

PRONOSTICO MENSUAL DE LA CALIDAD DE AIRE EN LA ZONA METROPOLITANA DE LIMA Y CALLAO Y ZONAS DE ATENCIÓN PRIORITARIA MAYO 2009

Ing. José Silva Cotrina
Sra. Rosalinda Aguirre A.
Sra. Cinthia Arellano Rojas

Se realiza la evaluación de las condiciones sinópticas (salidas de reanálisis de NCEP y NOAA) y meteorológicas locales de superficie y altura a través de la red de estaciones automáticas y una de Radiosondeo (07:00 hora local), respectivamente, que influyen en el comportamiento temporal y espacial de los contaminantes atmosféricos particulados y gaseosos medidos usando métodos de muestreo pasivo y monitoreo automático en la cuenca atmosférica de Lima-Callao.

Las condiciones sinópticas durante el mes de mayo mostraron que las intensidades del Anticiclón del Pacífico suroriental variaron entre 1032 hPa los días 3 y 4 a 1010 hPa el día 31; media de 1020 hPa y anomalías de +1 hPa en latitudes tropicales a +6 (suroeste) y -11hPa (sur) en altas latitudes; las anomalías de TSM mostraron una persistente variabilidad de 0 a 2° C, lo que ocasionó que los vientos a lo largo de la costa peruana solo fueran débiles, excepto los primeros y últimos días en que las intensidades se incrementaron; afloramiento marino poco intenso, la inversión térmica de moderada a intensa con altura promedio de la base de 399 m.s.n.m, superior al mes anterior, espesor de 530 m y un gradiente medio de 1,0° C/100 m (ver **figura 1** y **cuadro N°1**), y la nubosidad estratiforme baja (base < 500 m.s.n.m.) presente en la mayoría de los días del mes (ver **figura 2**), limitando cada vez más el ingreso de la radiación solar que ocasionó que la temperatura del aire continúe en descenso, alcanzando sus valores extremos medios de 22,4° C el 6 de mayo (día más cálido); 16,5° C el 31 de mayo (día más frío); y en cuanto a la humedad relativa, el 6 de mayo como el día más seco (75,2 %) y el día 27 de mayo como el más húmedo (94,2 %).

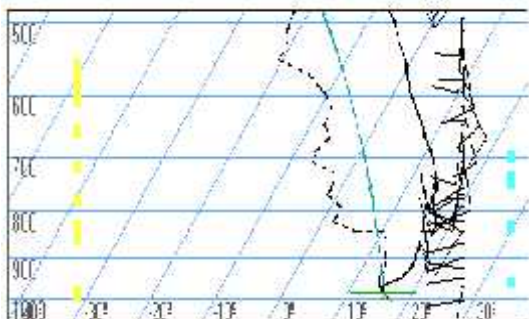


Fig. 1. Base de la I.T. 07:00 hora local – Mayo 2009 - Estación Las Palmas (Surco)

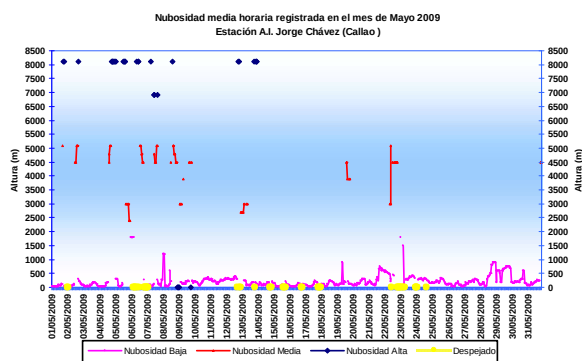
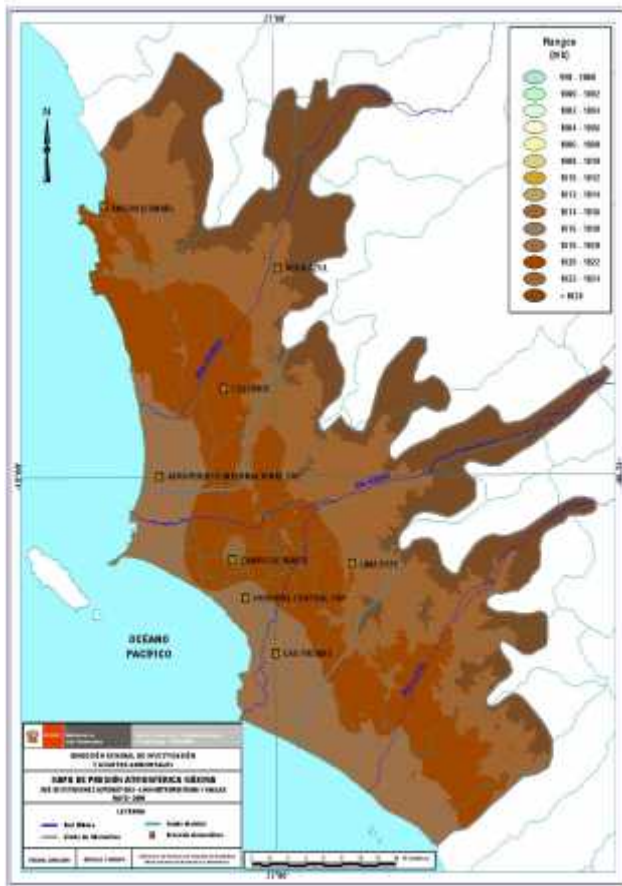


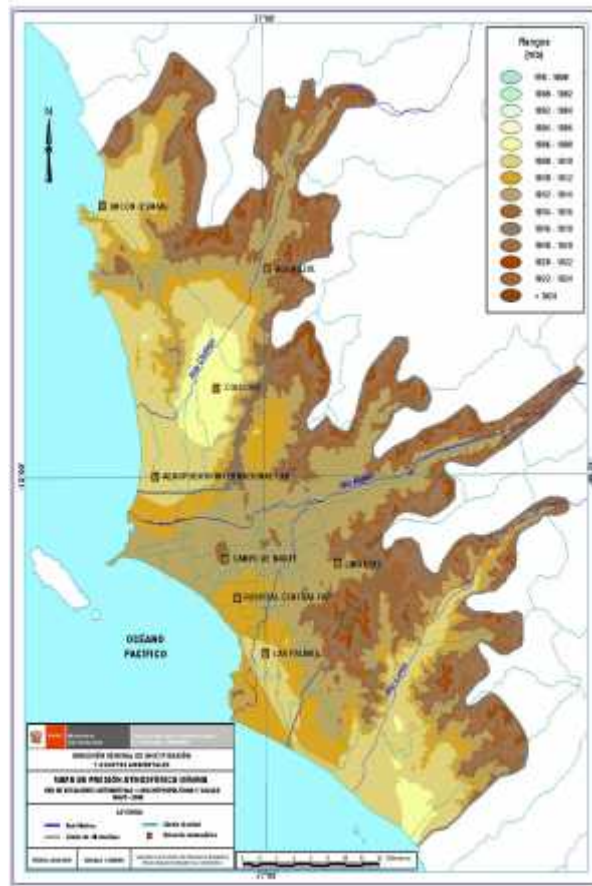
Fig.2. Nubosidad medio horaria. Estación A.I. Jorge Chávez – Mayo 2009

Cuadro N° 1: Características de la Capa de Inversión Térmica en la Costa Central de Perú MAYO 2009

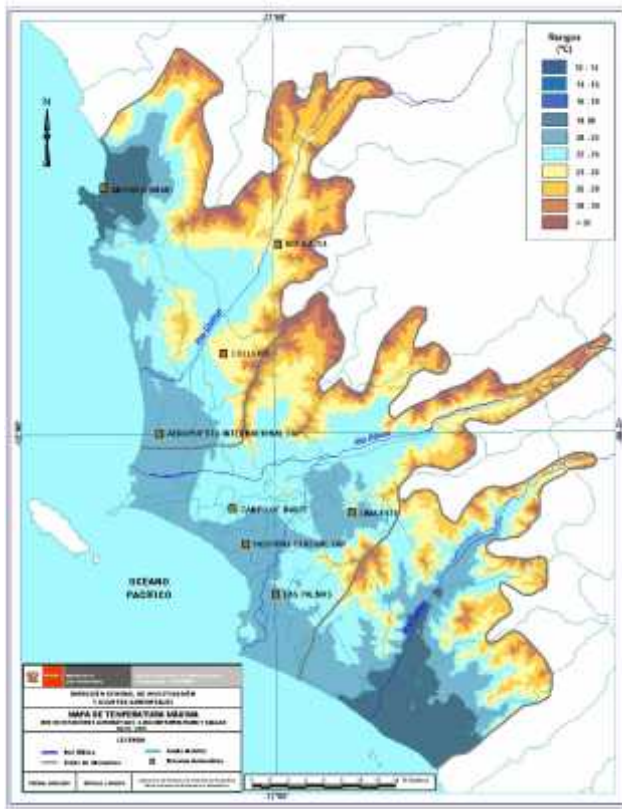
PARÁMETRO	UNIDAD	MÁXIMO		MÍNIMO		PROMEDIO
Espesor	metro	1279	23-May	212	16-May	530
Altura Base	metro	1137	29-May	83	18-May	399
Altura Tope	metro	1631	20-May	430	16-May	929
T Base	° C	15,8	22-May	12,4	29-May	14,4
T Tope	° C	22,6	20-May	15,2	29-May	18,6
Gradiente	°C/100metros	1,9	16-May	0,4	23-May	1,0
H.R. Base	%	100	15,16,20,23,27,29,30	87	22-May	98
H.R. Tope	%	90	29-May	15	23-May	63



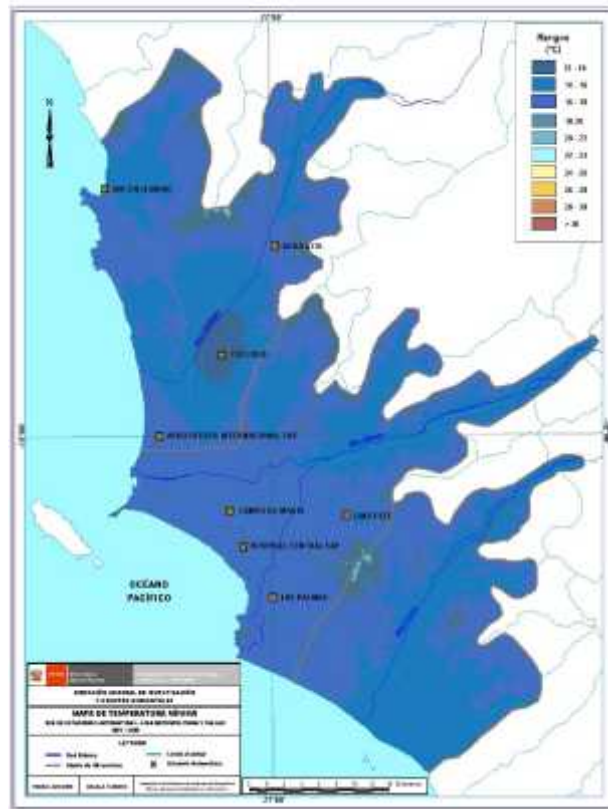
Mapa 1. Presión máxima - Red Lima y Callao



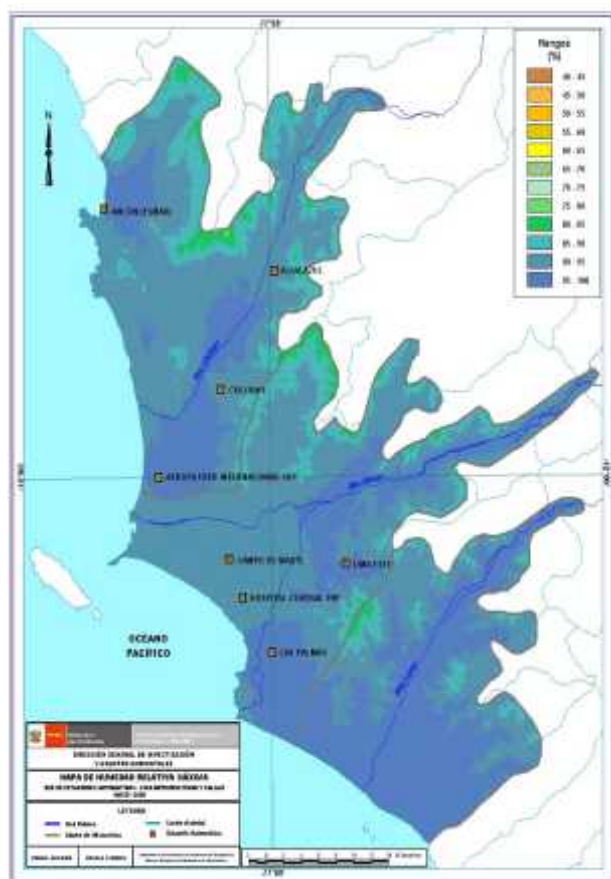
Mapa 2.H. Presión mínima - Red Lima y Callao



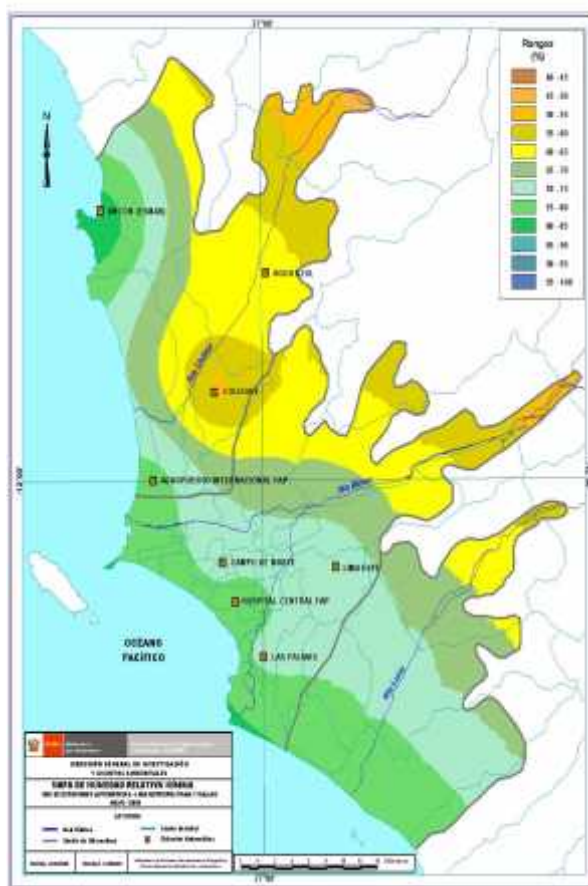
Mapa 3. Temperatura máxima - Red Lima y Callao



Mapa 4. Temperatura mínima - Red Lima y Callao



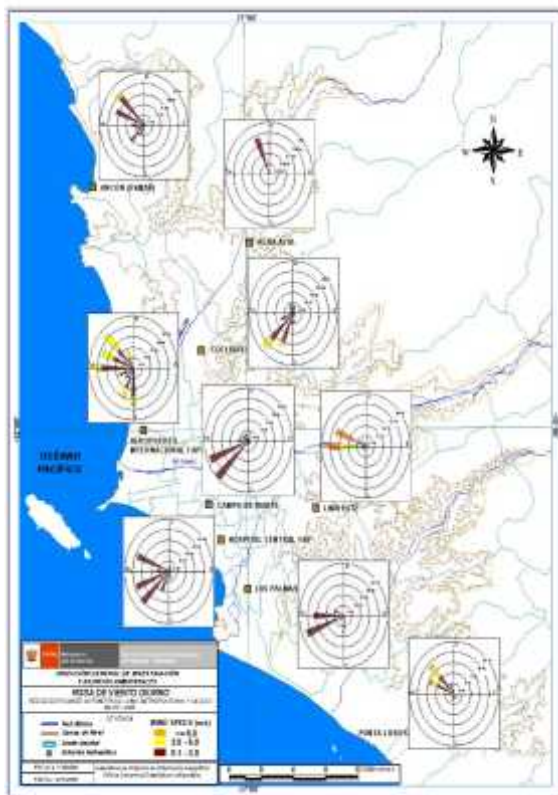
Mapa 5. H. Relativa máxima - Red Lima y Callao



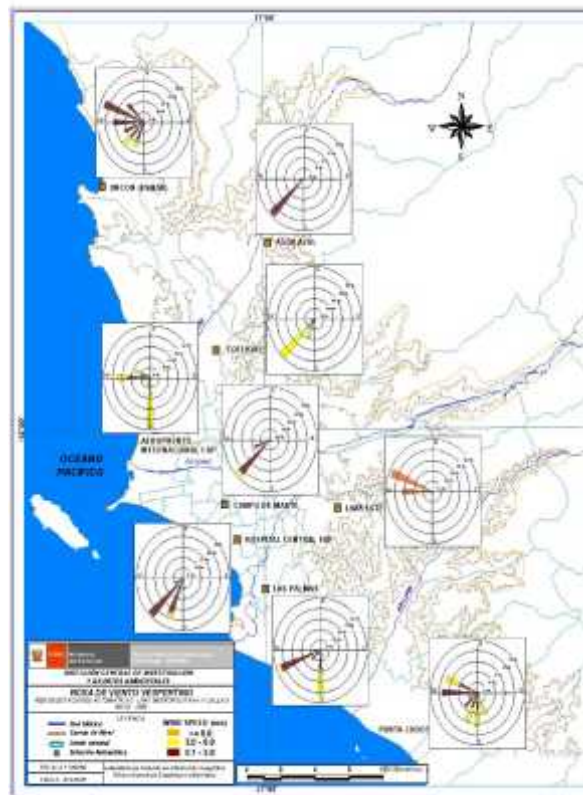
Mapa 6. H. Relativa mínima – Red Lima y Callao

La distribución espacial de las presiones reducidas a nivel del mar en la cuenca atmosférica de Lima y Callao, **Mapas 1 y 2**, muestra una relación inversa con la presencia de las brisas marinas, mientras éstas disminuyen hacia el este para convertirse en vientos valle-montaña, las presiones se incrementan en ese mismo sentido; así, las presiones máxima y la mínima van desde 1018 - 1020 mb y 1006 – 1008 mb, respectivamente en los distritos costeros a 1022-1024 mb y 1014-1016 mb, respectivamente en los distritos del este hacia las márgenes de la cuenca atmosférica, donde la contaminación del aire se incrementa, la densidad poblacional disminuye y las condiciones gradan hacia el ambiente natural.

Respecto a las temperaturas (**Mapas 3 y 4**), se observa el enorme efecto termorregulador del mar; así, los menores valores de la temperatura máxima (18-20° C) y los mayores valores de la mínima (16-18° C) se registraron en los distritos costeros, desde donde en dirección este disminuye el efecto termorregulador del mar y se incrementa el efecto de continentalidad al registrar la temperatura máxima sus mayores valores de 24-26° C y la mínima 12-14° C, en los distritos del este, donde se puede apreciar la presencia de la mayor oscilación térmica. En cuanto a las humedades relativas (**Mapas 5 y 6**), los mayores valores de la máxima (95-100 %) y la mínima (75-80 %) se registraron en los distritos costeros disminuyendo hacia los distritos del este a (90-95 %) la máxima y (60-65 %) la mínima, respectivamente.



Mapa 7. Rosas de viento diurnas



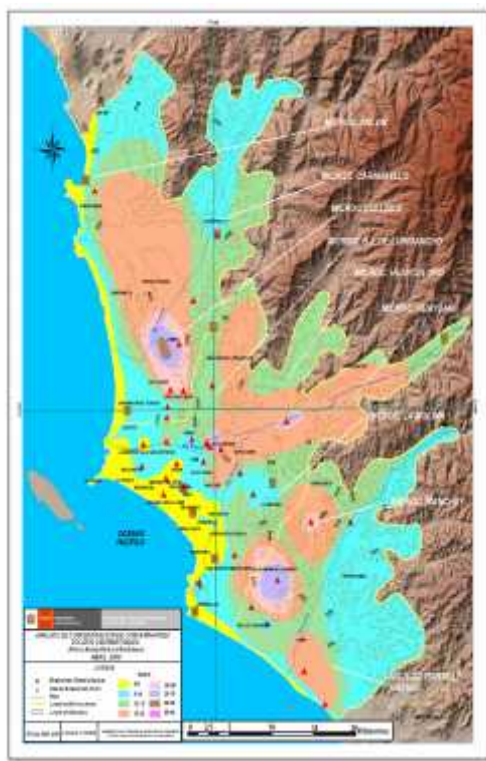
Mapa 8. Rosas de viento vespertinas



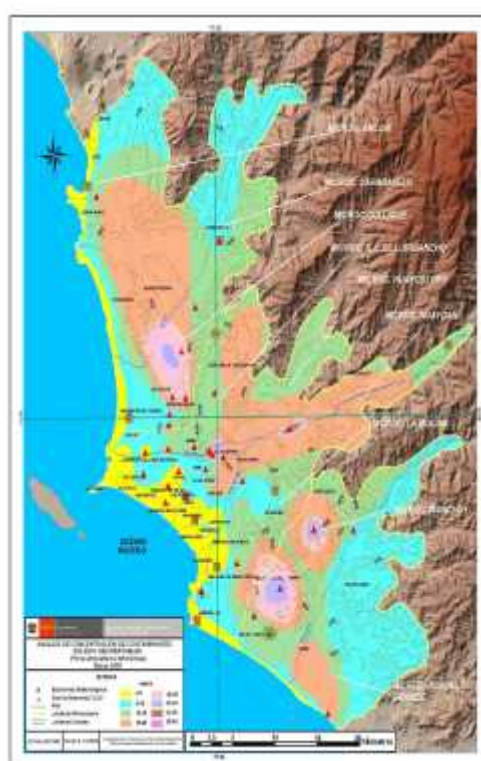
Mapa 9. Rosas de viento nocturnas

En cuanto al transporte de los contaminantes presentado en los Mapas 7, 8 y 9, se aprecia que los vientos predominantes son del W y SW en el transecto central desde el litoral costero hasta las microcuencas del Chillón y Rímac con intensidades en promedio de débiles a moderadas en todo el día; mientras que durante la noche los contaminantes son transportados por vientos moderados del S y SE; excepto en el extremo sur (estación Punta Lobos) y este (Lima Este), donde los vientos dominantes son moderados del W y NW, principalmente.

Durante el mes de mayo, las concentraciones promedio de Polvo Atmosférico Sedimentable – PAS- ($\Phi > 10$ micras) son similares a las del mes anterior como consecuencia del incremento de la nubosidad y la baja insolación, que desaceleran los procesos de turbulencia y por lo tanto los de suspensión y resuspensión del Polvo Atmosférico Sedimentable - PAS, configurando una zona crítica de alta concentración en Lima Centro-Este (distrito de Lurigancho) que superó a la guía OMS (5 t/km²/mes) en 6,4 veces; mientras que la media del mes se mantuvo 2,6 veces por encima de dicha guía como en el mes anterior. Ver **mapas 10 y 11 y cuadro 2**.



Mapa 10. Distribución espacial PAS – Abril 2009



Mapa 11. Distribución espacial PAS – Mayo 2009

**Cuadro 2: Concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS)
Abril y Mayo 2009 (t/km².mes)**

Conc t/km ² . mes	N° est ·	% de estaciones Sobrepasa nivel ref.	Núcleos principales (puntuales y promedios)				X t/km ² /mes	Guía OMS	Máx t/km ² /mes	Mín t/km ² /mes
			Lima Norte	Lima Centro-este	Lima Sur-este	Lima Sur				
Abril 2009	36	83	27.7 (Independen cia)	26.2 (El Agustino, El Cercado, Lurigancho)	20.7 (Pachaca mac)	22.6 (V.M.T.)	13.2	5	35.9 (P. Piedra)	2.3 (Pueblo Libre)
Mayo 2009	36	86	23.4 (Independen cia)	29.3 (El Agustino, El Cercado, Lurigancho)	24.9 (Pachaca mac)	23.5 (V.M.T.)	13.2	5	32.20 (Lurigancho)	3.2 (Pueblo Libre)

El material particulado PM₁₀ ($\Phi < 10$ micras) que se presenta como valores experimentales, registró su máxima concentración media de 108,7 ug/m³ (10:00 h) con una presión atmosférica media de 1019,1 mb y el segundo máximo de 59,7 ug/m³ (22:00 h) con una presión media de 1019,1 mb; entre ambos máximos, hacia las 17:00 horas se registró una mínima concentración de 42,6 ug/m³ por efecto de la turbulencia debido a las horas de mayor calentamiento que favorecieron en horas vespertinas los procesos de dispersión de las partículas transportadas desde el SW con frecuencia de 96,1 % y baja frecuencia de calmas en la estación Campo de Marte (J. María). Ver **figuras 3, 4 y 5**.

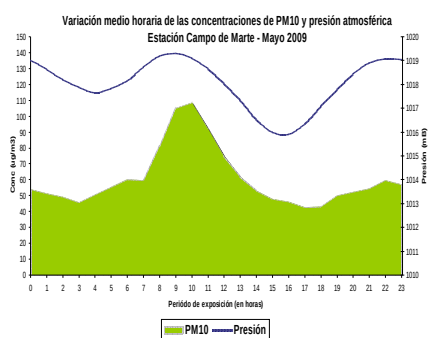


Fig. 3

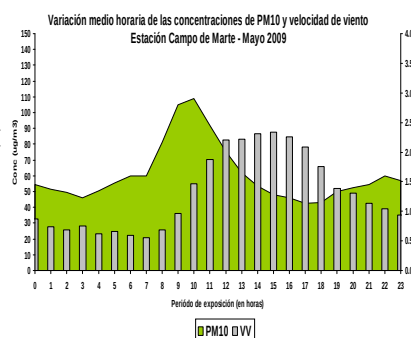


Fig. 4



Fig. 5.

El comportamiento medio horario de los contaminantes gaseosos (NO₂ y SO₂) muestra una relación directa con la presión atmosférica y la humedad relativa. De esta manera, las máximas concentraciones medias de NO₂ de 26,7 ppb (10:00 h) superiores y de SO₂ de 8,9 ppb (10:00 h) ligeramente superiores a las del mes anterior, ocurrieron, cuando ya la presión atmosférica (1019,3 mb) y la humedad relativa (93,2 %) habían alcanzado su primer máximo; mientras que los segundos máximos de NO₂ y SO₂, que fueron de 23,0 ppb y 6,3 ppb (ambos superiores a abril) a las 19:00 y 20:00 horas, respectivamente, ocurrieron cuando la presión (1018,4 mb) y humedad relativa (86,8 %) estuvieron camino a su segundo máximo. La temperatura del aire, inversa al comportamiento de la humedad, alcanzó un valor de 22,1° C a las 13:00 y 14:00 horas, horas en las que estuvieron en descenso las concentraciones de ambos gases, con mínimos de 16,5 ppb (14:00 h) y 4,1 ppb (17:00 h), respectivamente. Ver **figuras 6 y 7**.

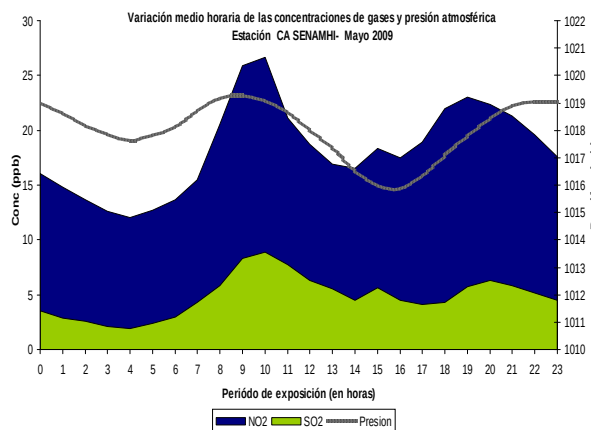


Fig.6

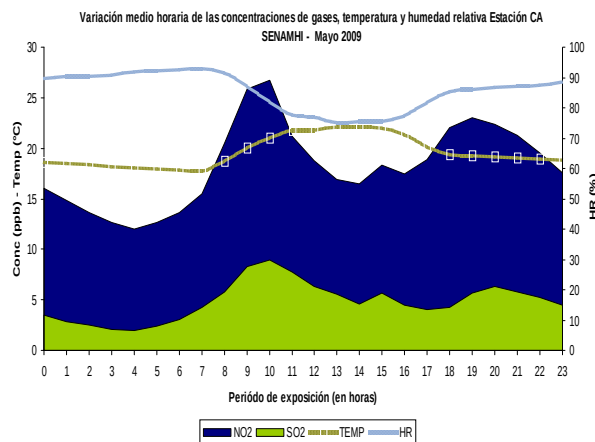


Fig. 7

El comportamiento de las concentraciones de los contaminantes gaseosos observado durante el mes de Mayo, de forma similar al mes de Abril, no superó los estándares de calidad del aire (D.S. N° 074-PCM-2001). La máxima concentración de NO₂ (75,3 ppb del 09.05.09 a las 10:00

h) correspondió al 72 % del ECA horario (**fig. 8**); las concentraciones de SO₂ (9,6 ppb del 28.05.09) correspondieron al 6,6 % del ECA diario (**fig. 9**); sin embargo, las concentraciones de PM₁₀ (162,6 ug/m³ del 15.05.09), superaron al ECA diario en 8.4 % (**fig. 10**). Las concentraciones máximas fueron alcanzadas en días laborables (L-S), principalmente, mientras que las mínimas se registraron en las primeras horas de la mañana o los días domingo.



Fig. 8

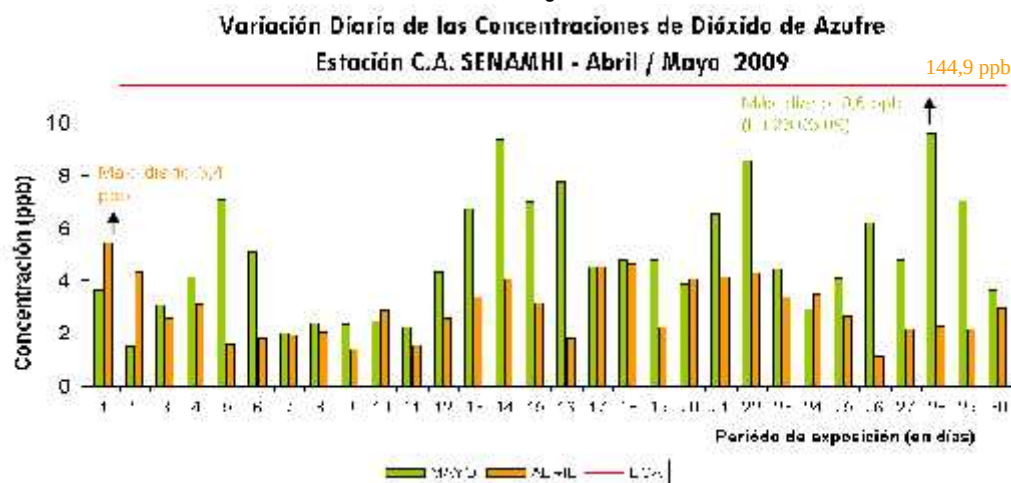


Fig. 9

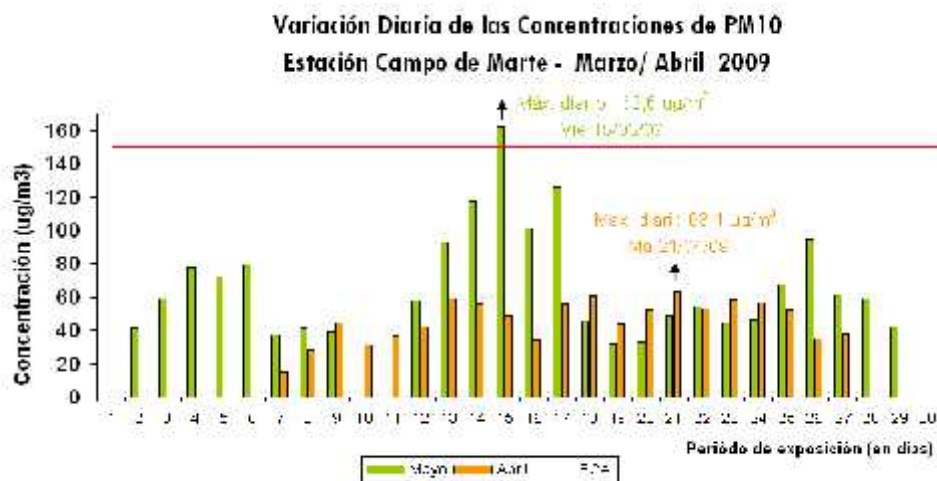


Fig10.

De acuerdo a los pronósticos climáticos para Lima y Callao para el mes de junio 2009, las temperaturas continuarán en descenso y las humedades se incrementarán dentro de su comportamiento normal climatológico. Bajo tales condiciones, para el caso del Polvo Atmosférico Sedimentable, se espera que sus concentraciones se presenten dentro de su variabilidad normal (ver **Cuadro 3**) disminuyendo ligeramente; en cuanto a los contaminantes PM₁₀ y gases NO₂ y SO₂, éstos se mantendrán con niveles similares o se irán incrementando ligeramente respecto al mes de mayo, debido a la disminución de los procesos de turbulencia, por la gradual intensificación del fenómeno de la inversión térmica, afloramiento marino, mayor nubosidad estratiforme y menor insolación.

PERSPECTIVAS: INTERVALO

**Cuadro 3: Perspectiva de concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS)
Junio 2009 (t/km².mes)**

ZONA	INTERVALO DE CONFIANZA
LIMA NORTE	20.7 – 25.4
LIMA CENTRO	6.0 – 7.9
LIMA ESTE	20.8 – 26.0
LIMA OESTE	4.8 – 6.7
LIMA SUR	22.2 – 27.2

Conclusiones:

- Las condiciones atmosféricas y oceánicas que determinaron el comportamiento climático durante el mes de mayo en la costa central de Perú muestra el Anticiclón del Pacífico Suroriental con valores medios de su núcleo de 1020 mb, anomalías de + 1 mb en latitudes tropicales a +6 (suroeste) y -11hPa (sur) en altas latitudes, anomalías de TSM oscilando de 0 a 2° C, altura media de la base de Inversión Térmica de 399 m.s.n.m, gradiente de 1° C/100 m e incremento de la nubosidad estratiforme.
- El transporte de los contaminantes es predominantemente desde el W y SW en el transecto central desde el litoral costero hasta las microcuencas del Chillón y Rímac con intensidades en promedio de débiles a moderadas en todo el día; mientras que en el extremo sur (estación Punta Lobos) y este (Lima Este), los contaminantes son transportados por vientos moderados del W y NW, principalmente.
- Las concentraciones de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) fueron en promedio de 13,2 t/km²/mes, similares a las del mes de abril en todos los núcleos de las zonas críticas, pero superiores en Lima-Centro Este. La media superó a la guía OMS en 2,6 veces.

- El comportamiento de las concentraciones de los contaminantes del aire en el ciclo diario mostraron una relación directa con la presión atmosférica y humedad relativa, alcanzando los máximos de 108,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (10:00 h), 26,7 ppb (10:00 h) y 8,9 ppb (10:00 h) para PM10 (valores experimentales), NO₂ y SO₂, respectivamente coincidiendo con el primer máximo de presión atmosférica de 1019,3 mb y humedad relativa de 93,2 %, e inversa con la temperatura del aire y la intensidad del viento cuyas máximas medias de 22,1° C (13:00 y 14:00 h) y de 2,5 m/s (15:00 h) correspondieron al período de disminución de las concentraciones de los contaminantes.
- Las concentraciones registradas de los gases contaminantes para el mes de mayo no superaron los estándares de calidad del aire, correspondiendo al 72 % de ECA horario para NO₂ y 6,6 % al ECA diario de SO₂; en cambio el contaminante PM10 superó a su correspondiente ECA diario en 8,4 %.
- En relación a los pronósticos climáticos para la Zona Metropolitana de Lima –Callao para el mes de junio 2009, se estima que las concentraciones del Polvo atmosférico sedimentable disminuyan ligeramente dentro de su variabilidad normal, y el PM10 y gases SO₂ y NO₂ evaluados se mantengan similares o incrementen ligeramente, con respecto a lo evaluado en mayo.



DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y ASUNTOS AMBIENTALES

BOLETÍN MENSUAL
Año 10 N° 05, Mayo 2009

**PRONOSTICO MENSUAL DE LA CALIDAD DEL AIRE
EN LA ZONA METROPOLITANA DE LIMA-CALLAO Y
ZONAS DE ATENCIÓN PRIORITARIA**



**ELABORACIÓN: JOSE SILVA COTRINA
 ROSALINDA AGUIRRE ALMEYDA
 CINTHIA ARELLANO ROJAS**

Mayo 2009

LIMA, PERU