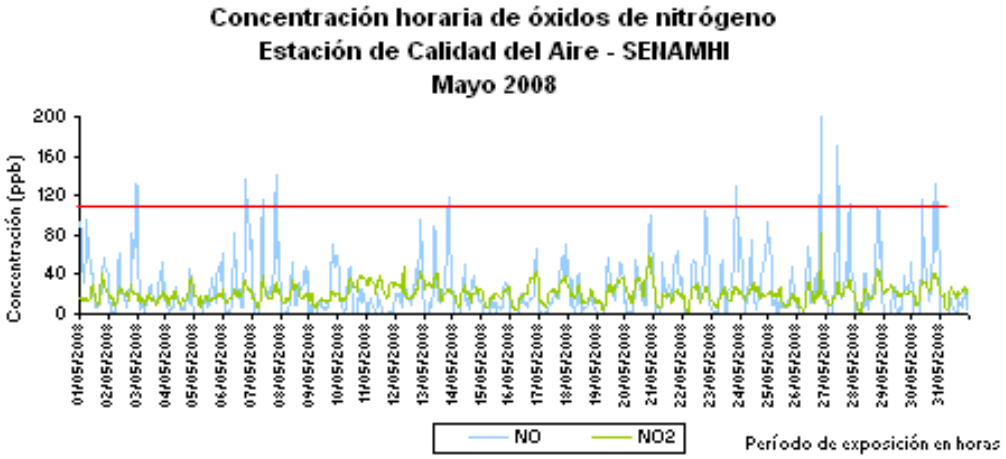
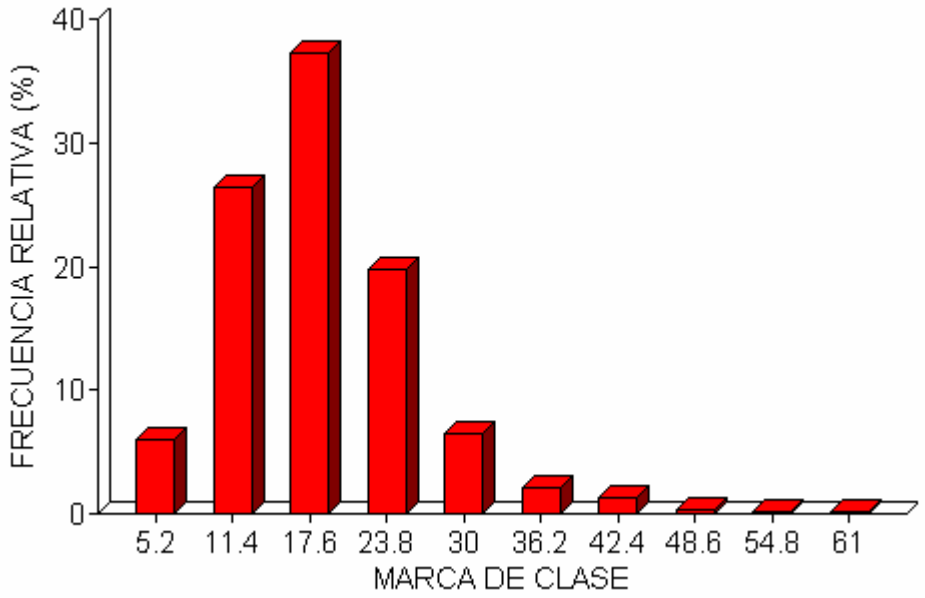


Figura 5.

En la **figura 6** se presentan las distribuciones de frecuencias de los valores de concentración horaria de NO_2 que se adaptan a distribuciones asimétricas negativas con la mayor frecuencia (37,2 %) en el rango 14, 5 – 20,7 ppb, y con las siguientes medidas de tendencia central y de dispersión: a) media: 18 ppb; moda: 9,1 ppb y b) desviación estándar: 7,6.

Figura 6. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE LA CONCENTRACIÓN HORARIA DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO ESTACIÓN DE CALIDAD DEL AIRE SENAMHI. MAYO 2008



El máximo valor horario registrado en el período de estudio para el NO_2 (82,6 ppb) correspondió al 79 % del estándar nacional de calidad del aire para una hora, equivalente a 104,6 ppb (200 ug/ m^3). Ver **figura 6**.Sin embargo, no sobrepasar un valor estándar, no garantiza que la calidad del aire de los alrededores sea buena si se analiza el ámbito de estudio; es necesario realizar muchas observaciones y buscar siempre representar lo mejor posible la influencia de las fuentes de los contaminantes sobre la calidad del aire y el impacto sobre la salud de los receptores.

El valor recomendado en las actuales directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para proteger a la población de los efectos nocivos del NO_2 gaseoso no ha cambiado con respecto a las Directrices anteriores.

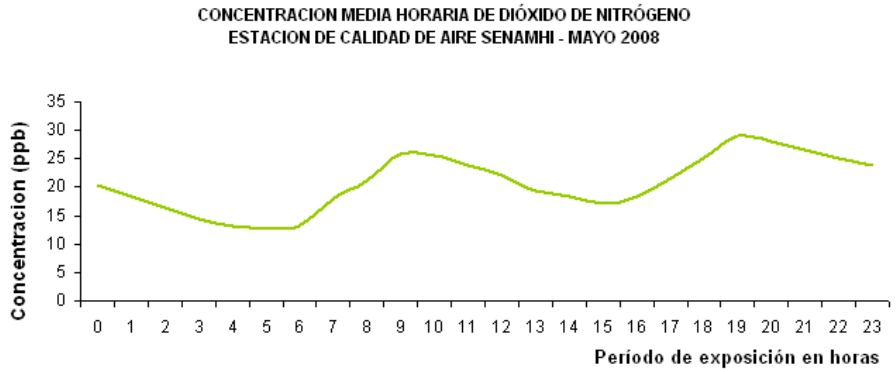


Figura 7.

En cuanto a la variación de las concentraciones máximas medias horarias de NO_2 presentada en la **figura 7**, se observa un patrón definido por dos picos horarios máximos de 25,8 ppb (09:00 horas) y 29,1 ppb (19:00 horas), coincidiendo de esta manera con las horas de mayor actividad vehicular. Según se explicó, el NO_2 se forma a partir de las concentraciones de NO, que está estrechamente ligado al parque automotor, a través de un proceso de interconversión química; por ello, es que existe un desfase horario entre las concentraciones del NO y del NO_2.

Las Rosas de Concentración presentadas en la **figura 8** muestran principalmente la dirección predominante del gas dióxido de nitrógeno en relación a la distribución de sus concentraciones para el mes y por períodos horarios que corresponden a los momentos del día en donde se reportan las máximas (09 horas y 22 horas) y mínimas concentraciones (15 horas). De acuerdo a ello, la dirección predominante es del WSW para mayo con una media de 21,0 ppb. En cuanto al comportamiento medio horario, hacia el mediodía se presentan las mínimas concentraciones propio del incremento paulatino de las temperaturas y por ende del viento superficial que favorece la dispersión de este contaminante; así mismo, debido a que este gas en un precursor del ozono troposférico que incrementa sus valores en horas del mediodía.

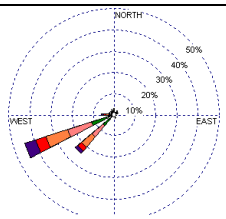
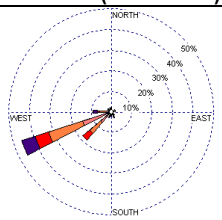
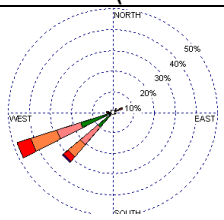
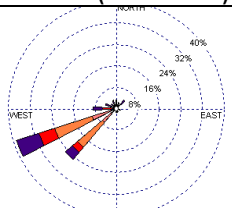
MENSUAL	MAÑANA (8 – 10 AM)	MEDIODÍA (13 – 16 PM)	NOCHE (19 – 22 PM)
			
Promedio: 21,0 ppb Dirección predominante WSW	Promedio: 23,9 ppb Dirección predominante WSW	Promedio: 18,1 ppb Dirección predominante WSW	Promedio: 27,8 ppb Dirección predominante WSW

Figura 8. Rosas de Concentración de Dióxido de Nitrógeno – Mayo 2008

En el **Cuadro N° 3** se muestra el comportamiento semanal de las concentraciones de NO_2. Las mayores concentraciones se presentaron durante los días laborables, con máximos los días Lunes y Martes (82,6 y 58,4 ppb), respectivamente. Mientras que el día domingo se registró en promedio concentraciones que fueron disminuyendo paulatinamente respecto a los otros días (20,7 ppb), mostrándose, de forma similar al comportamiento de otros contaminantes, su asociación al desplazamiento humano en donde las menores concentraciones se registran los días de menor actividad humana.

Cuadro N° 3. Estadística semanal de las concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO_2) – Mayo 2008

Día	máximo	día	hora	mínimo	día	hora	promedio
Lunes	82.6	26/05	19:00	1.5	26/05	5:00	21.2
Martes	58.4	20/05	20:00	8.7	27/05	3:00	24.8
Miércoles	46.3	28/05	19:00	3.2	28/05	5:00	19.1
Jueves	40.5	01/05	19:00	2.4	20/05	5:00	19.6
Viernes	43.8	16/05	21:00	5	16/05	5:00	20
Sábado	39.7	10/05	18:00	7.3	17/05	5:00	21.1
Domingo	38.9	11/05	11:00	7.2	14/05	14:00	20.7

Asimismo, en la **figura 9** se presenta el comportamiento medio de cada uno de los días de la semana del mes de mayo del dióxido de nitrógeno.

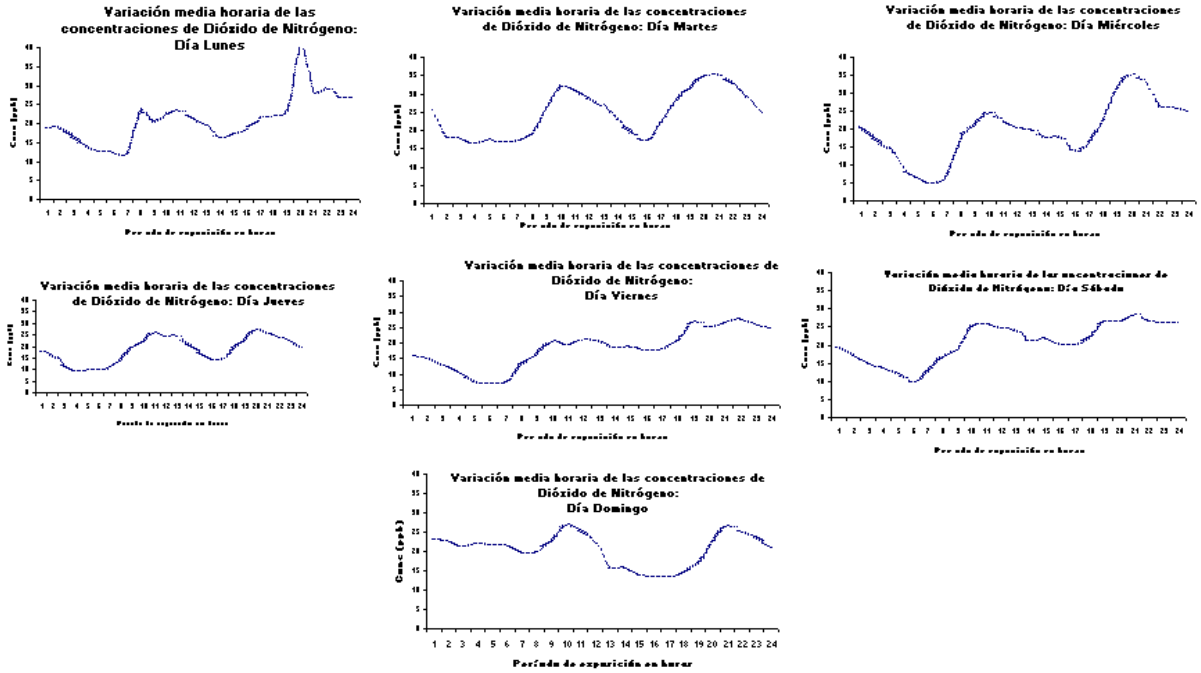


Figura 9. Variación semanal de las concentraciones de dióxido de nitrógeno – Mayo 2008

3.1.3.2 Dióxido de Azufre

El dióxido de azufre es un contaminante del aire que provoca efectos negativos sobre la salud humana, principalmente sobre el sistema cardiovascular, sobre los ecosistemas, como la acidificación del agua y los suelos, y sobre los materiales.

La información registrada por el analizador modelo 43i en la estación de calidad de aire de la sede central del SENAMHI según la **figura 10**, muestra un registro máximo horario de 19,7 ppb, ocurrido el martes 27 de mayo a las 10:00 horas; y mínimos horarios de 0,1 ppb en horas comprendidas entre las 3 y 6:00 horas. El valor medio del mes del gas dióxido de azufre (SO_2) fue de 4 ppb, inferior al del mes anterior; ello se explica debido al incremento de la humedad relativa que favorece reacciones químicas que disminuyen las concentraciones del gas para convertirse en compuestos que formarán parte de la lluvia ácida.

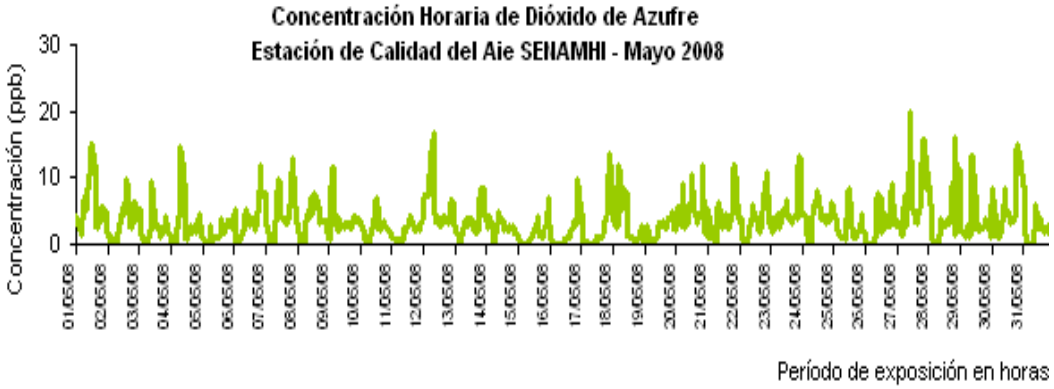
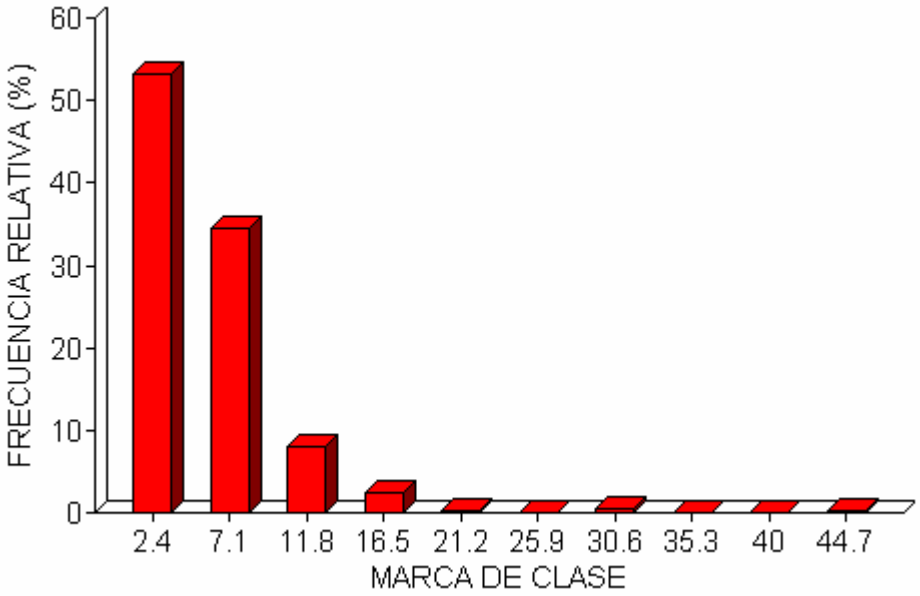


Figura 10.

En la **figura 11** se presentan las distribuciones de frecuencias de los valores de concentración horaria de SO_2 que se adaptan a distribuciones asimétricas negativas con mayor frecuencia relativa (53 %) en el rango 0 – 4,7 ppb, y con las siguientes medidas de tendencia central y de dispersión: a) media: 4,0 ppb; moda: 0,1 ppb y b) desviación estándar: 4,4.

Figura 11. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE LA CONCENTRACIÓN HORARIA DE DIÓXIDO DE AZUFRE – ESTACIÓN DE CALIDAD DEL AIRE SENAMHI. MAYO 2008



En cuanto a la variación de las concentraciones máximas medias horarias de SO_2 presentada en la **figura 12**, se observa un patrón definido por dos picos horarios máximos de 5,5 ppb (09:00 horas) y 6,5 ppb (20:00 horas), coincidiendo de esta manera con las horas de mayor actividad vehicular.

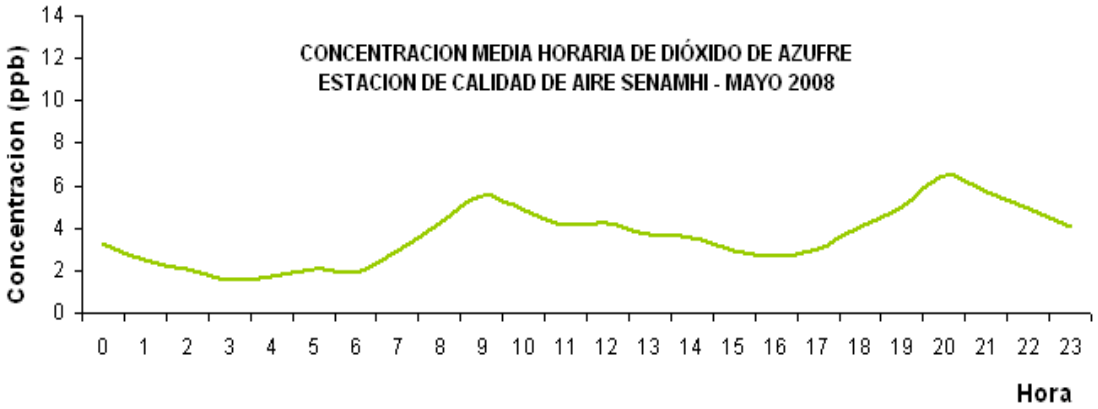


Figura 12.

De acuerdo a lo observado en la **figura 13**, el ECA nacional para 24 horas de SO_2 equivalente a 144,9 ppb no fue superado durante el período de evaluación. El máximo valor promedio diario registrado en el período de estudio de 8,7 ppb correspondió al 6 % del estándar nacional de calidad del aire. La Organización Mundial recomendó el cambio de los valores guía de SO_2 de 125 a 20 µg/ m^3 tomando en cuenta consideraciones tales como la comprobación de que el SO2 tiene efectos en la salud a concentraciones muy inferiores a los aceptados hasta ahora por lo que se necesita un mayor grado de protección.

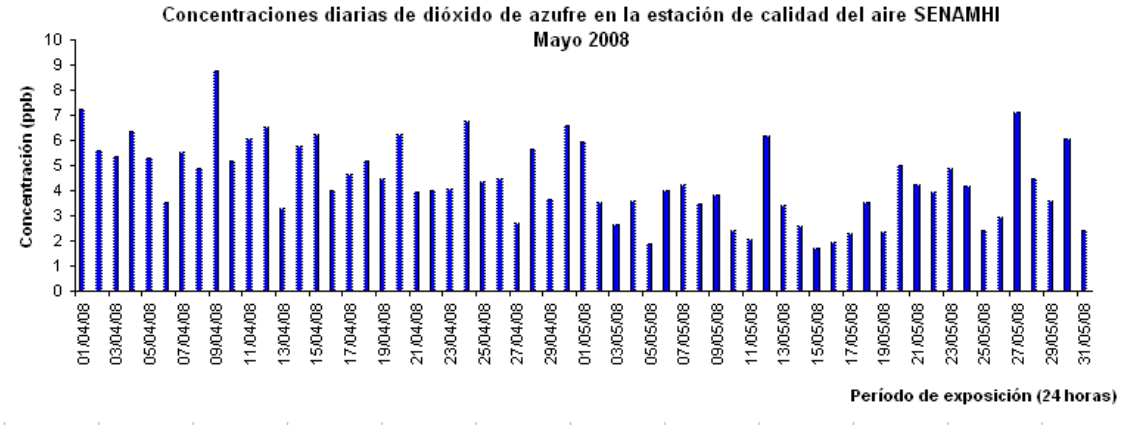


Figura 13.

Las Rosas de Concentración presentadas en la **figura 14** muestran principalmente la dirección predominante del gas dióxido de azufre en relación a la distribución de sus concentraciones para el mes y por períodos horarios que corresponden a los momentos del día en donde se reportan las máximas (9 horas y 22 horas) y mínimas concentraciones (15 horas). De acuerdo a ello, la dirección predominante es del WSW para mayo con una media de 4,0 ppb.

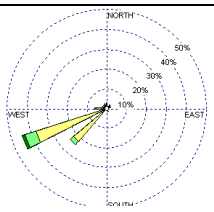
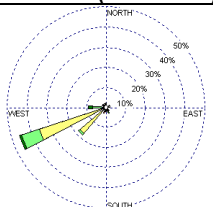
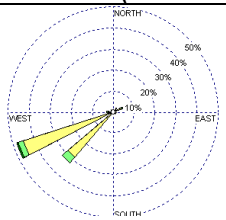
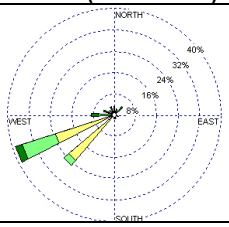
MENSUAL	MAÑANA (8 – 10 AM)	MEDIODÍA (13 – 16 PM)	NOCHE (19 – 22 PM)
			
Promedio: 4,0 ppb Dirección predominante WSW	Promedio: 4,8 ppb Dirección predominante WSW	Promedio: 3,2 ppb Dirección predominante WSW	Promedio: 5,4 ppb Dirección predominante WSW/SW

Figura 14. Rosas de Concentración de Dióxido de Azufre – Mayo 2008

En el **Cuadro N° 4** se muestra el comportamiento semanal de las concentraciones de SO_2. Las mayores concentraciones se presentaron durante los días laborables, con máximos los días lunes y martes (16,3 y 19,7 ppb), respectivamente. Mientras que el día domingo se registró en promedio menores concentraciones (2,9 ppb), mostrándose, de forma similar al comportamiento de otros contaminantes, su asociación al desplazamiento humano en donde las menores concentraciones se registran los días de menor actividad humana.

Cuadro N° 4. Estadística semanal de las concentraciones de dióxido de azufre (SO2) – Mayo 2008

Día	máximo	día	hora	mínimo	día	hora	promedio
Lunes	16.3	12/05	7:00	0.0	19/05	3, 4 y 5:00	3.3
Martes	19.7	27/05	10:00	0.2	06/05	2:00	4.9
Miércoles	15.9	28/05	21:00	0	28/05	4 y 5:00	3.9
Jueves	15.1	01/05	12:00	0	15/05	4 y 5:00	3.7
Viernes	15	30/05	19:00	0	16/05	2, 3 y 5:00	4
Sábado	13.8	14/05	21:00	0.3	10/05	4 y 5:00	2.8
Domingo	14.6	04/05	07:00	0.1	04/05	2:00	2.9

Asimismo, en la **figura 15** se presenta el comportamiento medio de cada uno de los días de la semana del mes de Mayo del dióxido de azufre.

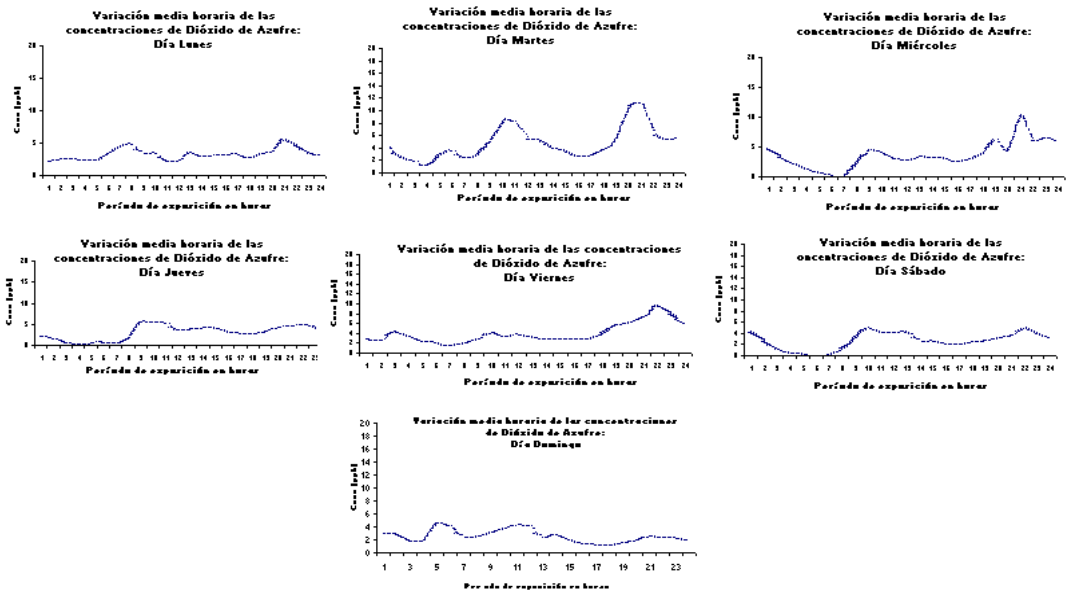


Figura 15. Variación semanal de las concentraciones de dióxido de azufre – Mayo 2007

3.1.4 De las condiciones meteorológicas

El análisis de las condiciones meteorológicas para la Zona Metropolitana de Lima-Callao durante el mes de mayo 2008, se ha realizado en base a información derivada disponible sobre la evolución sinóptica de los sistemas meteorológicos que influyen en el clima de la costa central de Perú, y de la información recopilada de la red de estaciones automáticas descrita en el acápite **2.3**. A continuación se presentan las variables analizadas durante el período de muestreo del polvo atmosférico sedimentable, partículas finas y gases.

a. De la Nubosidad

De acuerdo a lo presentado en la **figura 16**, el mes de Mayo 2008, se caracterizó porque la nubosidad estratiforme baja entre superficie y 1000 m.s.n.m., estuvo presente en casi todos los días del mes, debido a que la evolución de los sistemas meteorológicos que influyen en el clima de la costa central de Perú, muestró que el Anticiclón del Pacífico suroriental –APSO-con núcleo promedio de 1020 hPa, fraccionado por una célula de mínima de 1014 hPa presente un comportamiento variable, pero con tendencia a su intensificación estacional hacia el inverno del hemisferio sur, con anomalías negativas de hasta -7 hPa en latitudes medias; asimismo, dichos sistemas propiciaron que los vientos del sur a lo largo de la costa peruana y el afloramiento marino que casi siempre es activo, presenten un comportmiento variable en su intensidad, disminución de la Tempertura Superficial del Mar – TSM- e intensificación del fenómeno de la inversión térmica por subsidencia, con su base en promedio a no más de 800 msnm, ocasionando una copiosa formación de nubosidad estratiforme baja, y poca nubosidad media y alta; sin embargo el comportamiento variable del APSO y el consecuente increso de aire cálido del norte en algunos días, permitió horas de radiación solar y la temperatura del aire en cosntante disminución camino a sus valores mínimos de invierno.

b. De la Temperatura y Humedad Relativa

- El análisis medio mensual de las variables temperatura y humedad relativa de las estaciones analizadas: automática Agua Azul, Ancón, Collique, automática sinóptica y de radiosondaje A.I. Jorge Chávez, automática Campo de Marte, La Molina, Las Palmas y Punta Lobos, señala el día 01 de Mayo como el más cálido con una máxima media de 20,4 ° C y el día 19 como el más frío con un valor medio de 15,4 ° C. Con respecto a la humedad relativa, el día más seco fue el 01 con la mínima media de 78 %, y el más húmedo el 19 de Mayo (93 %). **Ver figura 17**.

- Del análisis de la variación temporal diaria de la temperatura (° C) y humedad relativa (%) extremas se observa lo siguiente: la temperatura máxima fluctuó entre los valores de 18,7 ° C en La Molina el día 02 de Mayo a 27,8° C en Carabayllo el día 01, y la mínima fluctuó entre 12,7° C en La Molina a 20,8 ° C en Pucusana los días 20 y 02 de Mayo, respectivamente; la temperatura media del mes, considerando las estaciones analizadas, fue de 17,9 ° C. En cuanto a las humedades relativas, la máxima fluctuó entre 50 % en La Molina el 02 de Mayo a 100 % en Pucusana durante al menos el 40 % de los registros; y la mínima osciló entre 46 % Carabayllo el día 02 de Mayo a 95 % en Pucusana el día 29 (ver **figuras 18a, b** y **c**); la humedad relativa media fue de 85 %. Durante el mes de Mayo se acentuaron las condiciones otoñales con mayor predominancia de cielos cubiertos en los distritos costeros, despejado en los distritos del este y sensación de frío más intensa desde la primera década del mes.

c. Del viento superficial

La información horaria de viento superficial (velocidad y dirección) correspondiente al mes de Mayo es presentada en la **figura 19 a** y **b** para el período matutino (07:00 – 11:00), vespertino (12:00 – 18:00) y nocturno (19:00 – 06:00), respectivamente. Este análisis es importante por cuanto esta variable meteorológica influye directamente en los procesos de transporte y dispersión de los contaminantes determinando tanto la localización como los niveles altos o bajos de concentración de éstos.

- Durante el período matutino (7:00 a 11:00 horas), predominaron vientos de intensidad media débil (< 3 m/s) en la mayoría de las estaciones analizadas, con excepción de La Molina (Lima Este) que reportó velocidades medias de 3,6 m/s. No se registró ocurrencia significativa de calmas.

- Durante el período vespertino (12:00 a 18:00 horas) se registraron vientos de intensidades débiles en Carabayllo (1,1 m/s), Ancon, Pucusana y Jesús Maria (0.4 m/s), El Callao (1,6 m/s), Comas (1,4 m/s), Surco y La Molina (1,8 m/s); No se registró ocurrencia significativa de calmas.

- Durante el período nocturno (19:00 a 6:00 horas) se registraron vientos de intensidad débil en Ancon (1,6 m/s), Jesús Maria (1,2 m/s), Callao y Surco (2,8 m/s), y Pucusana (2,0 m/s); con intensidades moderadas Carabayllo (3,3 m/s), Comas (3,2 m/s), y con intensidad fuerte en La Molina (6,3 m/s). No se registró ocurrencia significativa de calmas.

- En cuanto a las direcciones predominantes del viento superficial, en horas matutinas (7:00-11:00 horas) la estación Agua Azul (Carabayllo) reportó direcciones del SW (22 %); WSW (42 %) y W (07 %); en horas vespertinas se mantuvieron vientos del SW (51 %) y del WSW (47 %), y que continuaron en horas nocturnas con frecuencias de 25 y 18 %, respectivamente. La estación Ancón (Ancón) reportó direcciones del NW (15 %), WNW (8 %) y W (8 %); en horas vespertinas se presentaron vientos de dirección SSW y NW (12 %), SW (15 %), WSW (11 %), W (16 %), y WNW (22 %); hacia horas de la noche predominaron vientos de dirección SSW (23 %). En la estación Collique (Comas) hacia horas de la mañana predominaron direcciones del SSW (20 %), SW (27 %) y WSW (15 %), manteniéndose en horas vespertinas con frecuencias de 13, 68 y 7 %, respectivamente; y hacia la noche mantuvieron la misma dirección con frecuencia de 14 %, 40 % y 21 %. La estación A.I. Jorge Chávez (Callao) reportó direcciones del N (34 %), S (17 %), W y WNW (10 %); manteniéndose en horas vespertinas con vientos de componente S (29 %), SSW (17 %), W (15 %) y WNW (10 %); hacia horas de la noche predominaron vientos del N (33 %) y de componente sur con frecuencias de 42 % (S) y 7 % (SSE). En la estación Campo de Marte, se presentaron direcciones del WSW (42 %), SW (21 %) y W (6 %) en horas matutinas, manteniéndose en horas vespertinas con frecuencias de 28, 51 y 3 %; en horas de la noche, se presentaron vientos de dirección WSW (39 %), SW (22 %) y W (8 %). En la estación Lima Este, en horas de la mañana predominaron vientos del W (43 %) y WNW (25 %), que se mantuvieron hacia horas vespertinas con frecuencias del 35 y 58 %, respectivamente; en horas de la noche, predominaron vientos de dirección W (16 %), WNW (28 %), NW (11 %) y N (9 %). En la estación Las Palmas, predominaron vientos con frecuencias de 16 % (SSE), 12 % (S), 8 % (SSW), 10 % (SW), 14 % (WSW) y 16 % (W), en horas matutinas; en horas vespertinas se mantuvieron vientos de dirección SSE, S, SW, WSW y W con frecuencias de 22, 18, 8, 29 y 14 %; y en horas de la noche vientos de componente E (9 %), del sur con frecuencias de 40% (SSE) y 20 % (S). En la estación Punta Lobos (Pucusana), se reportaron vientos de dirección N (53 %), WNW (9 %) y NW (14 %); en horas vespertinas se reportaron vientos del N (14 %), S (9 %), SSW (17 %), W (18%) y WNW (22 %); mientras que en horas nocturnas se registraron vientos del N (69 %) y SSE (10 %).

d. Del perfil de la troposfera

De acuerdo a la vigilancia sinóptica, la evolución de los sistemas meteorológicos que influyen en el clima de la costa central de Perú, muestra que el Anticiclón del Pacífico suroriental –APSO-con núcleo promedio de 1020 hPa, fraccionado por una célula de mínima de 1014 hPa, presente un comportamiento variable, pero con tendencia a su intensificación hacia la estación invernal del hemisferio sur, con anomalías negativas de hasta -7 hPa en latitudes medias. Como concecuencia de lo anterior, los vientos del sur y el afloramiento marino que casi siempre es activo a lo largo de la costa peruana, presenten también un comportamiento variable en su intensidad, disminución de la Tempertura Superficial del Mar – TSM-, intensificación del fenómeno de la inversión térmica por subsidencia con su base en promedio a no más de 800 msnm y copiosa formación de nubosidad estratiforme por debajo de la base de la inversión.

Figura 16. Variación temporal horaria de la Nubosidad en la estación A.I. Jorge Chávez Mayo2008

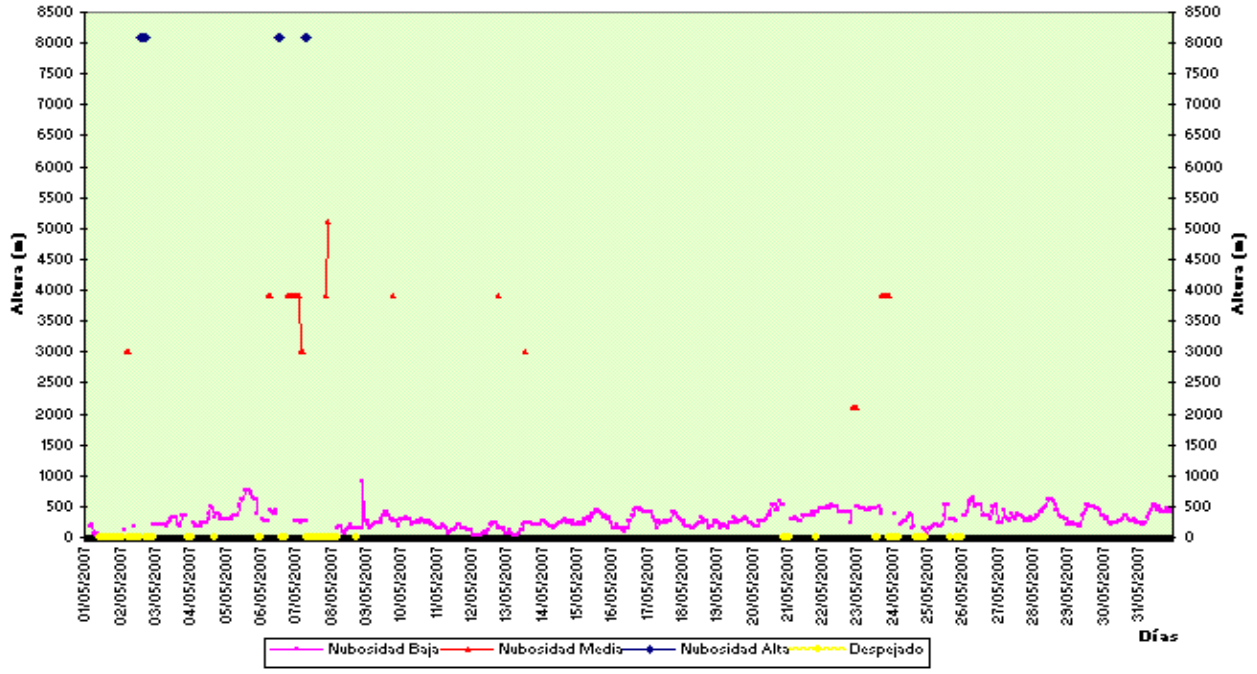
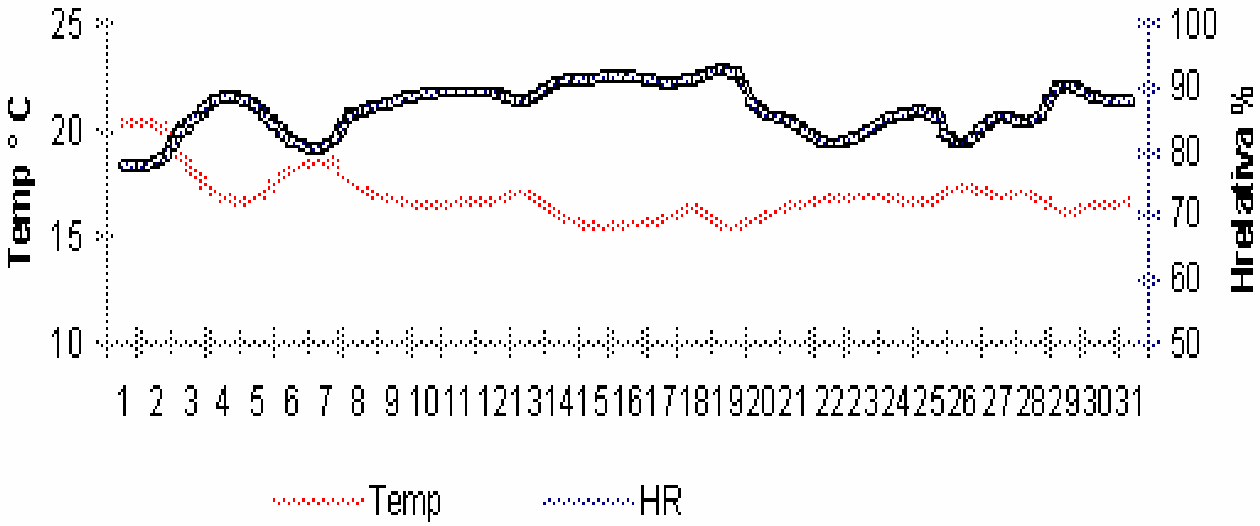


Figura 17.- Variación media diaria de la temperatura y humedad relativa durante el mes de Mayo del 2008 en Carabayllo, Ancón, Comas, El Callao, Jesús María, La Molina, Surco y Pucusana



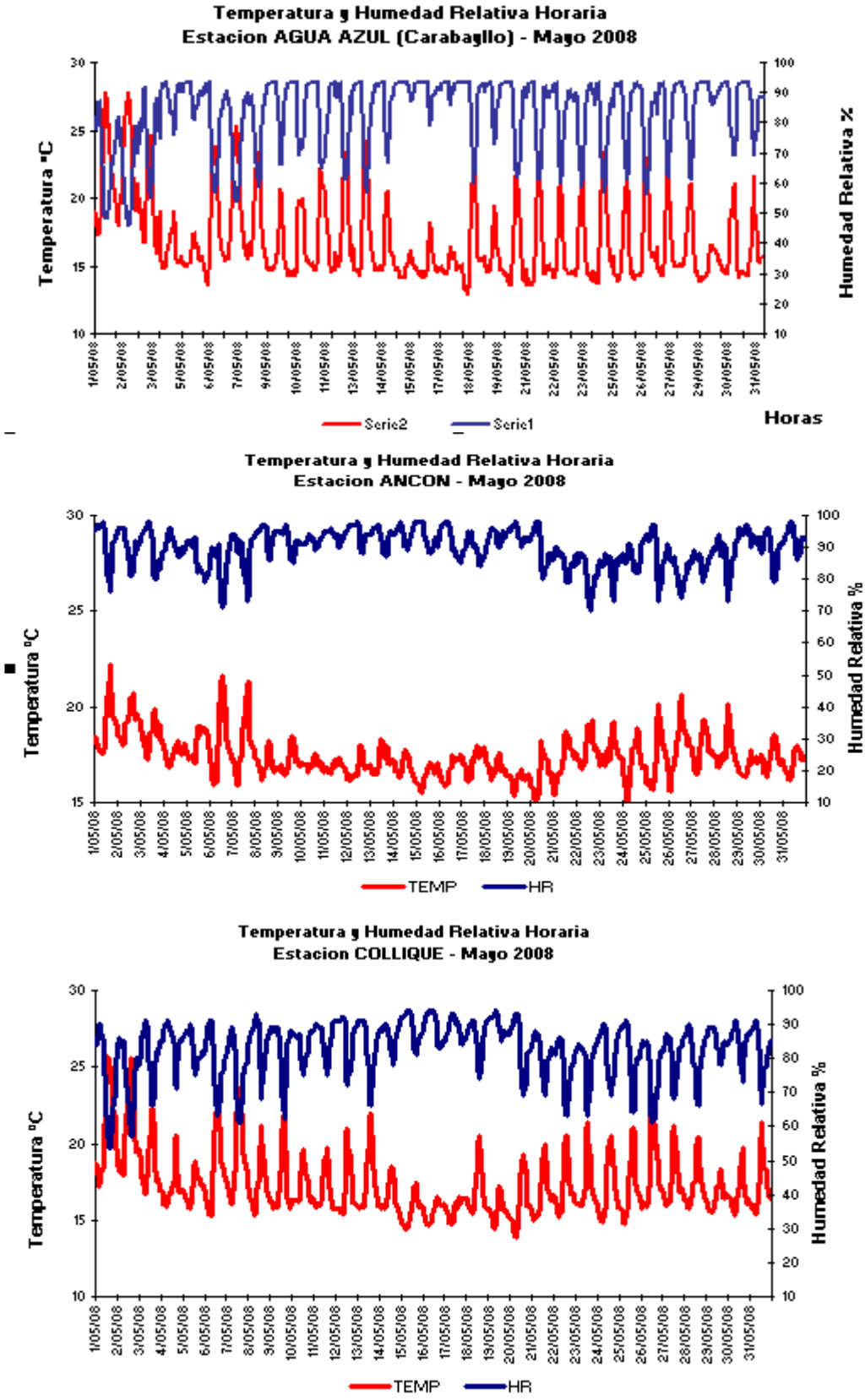

Temperatura y Humedad Relativa Horaria
Estacion AGUA AZUL (Carabaglio) - Mayo 2008
Temperatura °C
Humedad Relativa %
Horas
Serie2
Serie1
Temperatura y Humedad Relativa Horaria
Estacion ANCON - Mayo 2008
Temperatura °C
Humedad Relativa %
TEMP
HR
Temperatura y Humedad Relativa Horaria
Estacion COLLIQUE - Mayo 2008
Temperatura °C
Humedad Relativa %
TEMP
HR

Fig. 18a

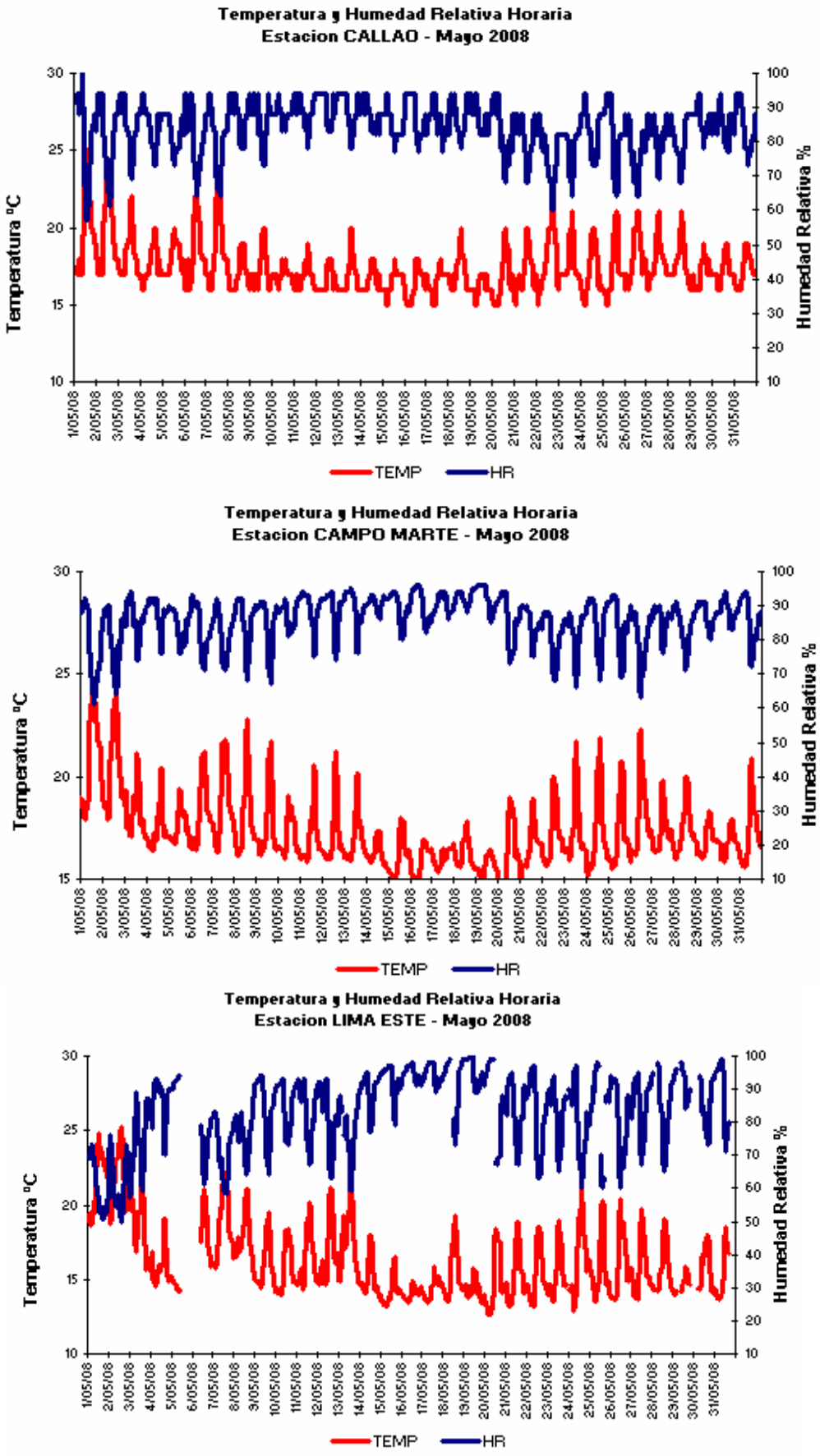
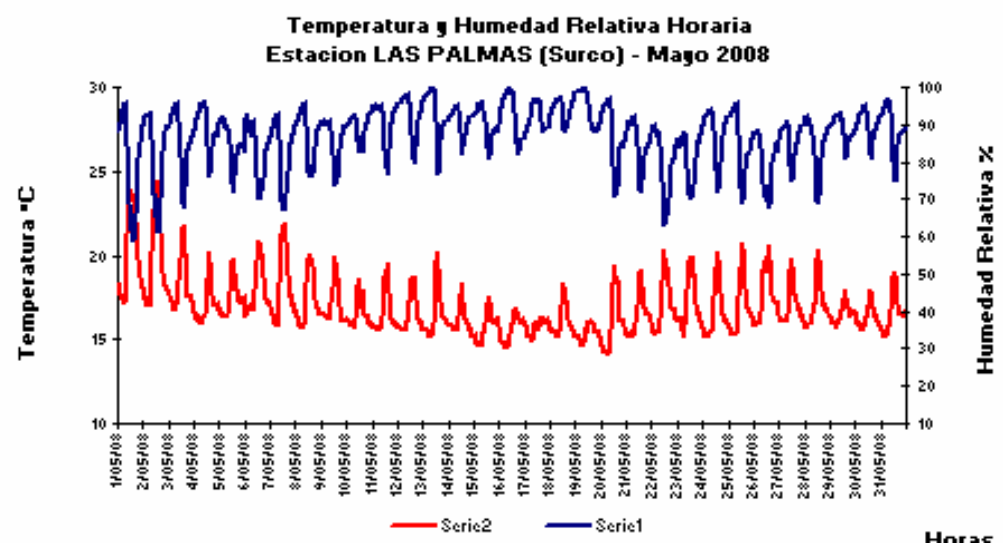

Temperatura y Humedad Relativa Horaria
Estacion CALLAO - Mayo 2008
Temperatura °C
Humedad Relativa %
TEMP
HR
Temperatura y Humedad Relativa Horaria
Estacion CAMPO MARTE - Mayo 2008
Temperatura °C
Humedad Relativa %
TEMP
HR
Temperatura y Humedad Relativa Horaria
Estacion LIMA ESTE - Mayo 2008
Temperatura °C
Humedad Relativa %
TEMP
HR

Fig. 18b


Temperatura y Humedad Relativa Horaria
Estacion LAS PALMAS (Surco) - Mayo 2008
Temperatura °C
Humedad Relativa %
Serie2
Serie1
Horas

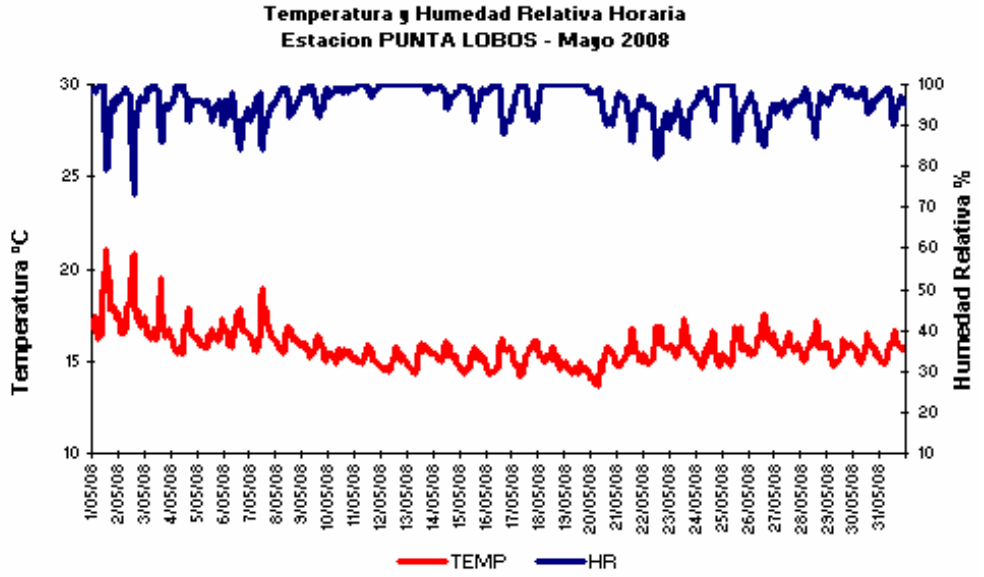

Temperatura y Humedad Relativa Horaria
Estacion PUNTA LOBOS - Mayo 2008
Temperatura °C
Humedad Relativa %
TEMP
HR

Fig. 18c

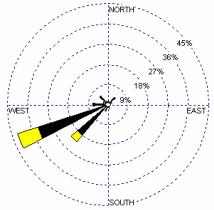
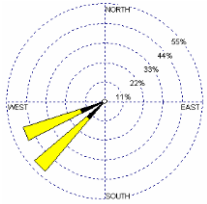
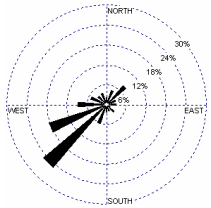
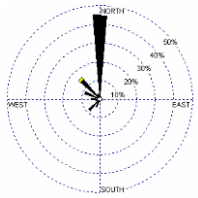
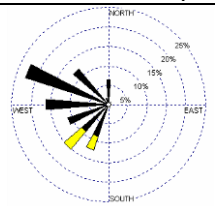
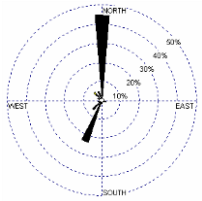
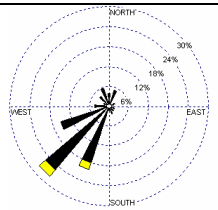
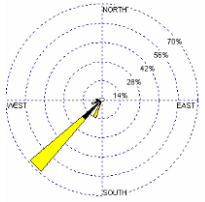
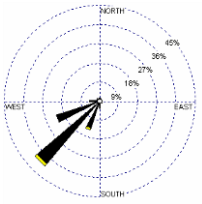
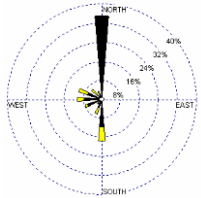
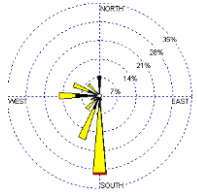
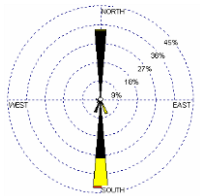
HORAS MATUTINAS	HORAS VESPERTINAS	HORAS NOCTURNAS
ESTACIÓN AGUA AZUL (CARABAYLLO)		
		
ESTACIÓN ANCÓN (ANCÓN)		
		
ESTACIÓN COLLIQUE (COMAS)		
		
ESTACIÓN A.I. JORGE CHÁVEZ (CALLAO)		
		

Fig 19a – Rosas de viento (m/s) en las estaciones de Carabayllo, Ancón, Comas y El Callao - Mayo 2008

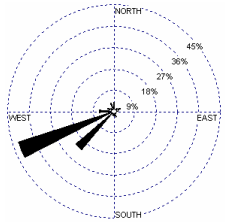
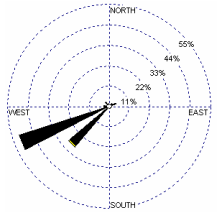
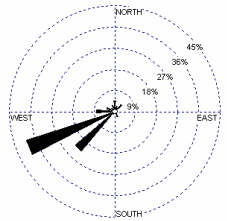
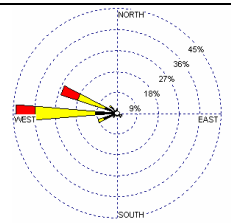
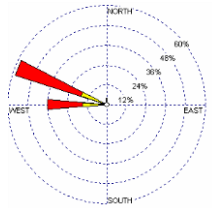
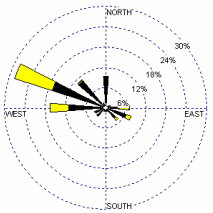
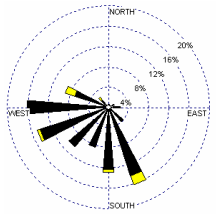
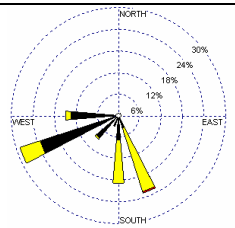
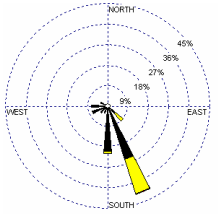
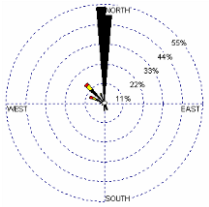
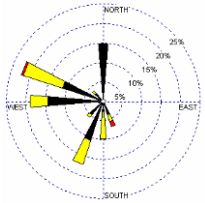
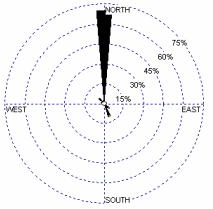
HORAS MATUTINAS	HORAS VESPERTINAS	HORAS NOCTURNAS
ESTACIÓN CAMPO DE MARTE (JESÚS MARÍA)		
		
ESTACIÓN LIMA ESTE (LA MOLINA)		
		
ESTACIÓN LAS PALMAS (SANTIAGO DE SURCO)		
		
ESTACIÓN PUNTA LOBOS(PUCUSANA)		
		

Fig19b – Rosas de viento (m/s) en las estaciones de Jesús María, La Molina, Surco y Pucusana - Mayo 2008

4. Perspectivas Ambientales: Del Polvo Atmosférico Sedimentable

Tomando como referencia las condiciones climáticas de superficie pronosticadas para junio 2008, el comportamiento de la base de la inversión térmica y las tendencias proporcionadas por modelos estadísticos, se prevé que la media de las concentraciones del polvo atmosférico sedimentable disminuyan ligeramente para el mes de junio.

Para una tendencia más puntual, se recoge el comportamiento referencial de 5 estaciones de la red de Lima y Callao; éstas han sido elegidas considerando su ubicación representativa y/o amplia data histórica, son: Lima Norte (Independencia) Lima Centro (Cercado I), Lima Este (Cercado II/ zona este) Lima Oeste (Callao) y Lima Sur (VMT), según se observa en el cuadro todas están por encima del nivel referencial permisible de la OMS equivalente a 5 t/km^2/mes, y con su núcleo hacia el lado este de la ciudad, principalmente.

Cuadro N° 5. Perspectivas de polvo atmosférico sedimentable (t/km2.mes) para el mes de Junio 2008

ZONA	ESTIMACIÓN	INTERVALO DE CONFIANZA
LIMA NORTE	22.7	19.7 - 23.8
LIMA CENTRO	6	4.8 - 6.9
LIMA ESTE	18.1	15.8 - 18.3
LIMA OESTE	4.8	4.0 - 5.8
LIMA SUR	22.6	20.3 - 31.3

Dada la naturaleza del contaminante (partículas gruesas sujetas a fuerzas gravitatorias) generado principalmente por la industria de la construcción, mala disposición de residuos sólidos, pistas deterioradas o sin pavimento, desgaste de llantas y frenos de los vehículos, actividades comerciales y actividades de limpieza pública, la estación de Lima Centro presenta bajas concentraciones por estar exenta de estas fuentes.

5. Conclusiones

- ✓ El material particulado para el mes de mayo presentó el siguiente comportamiento:

Los niveles de contaminación en los principales núcleos durante mayo fueron ligeramente inferiores respecto a los registrados el mes de abril, con excepción de Lima Norte. La configuración resultante fue de 4 centros de alta contaminación: el primer núcleo se presentó en Lima norte con 23,4 t/km2.mes; el segundo en Lima centro-este con un valor medio de 28,4 t/km^2.mes; el tercero en Lima sur-este con 26,2 t/km^2.mes; y el cuarto en Lima sur con una media de 18,8 t/km^2.mes.

El 81 % de las estaciones sobrepasaron el nivel referencial establecido por la Organización Mundial de la Salud. La media mensual para las estaciones evaluadas fue de 11,4 t/km^2.mes, valor inferior al del mes anterior; el valor máximo registrado fue de 34,4 t/km^2.mes en Lurigancho y el mínimo de 1,7 t/km^2.mes en Pueblo Libre.

La máxima concentración de Partículas Totales en Suspensión (PTS) se registró el día viernes y de partículas menores a 2.5micras (PM2.5) el día jueves equivalente a 99,9 ug/m^3, y mínimas de PTS (72,8 ug/ m^3) y PM2.5 (37,3 ug/ m^3) el día domingo.

- ✓ En cuanto a los contaminantes gaseosos, se observó lo siguiente:

Las máximas concentraciones de **óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO_2)** fueron de 213,4 ppb y 82,6 ppb el día lunes 26 de Mayo a las 19:00 hora. Las mínimas concentraciones (0 – 2 ppb) se registraron en horas de la madrugada comprendidas entre las 3: 00 y 5:00 horas.

La concentración media de NO_2 para el mes de mayo fue de 21 ppb y la máxima (83,4 ppb) equivalió al 79 % del ECA Nacional horario para este contaminante. Asimismo, rosas de concentración del NO_2 presentan una dirección predominante del WSW con concentraciones máximas de 23,9 y 27,8 ppb en horas comprendidas entre las 08 -10 am y 07 -10 pm.

Las máximas concentraciones de NO_2 se presentaron los días lunes y martes y miércoles con valores de 82,6 ppb y 58,4 ppb; el día domingo la media fue de 20,7.

El **dióxido de azufre (SO_2)** registró su valor máximo el día 27 de mayo a las 10:00 horas de 19,7 ppb. Se observaron además dos picos horarios máximos de 5,5 ppb (09:00 horas) y 6,5 ppb (20:00 horas), coincidiendo de esta manera con las horas de mayor actividad vehicular.

La concentración media de SO_2 para el mes de mayo fue de 4,0 ppb y la máxima (19,7 ppb) equivalió al 6 % del ECA Nacional horario para este contaminante. Asimismo, rosas de concentración de este gas presentan una dirección predominante del WSW con concentraciones máximas de 4,8 y 5,4 ppb en horas comprendidas entre las 08 -10 am y 07 -10 pm.

- ✓ En cuanto a la nubosidad horaria, ésta estuvo presente en la mayoría de los días en lo que a nubosidad baja estratiforme se refiere, como consecuencia del comportamiento variable de los vientos del sur y presencia en algunos días de vientos cálidos del norte. Asimismo, hubo poca presencia de nubosidad media y alta debido a que los trasvases traen masas de aire secas y menos cálidas desde la amazonia.

- ✓ En cuanto al comportamiento de la temperatura y humedad relativa del aire, las medias de las estaciones analizadas en Mayo fueron de 17,9 ° C y 85 %. Así mismo el análisis medio señala el día 01 de Mayo como el más cálido con una máxima media de 20,4 ° C y el día 19 como el más frío con un valor medio de 15,4 ° C. Con respecto a la humedad relativa, el día más seco fue el 01 con la mínima media de 78%, y el más húmedo el 19 de Mayo (93 %).

- ✓ Con respecto al análisis de las intensidades del viento superficial en los períodos analizados, en horas matutinas predominaron vientos de intensidad media débil (< 3 m/s), con excepción de La Molina de intensidad moderada; en horas vespertinas la intensidad fue tanto débil (Ancón, Callao, Jesús María y Surco) como moderada en Carabayllo, Comas, El Callao, La Molina, Surco y Pucusana; mientras que hacia horas de la noche se registraron intensidades medias débiles en Ancón, Jesús María, Callao, Surco y Pucusana; moderadas en Carabayllo y Comas, y fuertes en la Molina. En cuanto a las direcciones predominantes, en horas matutinas se registraron principalmente vientos de dirección SW y WSW, que se mantuvieron en todas las horas del día, con ocurrencia de vientos del Norte predominantemente para la estación Callao y Pucusana. La estación La Molina presentó predominantemente vientos de dirección W, WNW y NW.

- ✓ Durante el mes de Mayo 2008, la inversión térmica por subsidencia mostró gran intensificación, con su base en promedio a no más de 800 m.s.n.m, debido al comportamiento variable del Anticiclón del Pacífico sur que está en plena intensificación estacional, el comportamiento variable de los vientos del sur y del afloramiento marino que casi siempre es activo, presencia en algunos días de vientos cálidos del norte, disminución de la TSM y de la temperatura del aire.