

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

### 1. Resumen

El boletín del mes de octubre 2008 muestra los resultados de la evaluación del 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 El Callao, Jesús María, La Molina y Surco. En cuanto al primero, el polvo atmosférico sedimentable (PAS) registró una media superior a la de setiembre de 12,0 t/km<sup>2</sup>/mes, máxima de 35,8 t/km<sup>2</sup>/mes en el distrito de Lurigancho y mínima de 3,8 t/km<sup>2</sup>/mes en La Molina; para las partículas menores a 10 micras y 2.5 micras (PM10 y PM2.5) las máximas concentraciones se presentaron el día miércoles de 123,8 ug/m<sup>3</sup> y el martes de 58,4 ug/m<sup>3</sup>, respectivamente. En cuanto a los contaminantes gaseosos, el dióxido de azufre tuvo su máxima concentración de 34,9 ppb el día 02 de octubre (17:00 horas) y mínimos en horas de la madrugada, con máximos de 3,9 y 8,2 ppb a las 10 y 20:0 horas, respectivamente. No se superó el ECA Nacional. 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 –APS- presentó un comportamiento muy variable; así en la primera década el núcleo estuvo variando entre 1025 y 32 hPa con anomalía de +3 en bajas latitudes y -6 en el flanco occidental y altas latitudes; en la segunda década osciló alrededor de 25 hPa con anomalías de +4, y en la tercera década también se incrementó hasta 32, promedio de 30 y anomalía de +8 hPa. Como consecuencia de lo anterior, los vientos, el afloramiento marino a lo largo de la costa peruana y la temperatura superficial del mar, mostraron asimismo un comportamiento variable con un ligero incremento de la TSM respecto al mes anterior; el fenómeno de la inversión térmica por subsidencia igualmente presentó un comportamiento variable, desde muy intenso en algunos días en los cuales la nubosidad estratiforme presentó condiciones de cielo cubierto, a días donde mostró debilitamiento y las condiciones de nubosidad estratiforme fueron de nublado parcial con presencia de insolación. De este modo, las condiciones descritas y sus interacciones, propiciaron en promedio, un ligero incremento de los fenómenos de turbulencia térmica y mecánica del aire que se manifestaron en un ligero incremento de los fenómenos de suspensión y resuspensión del polvo atmosférico sedimentable, así como de las partículas más finas.

### 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 totales en suspensión (PTS), 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:

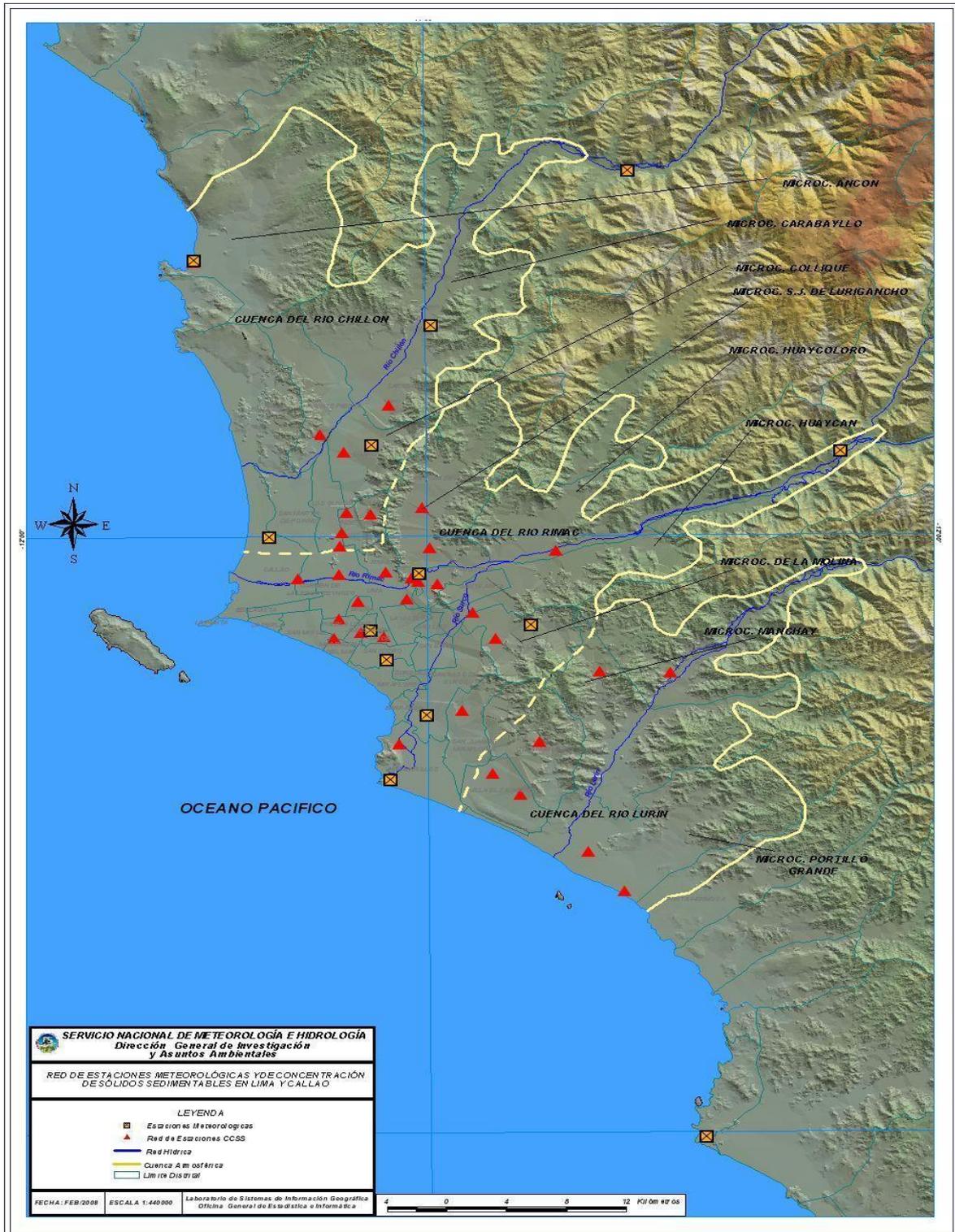
- **Fase de campo:** operación continua de analizador automático de óxidos de nitrógeno API200E y dióxido de azufre 43i en la estación de calidad del aire SENAMHI. Descarga de la información in situ (downloading) mediante cable RS-232, Ethernet y Softwares API COM y iPORT. Se realiza el cambio de filtros 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 y radiosondaje del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez (Callao), automática Campo de Marte (Jesús María) y automática Lima Este (La Molina), automática Las Palmas (Surco) 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

#### 3.1.1 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 el mes de octubre se recopiló información de 41 estaciones, el 85% de las estaciones superaron el nivel referencial permisible de la Organización Mundial de la Salud (OMS) de 5 t/km<sup>2</sup>/mes, con una media de 12,0 t/km<sup>2</sup>/mes, superior a la del mes anterior.

Los niveles de contaminación por polvo sedimentable en los principales núcleos fueron superiores respecto al mes anterior (ver **cuadro N° 1**). En cuanto a los valores extremos, el máximo se registró en el distrito de Lurigancho (35,7 t/km<sup>2</sup>/mes), y el mínimo de 3,8 t/km<sup>2</sup>/mes en La Molina. 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 SSW) y de componente oeste ( W y WNW ) en horas matutinas y vespertinas; y en horas nocturnas principalmente del S y SW, con intensidades predominantemente débiles a moderadas, y fuertes en la estación La Molina; éstos, en interacción con la rugosidad natural y artificial impuesta por las edificaciones, determinaron niveles medios ligeramente superiores a los registrados en setiembre y siempre superiores al nivel permisible.

**Cuadro N° 1: Concentraciones de polvo atmosférico sedimentable o contaminantes sólidos sedimentables setiembre y octubre 2008 (t/km<sup>2</sup>.mes)**

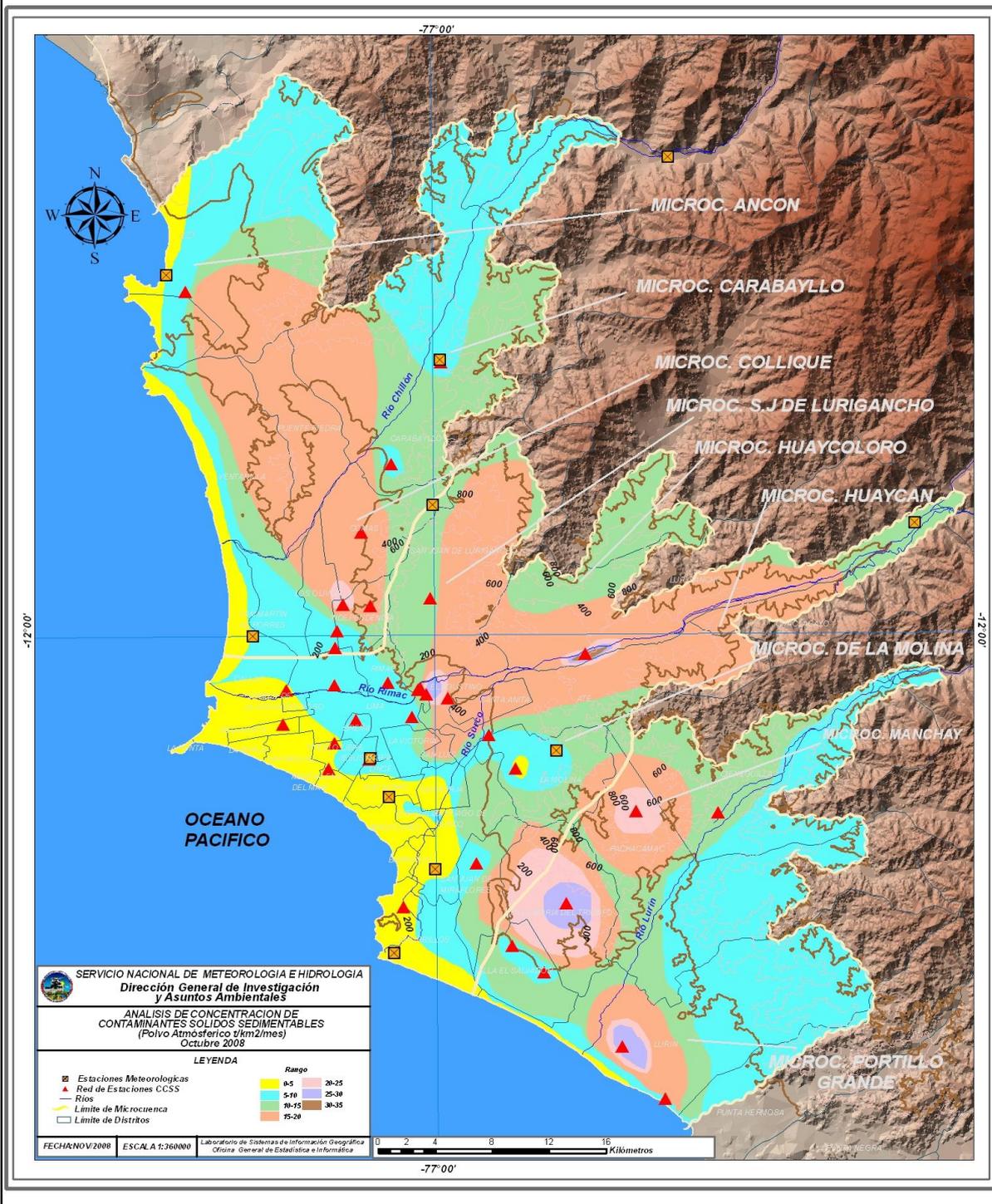
Conc t/km <sup>2</sup> .mes	N° est	% de estaciones Sobrepasa nivel ref.	Núcleos principales ( puntuales y promedios)				X t/km <sup>2</sup> /mes	Máx t/km <sup>2</sup> /mes	Mín t/km <sup>2</sup> /mes
			Lima Norte	Lima Centro-este	Lima Sur-este	Lima Sur			
Setiembre 2008	42	81	22,5 (Independencia)	23,4 (El Agustino, El Cercado, Ate, Lurigancho)	17,3 (Pachacamac)	24,6 (V.M.T.; Lurín)	11,7	34,7 (Lurigancho)	0,5 (Magdalena)
Octubre 2008	41	85	24,5 (Independencia)	27,3 (El Agustino, El Cercado, Lurigancho)	22,7 (Pachacamac)	28,7 (V.M.T.; Lurín)	12,0	35,7 (Lurigancho)	3,8 (La Molina)

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



**Fig.2-Totales mensuales de polvo atmosférico sedimentable (contaminantes sólidos sedimentables) registrados en setiembre y octubre 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 octubre, 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, Carabaylo, Pte. Piedra, Ancón, Sta. Rosa, Ventanilla, Los Olivos y San Martín de Porres, cuyo núcleo en el distrito de Independencia tiene un valor de 24,5 t/km<sup>2</sup>/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 núcleo en el de El Agustino de 27,4 t/km<sup>2</sup>/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 22,7 t/km<sup>2</sup>/mes en Pachacamac; 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 27,2 y 30,2 t/km<sup>2</sup>/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/km<sup>2</sup>.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 octubre 2008**

### 3.1.2 De las Partículas totales en suspensión (PTS), menores a 10 micras y 2.5 micras (PM10 y PM2.5)

La información semanal registrada en el mes de octubre por el muestreador MiniVol PM10 y PM2.5 instalado en la estación meteorológica Campo de Marte del SENAMHI, mostró su máxima concentración de partículas menores a 10 y 2.5 micras el día miércoles equivalentes a 123,8 ug/m<sup>3</sup> y el día martes de 58,4 ug/m<sup>3</sup>, respectivamente según se observa en el **cuadro N° 2**.

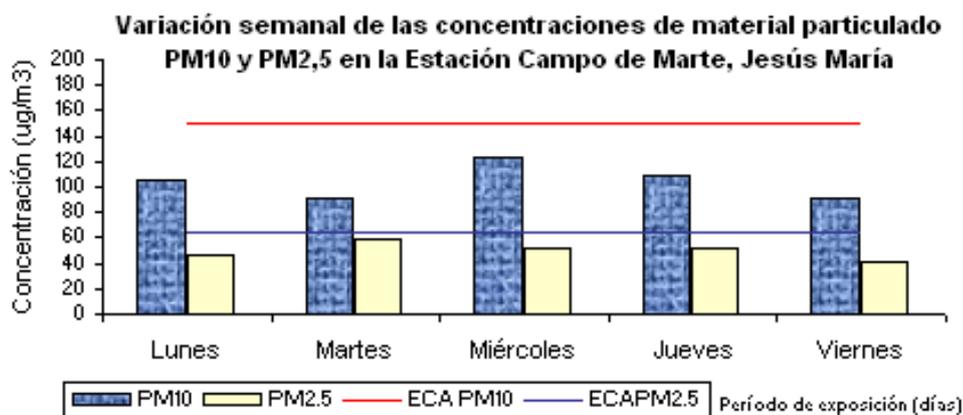
Dirección General de Investigación y Asuntos Ambientales

**Cuadro N°2. Concentraciones semanales de PM10 y PM2.5 registradas en la Estación Campo de Marte Jesús María, Octubre 2008**

Cont. (ug/m <sup>3</sup> )	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
PM10	104.5	91.8	123.8	108.5	91.1
PM2.5	47.2	58.4	52.6	52.6	40.9

Las Partículas Totales en Suspensión (PTS) incluyen en su composición a las PM10 y PM2.5. Por lo general, éstas provienen de fuentes diferentes y tienen mecanismos de formación distintos, aunque es probable que haya cierta superposición. La cercanía entre las concentraciones de PTS y PM2.5 se explica en que el principal aporte de las partículas para la zona evaluada corresponde a las provenientes del parque automotor, de por sí finas con centro carbonado, más no tanto a las gruesas derivadas de fuentes terrestres.

La variación diaria de las concentraciones de PM10 y PM2.5 es comparada con el Estándar de Calidad del Aire (ECA) y de tránsito para el PM10 y PM2.5, respectivamente, que se encuentran ambos por debajo (100 %) de los valores referenciales. Ver **Figura 4**. La normatividad (guías) dada por la Organización Mundial de la Salud (25 ug/m<sup>3</sup>) respecto a la normatividad nacional es mucho más exigente, sobrepasando los valores registrados también en el 100 % de los días evaluados.



**Figura 4.**

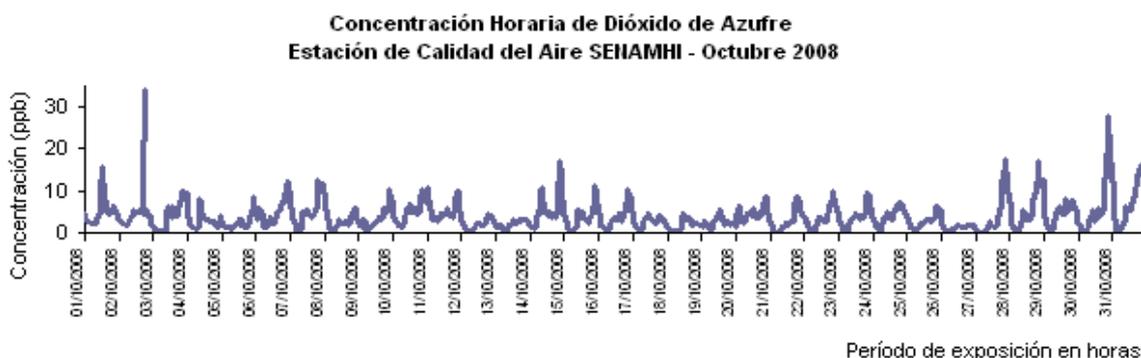
El material particulado fino PM2.5, según se mencionó líneas arriba, es el más peligroso para el ser humano. De los elementos presentes en ésta, el más peligroso es el carbón orgánico, debido a la acción cancerígena de algunos de sus compuestos y a las propiedades tóxicas de otros. El otro derivado, 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.

### 3.1.3 De los contaminantes gaseosos:

#### 3.1.3.1 Dióxido de Azufre

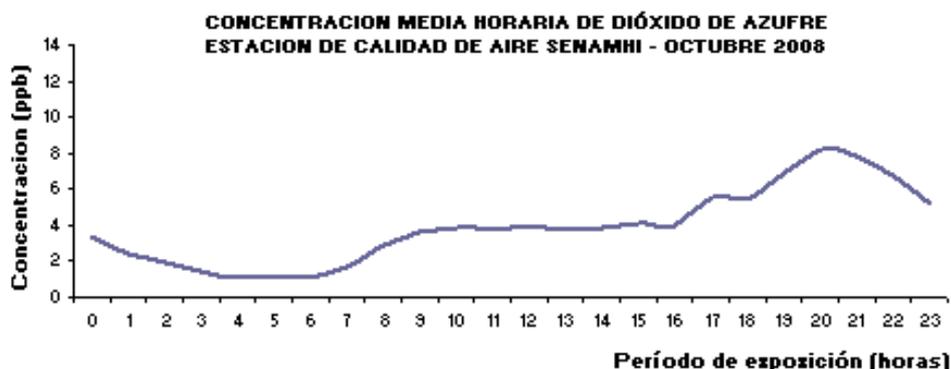
El dióxido de azufre es un contaminante del aire que provoca efectos negativos sobre la salud humana, principalmente sobre el sistema cardiovascular, sobre los ecosistemas, como la acidificación del agua y los suelos, y sobre los materiales.

La información registrada por el analizador modelo 43i en la estación de calidad de aire de la sede central del SENAMHI según la **figura 5**, muestra un registro máximo horario de 34,9 ppb, ocurrido el jueves 02 de octubre a las 17:00 horas; y mínimos horarios de 0 ppb en horas comprendidas entre las 3 y 6:00 horas. El valor medio del mes del gas dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) fue de 4 ppb.



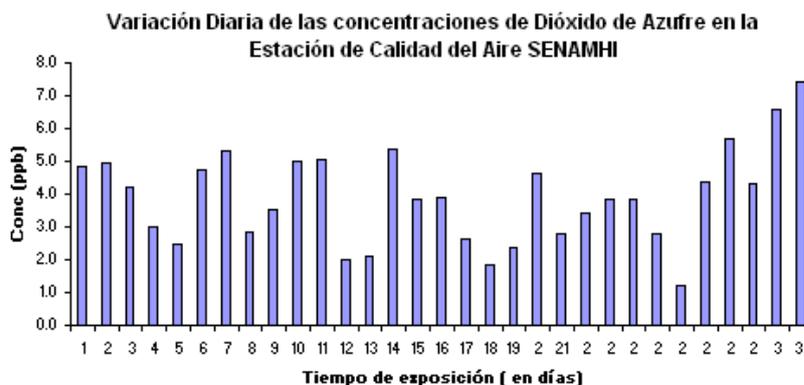
**Figura 5.**

En cuanto a la variación de las concentraciones máximas medias horarias de SO<sub>2</sub> presentada en la **figura 9**, se observa un patrón definido por dos picos horarios de 3,9 ppb a las 10:00 y de 8,2 a las 20:00 horas, coincidiendo de esta manera con las horas de mayor actividad vehicular.



**Figura 9.**

De acuerdo a lo observado en la **figura 6**, el ECA nacional para 24 horas de SO<sub>2</sub> 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 3,9 ppb correspondió al 3 % del estándar nacional de calidad del aire. La Organización Mundial recomendó el cambio de los valores guía de SO<sub>2</sub> de 125 a 20 µg/ m<sup>3</sup> tomando en cuenta consideraciones tales como la comprobación de que el SO<sub>2</sub> tiene efectos en la salud a concentraciones muy inferiores a los aceptados hasta ahora por lo que se necesita un mayor grado de protección.



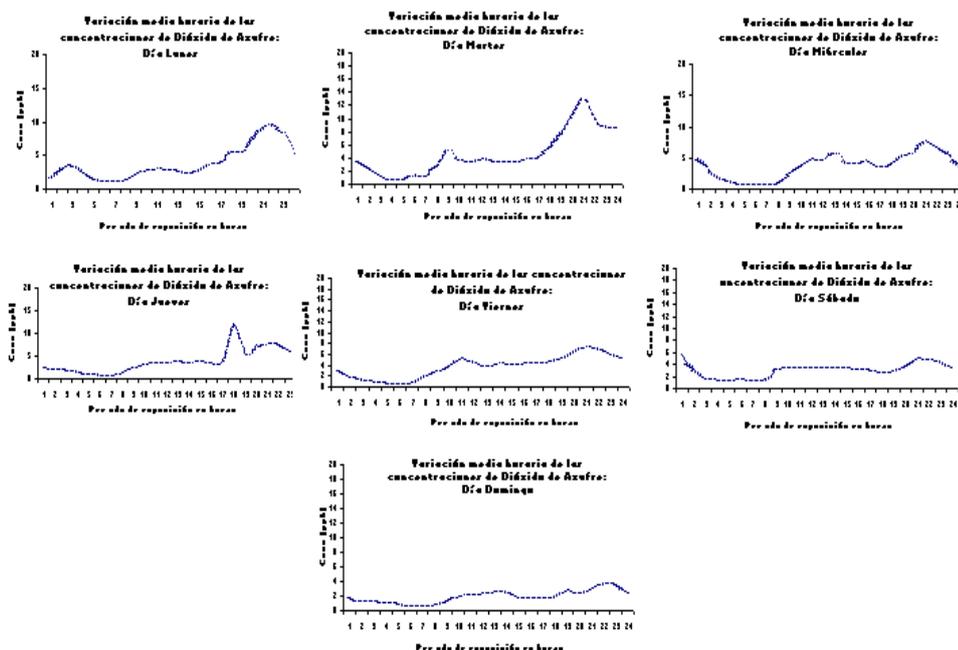
**Figura 6.**

En el Cuadro N° 3 se muestra el comportamiento semanal de las concentraciones de SO<sub>2</sub>. La máxima concentración se presentó el día jueves de 34,0 ppb en horas de la tarde. Hacia el día domingo se registraron en promedio los menores valores, con una media de 2,0 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 azufre (SO<sub>2</sub>) – octubre 2008**

Día	máximo	día	hora	mínimo	día	hora	promedio
Lunes	17.6	27/10	21:00	0.0	27/10	4 - 6:00	4.0
Martes	13.1	10/10	20:00	0.0	21/10	4 - 5:00	4.6
Miércoles	15.6	1/10	12:00	0.0	22/10	6:00	3.3
Jueves	34	2/10	17:00	0.4	23/10	6:00	4
Viernes	10.2	10/10	20:00	0.0	31/10	6:00	3.3
Sábado	10.7	11/10	12:00	0.1	18/10	6:00	3.2
Domingo	8.4	31/10	10:00	0	26/10	5:00	2

Asimismo, en la figura 7 se presenta el comportamiento medio de cada uno de los días de la semana del mes de julio del dióxido de azufre.



**Figura 7. Variación semanal de las concentraciones de dióxido de azufre – octubre 2008**

### 3.1.3 De las condiciones meteorológicas

El análisis de las condiciones meteorológicas para la Zona Metropolitana de Lima-Callao durante el mes de octubre 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 gruesas, finas y gases contaminantes del aire.

### a. De la Nubosidad

De acuerdo a lo presentado en la **figura 8**, el mes de octubre 2008, se caracterizó porque la nubosidad estratiforme que se configura por debajo de la base de la inversión térmica por subsidencia, entre superficie y 1000 m.s.n.m., estuvo presente durante todos los días del mes, variando desde días con cielo cubierto y presencia de lloviznas en horas de la mañana y al atardecer a días con nublado parcial a nubes dispersas y presencia de insolación, debido a que el Anticiclón del Pacífico suroriental mostró un comportamiento muy variable, asimismo la intensidad del viento, el afloramiento marino a lo largo de la costa peruana y por lo tanto el fenómeno de la inversión térmica por subsidencia que propició la configuración de la nubosidad estratiforme.

### b. De la Temperatura y Humedad Relativa

- El análisis medio mensual de las variables temperatura y humedad relativa de las estaciones analizadas: automática sinóptica y de radiosondaje A.I. Jorge Chávez, automática Campo de Marte, automática La Molina y automática Las Palmas, señala el día miércoles 01 de octubre como el más cálido con una máxima media de 18,0 ° C y el día miércoles 22 como el más frío con un valor medio de 16,0 ° C. Con respecto a la humedad relativa, el día más seco fue el viernes 10 de octubre con la mínima media de 79 %, y el más húmedo el viernes 24 de octubre (91 %). **Ver figura 9.**
- 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 15,5 ° C en La Molina a 23,0 ° C en El Callao, y la mínima fluctuó entre 13,1° C en La Molina a 17,0 ° C en El Callao; la temperatura media del mes, considerando las estaciones analizadas, fue de 17 ° C. En cuanto a las humedades relativas, la máxima fluctuó entre 82 % en El Callao a 100 % en La Molina y Surco; y la mínima osciló entre 57 % en El Callao a 96 % en La Molina (ver **figuras 10a y b**); la humedad relativa media fue de 87 %. El mes de octubre presentó condiciones meteorológicas bastante variables, alternando días con brillo solar en horas y nublado; incluso se presentaron algunas lloviznas en la capital.

### c. Del viento superficial

La información horaria de viento superficial (velocidad y dirección) correspondiente al mes de octubre es presentada en la **figura 11** 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.

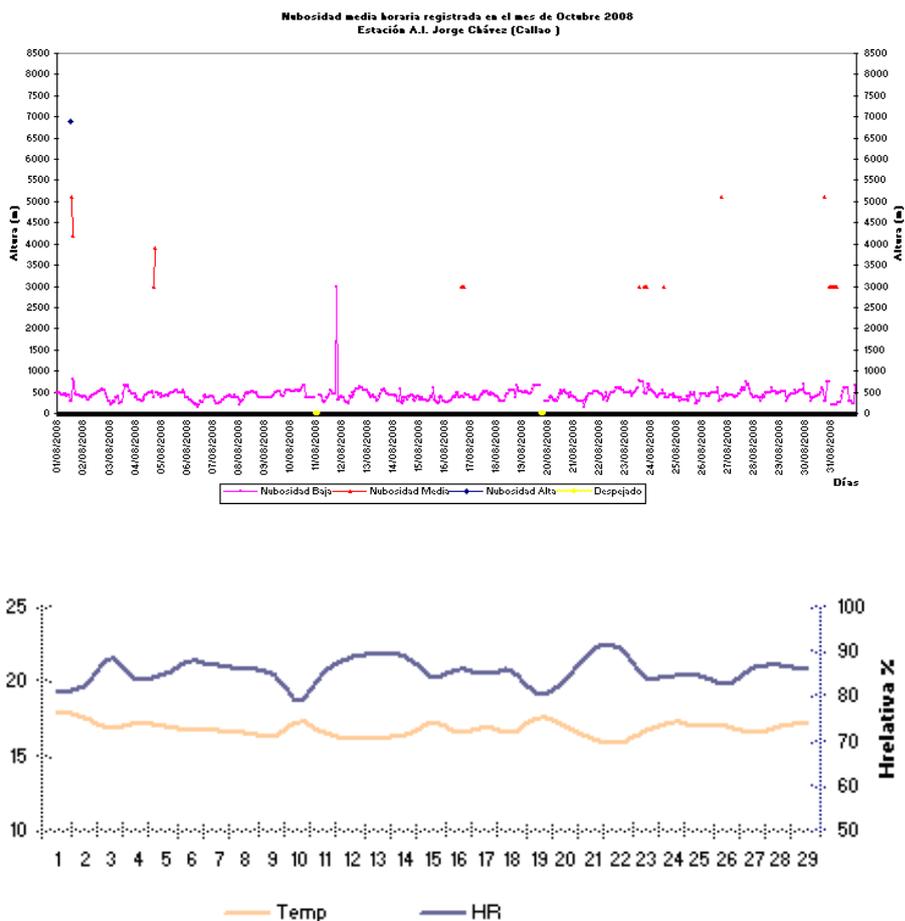
- Durante el período matutino (7:00 a 11:00 horas), predominaron vientos de intensidad media débil (< 3 m/s) en la mayoría de las estaciones analizadas, con excepción de La Molina (Lima Este) que reportó velocidades medias de 4,3 m/s. No se registró ocurrencia significativa de calmas.
- Durante el período vespertino (12:00 a 18:00 horas) se registraron vientos de intensidades débiles en Jesús María (1,6 m/s); intensidades moderadas en El Callao (3,5 m/s) y Surco (3,2 m/s); e intensidades fuertes en La Molina (> 6m/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 casi todas las estaciones evaluadas con intensidades medias inferiores a 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 A.I. Jorge Chávez (Callao) reportó direcciones del N (32 %), S (21 %), SSW (15 %), W (10 %) y WNW (11 %); manteniéndose en horas vespertinas con vientos de componente S (48 %), SSW (16 %), W (9 %) y WNW (12 %); hacia horas de la noche predominaron vientos del N (33 %) y de componente sur con frecuencias de 59 % (S) y 4 % (SSW). En la estación Campo de Marte, se presentaron direcciones del WSW (55 %), SW (18 %) y W (8 %) en horas matutinas, manteniéndose en horas vespertinas con frecuencias de 64 y 29 %; en horas de la noche, se presentaron vientos de dirección WSW (53 %) y SW (13 %) y W (10 %). En la estación Lima Este,

en horas de la mañana predominaron vientos del W (34 %) y WNW (40 %), que se mantuvieron hacia horas vespertinas con frecuencias del 34 y 62 %, respectivamente; en horas de la noche, predominaron vientos de dirección WNW (19 %), NW (18 %), E (17 %) y ESE (15 %). En la estación Las Palmas, predominaron vientos con frecuencias de 23 % (S), 11 % (SSW), 13 % (SW), 20 % (WSW) y 17 % (W), en horas matutinas; en horas vespertinas se mantuvieron vientos de dirección SSE, S, SW y WSW con frecuencias de 16, 32, 11 y 27 %; y en horas de la noche vientos de componente sur con frecuencias de 41% (SSE) y 31 % (S).

### 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 –APS– presentó un comportamiento muy variable con máximos en el núcleo hasta de 1032 hPa y mínimos de 1025 tanto en la primera, segunda y tercera década del mes. Como consecuencia de lo anterior, los vientos, el afloramiento marino a lo largo de la costa peruana y la temperatura superficial del mar fueron muy variables en su intensidad; y por lo tanto, el fenómeno de la inversión térmica por subsidencia con su base en promedio por sobre los 700 msnm, igualmente varió desde muy intenso en algunos días donde la nubosidad estratiforme que se configura por debajo de la base de la inversión, mostró condiciones de cielo cubierto a días con nublado a nublado parcial y presencia de insolación.

**Figura 8. Variación temporal horaria de la Nubosidad en la estación A.I. Jorge Chávez octubre2008**



**Figura 9- Variación media diaria de la temperatura y humedad relativa durante el mes de octubre del 2008 en El Callao, Jesús María, La Molina y Surco**

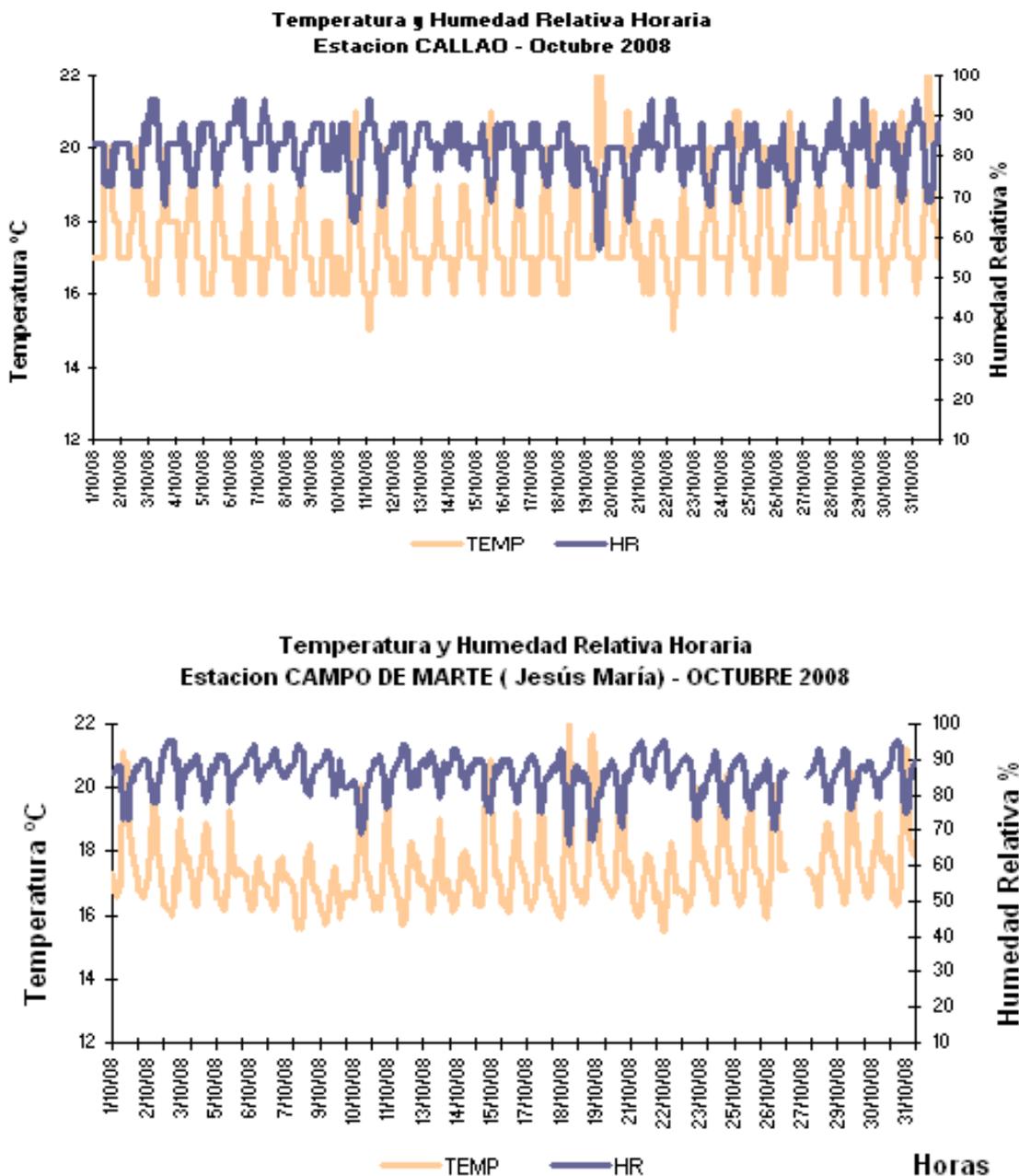
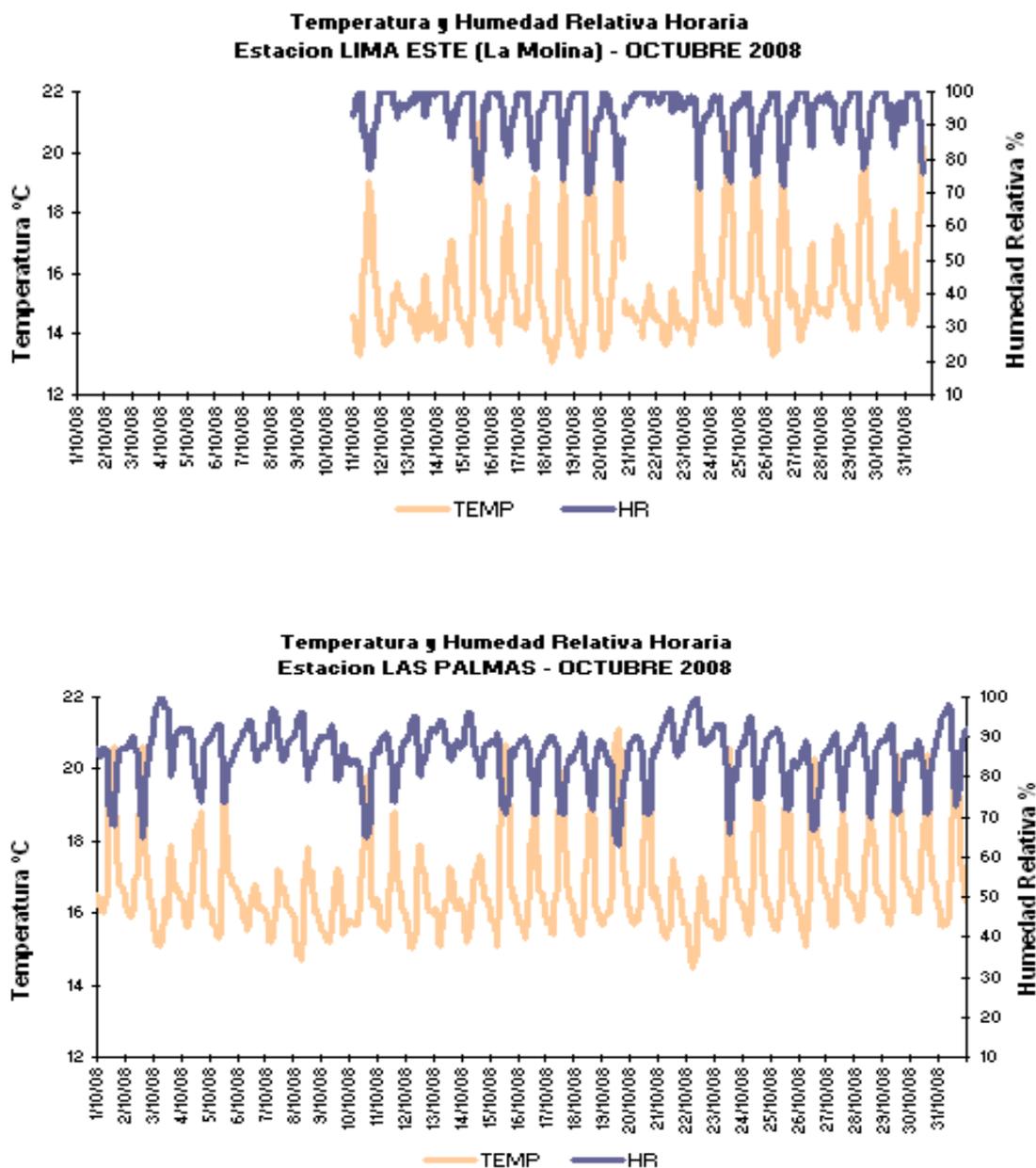


Figura 10a.- Variación horaria de la temperatura y humedad relativa durante el mes de octubre del 2008 en El Callao y Jesús María



**Figura 10b.- Variación horaria de la temperatura y humedad relativa durante el mes de octubre del 2008 en La Molina y Santiago de Surco**

*Fig 11 – Rosas de viento (m/s) en las estaciones de El Callao, Collique y La Molina octubre 2008*

ORAS MATUTINAS	HORAS VESPERTINAS	HORAS NOCTURNAS
<b>ESTACIÓN A.I. JORGE CHÁVEZ ( CALLAO )</b>		
<p>(m/s)</p>		
<b>ESTACIÓN CAMPO DE MARTE ( JESÙS MARÌA )</b>		
<b>ESTACIÓN LIMA ESTE ( LA MOLINA )</b>		
<b>ESTACIÓN LAS PALMAS ( SURCO )</b>		

#### 4. Perspectivas Ambientales: Del Polvo Atmosférico Sedimentable

Tomando como referencia las condiciones climáticas de superficie pronosticadas para noviembre 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 se incrementen ligeramente en promedio para el mes de noviembre.

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), todas por encima del nivel referencial permisible de la OMS equivalente a 5 t/km<sup>2</sup>/mes.

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 algunas de estas fuentes.

#### 5. Conclusiones

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

Los niveles de contaminación en los principales núcleos durante octubre fueron superiores a los registrados el mes de setiembre. La configuración resultante fue de 4 centros de alta contaminación: el primer núcleo se presentó en Lima norte con 24,5 t/km<sup>2</sup>.mes; el segundo en Lima centro-este con un valor medio de 27,3 t/km<sup>2</sup>.mes; el tercero en Lima sur-este con 22,7 t/km<sup>2</sup>.mes; y el cuarto en Lima sur con una media de 28,7 t/km<sup>2</sup>.mes.

El 85 % de las estaciones sobrepasaron el nivel referencial establecido por la Organización Mundial de la Salud. La media mensual para las estaciones evaluadas fue de 12,0 t/km<sup>2</sup>.mes, superior a la media del mes anterior; el valor máximo registrado fue de 35,7 t/km<sup>2</sup>.mes en Lurigancho y el mínimo de 3,8 t/km<sup>2</sup>.mes en La Molina.

La máxima concentración de partículas menores a 10 micras (PM10) fue de 123,8 ug/m<sup>3</sup> el día miércoles y de partículas menores a 2.5micras (PM2.5) el día martes equivalente a 58,4 ug/m<sup>3</sup>.

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

El dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) registró su valor máximo de 34,9 ppb el día martes 02 de octubre a las 17:00 horas. Se observaron además dos picos horarios máximos de 3,9 ppb a las 10:00 y de 8,2 ppb a las 20:00 horas, coincidiendo de esta manera con las horas de mayor actividad vehicular.

La concentración media de SO<sub>2</sub> para el mes de octubre fue de 4,0 ppb y la máxima diaria de 3% equivalió al 3 % del ECA Nacional horario para este contaminante. La máxima concentración de SO<sub>2</sub> se presentó el día jueves de 34,0 ppb y el domingo en promedio fue de 2 ppb.

- ✓ En cuanto a la nubosidad horaria, la nubosidad baja estratiforme estuvo presente durante todos los días del mes, dando como resultado condiciones de cielo nublado con presencia de lloviznas a días con nublado parcial a nubes dispersas y presencia de insolación.
- ✓ En cuanto al comportamiento de la temperatura y humedad relativa del aire, las medias de las estaciones analizadas en octubre fueron de 17° C y 87 %. Así mismo el análisis medio señala el día 01 de octubre como el más cálido con una máxima media de 18,0 ° C y el día 22 como el más

frío con un valor medio de 16,0 ° C. Con respecto a la humedad relativa, el día más seco fue el 10 con la mínima media de 79 %, y el más húmedo el 22 de octubre (91 %).

- ✓ 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 ( 4,3 m/s); en horas vespertinas la intensidad fue tanto débil ( Jesús María) como moderada en El Callao y Surco entre 3 a 4 m/s; y fuerte en La Molina donde se registró superior a 6 m/s; mientras que hacia horas de la noche se registraron intensidades medias débiles; en ninguno de los períodos del día se registró ocurrencia de calmas. En cuanto a las direcciones predominantes, se registraron principalmente vientos de componente sur que se mantuvieron en todas las horas del día, principalmente de dirección SW, SSW, W y WNW, con ocurrencia de vientos del Norte predominantemente para la estación Callao en horas diurnas y nocturnas.
- ✓ Durante el mes de octubre 2008, la inversión térmica por subsidencia presentó un comportamiento muy variable, desde días con condiciones muy estables a días con ligera estabilidad atmosférica, con configuración de su base en promedio por sobre los 700 msnm, debido al comportamiento variable del Anticiclón del Pacífico suroriental y por lo tanto de los vientos, el afloramiento marino a lo largo de la costa peruana, la temperatura superficial del mar y la presencia de insolación.