

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

Ing. José Silva Cotrina
Tco. Rosalinda Aguirre Almeyda
Bach. Cinthia Arellano Rojas
Bach. Ángel Vara Vela

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 meteorológica de superficie 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 junio mostraron que las intensidades del Anticiclón del Pacífico suroriental variaron entre 1005 hPa el día 18 a 1035 hPa el día 10; media de 1022.5 hPa y anomalías entre -2.5 y +2.5 hPa en latitudes tropicales a -30 y +30 en el extremo sur, y de -40 a +15 en el extremo suroeste de las altas latitudes; las anomalías de TSM mostraron una persistente oscilación entre 0 a 1.5° C en latitudes tropicales a 0° C en altas latitudes australes, lo que ocasionó que los vientos a lo largo de la costa peruana presenten un comportamiento variable entre débiles a fuertes, excepto los primeros y últimos días del mes en que fueron de débiles a moderados; el afloramiento marino estuvo muy activo e intenso los días de vientos fuertes, la inversión térmica de moderada a muy intensa con altura promedio de la base de 975 m.s.n.m, superior a la del mes anterior, espesor de 400 m y un gradiente medio de 2,9° C/100 m (ver **figura 1** y **cuadro N°1**), y la nubosidad estratiforme baja (base < 500 m.s.n.m.) presente en todos los días del mes (ver **figura 2**), limitando el ingreso de la radiación solar, que ocasionó que la temperatura del aire continúe en descenso, alcanzando sus valores extremos medios de 19,2° C el 01 de julio (día más cálido); 15,5° C el día 31 de julio (día más frío); y en cuanto a la humedad relativa, el día más seco con 80 %) fue el 07 de julio y los días 28 y 29 de julio los más húmedos con 94 %.

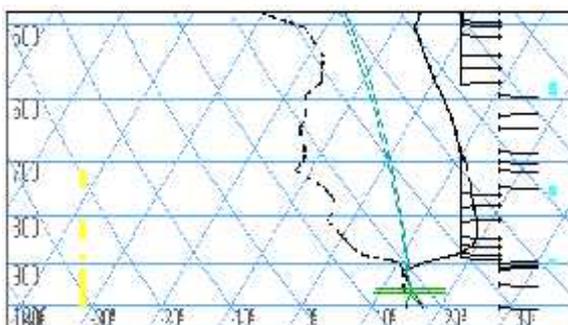


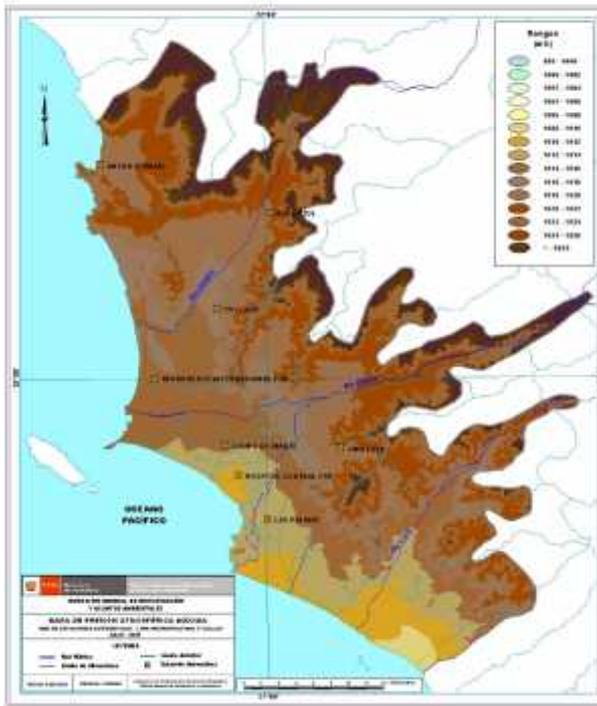
Fig. 1. Base de la I.T. 07:00 hora local - Julio 2009 - Estación Las Palmas (Surco)



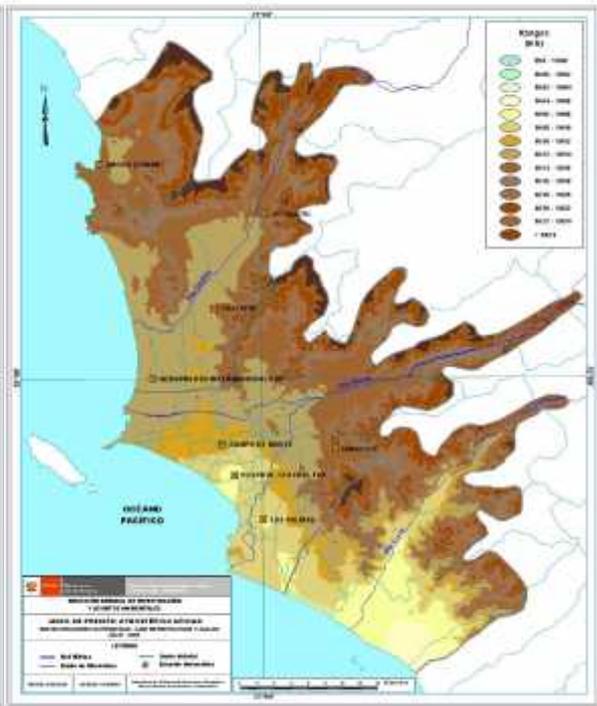
Fig.2. Nubosidad media horaria. Estación A.I. Jorge Chávez - Julio 2009

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

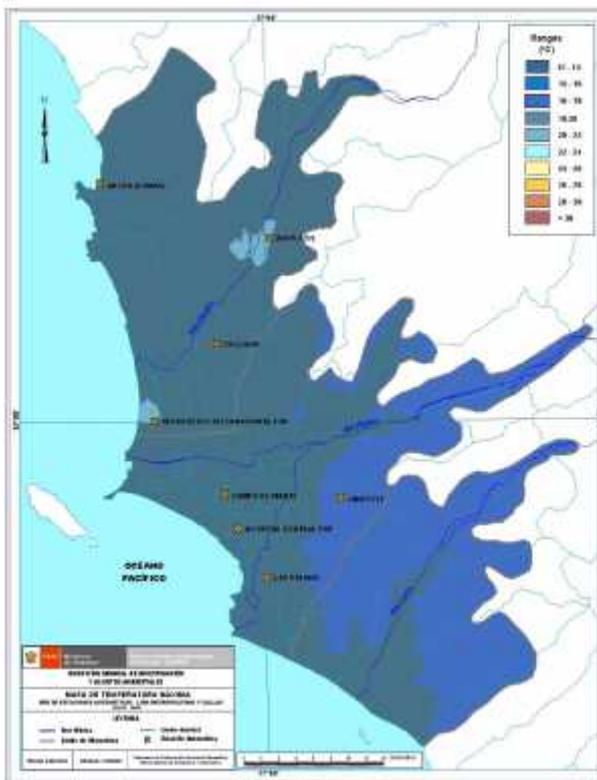
PARÁMETRO	UNIDAD	MÁXIMO		MÍNIMO		PROMEDIO
Espesor	metro	763	27 julio	106	04 jul	400.0
Altura Base	metro	1209	03 julio	718	27 jul	975.0
Altura Tope	metro	1822	01 julio	1053	08 jul	1375.0
T Base	° C	12,8	17 julio	9,2	22 jul	10,9
T Tope	° C	24,4	29 julio	16,4	15 jul	20,2
Gradiente	°C/ 100metro	7,4	04 julio	1,1	01 jul	2,9
H.R. Base	%	100	1,3,8,10,11,15,17,20,24,25,27,29,31	95	02,07 jul	99
H.R. Tope	%	79	27 Julio	4	31 jul	29



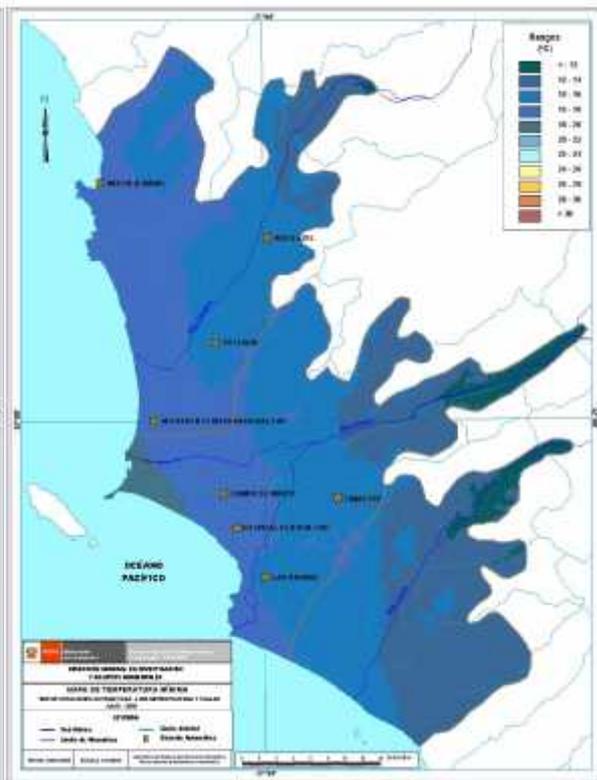
Mapa 1. Presión máxima - Red Lima y Callao



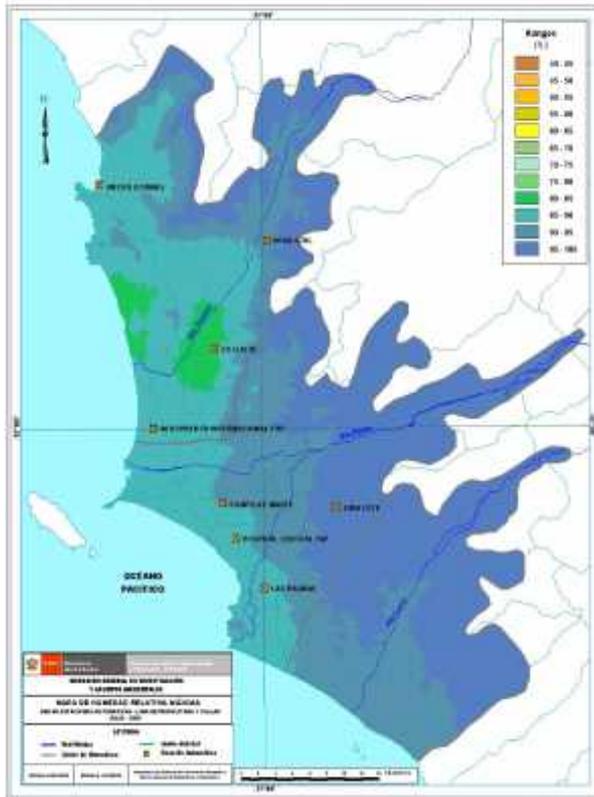
Mapa 2.H. Presión mínima – Red Lima y Callao



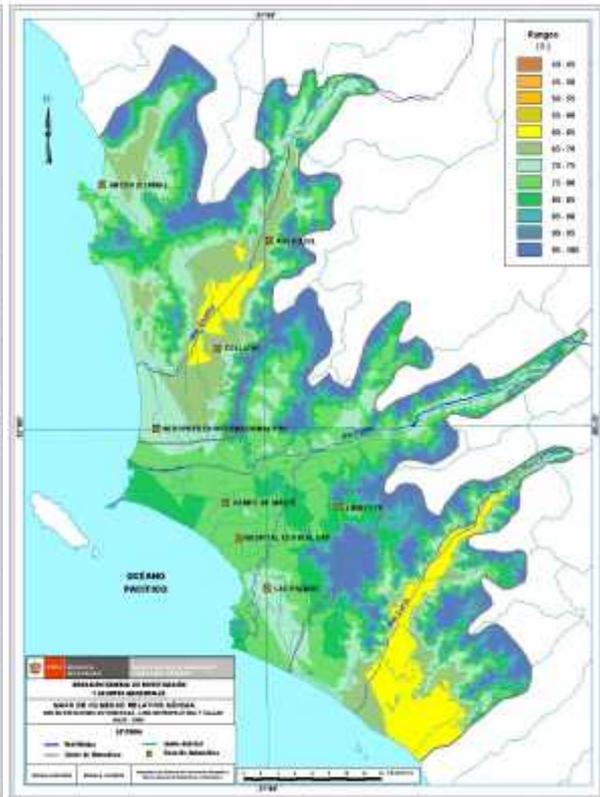
Mapa 3. Temperatura máxima - Red Lima y Callao



Mapa 4. Temperatura mínima – Red Lima y Callao



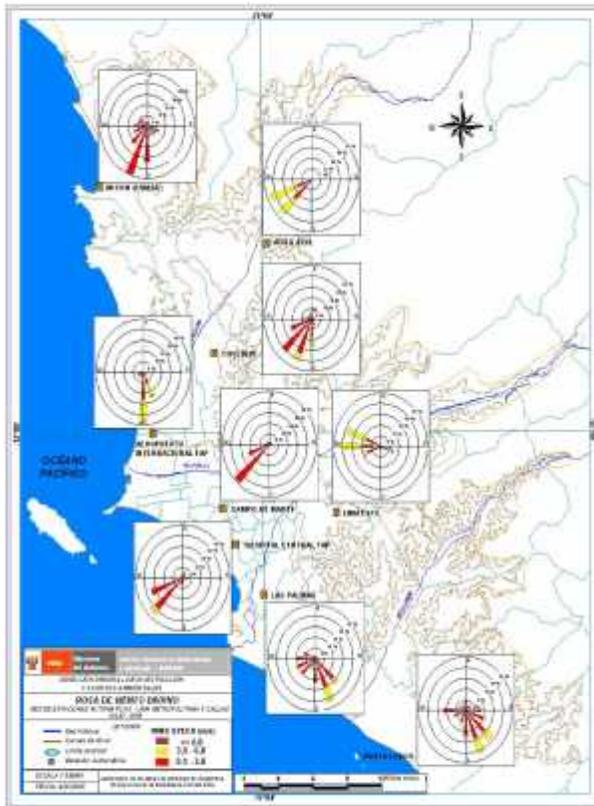
Mapa 5. H. Relativa máxima - Red Lima y Callao



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 1020 - 1022 mb y 1014 – 1016 mb, respectivamente en Lima norte, y 1010-1012 y 1006-1008 mb, respectivamente en Lima sur a 1024-1026 mb y 1022-1024 mb, respectivamente en los distritos del este hacia las márgenes de dicha cuenca, donde la contaminación del aire se incrementa debido a que la base de la inversión térmica que está alcanzando su mayor altitud (975 msnm), toca o está muy próxima a superficie.

Respecto a las temperaturas (**Mapas 3 y 4**), se observa el efecto termorregulador del mar; así, los mayores valores tanto de la temperatura máxima (20-22° C), como de la mínima (16-18° C) se registraron en los distritos costeros, desde donde en dirección este, disminuye por efecto de continentalidad al registrar la temperatura máxima valores de 16-18° C y la mínima 12-14° C, en los distritos del este. En cuanto a las humedades relativas (**Mapas 5 y 6**), los menores valores de la máxima (85-90 %) y la mínima (70-75 %) se registraron en los distritos costeros aumentando hacia los distritos del este a (95-100 %) la máxima y (90-95 %) la mínima, respectivamente.



Mapa 7. Rosas de viento diurnas



Mapa 8. Rosas de viento vespertinas



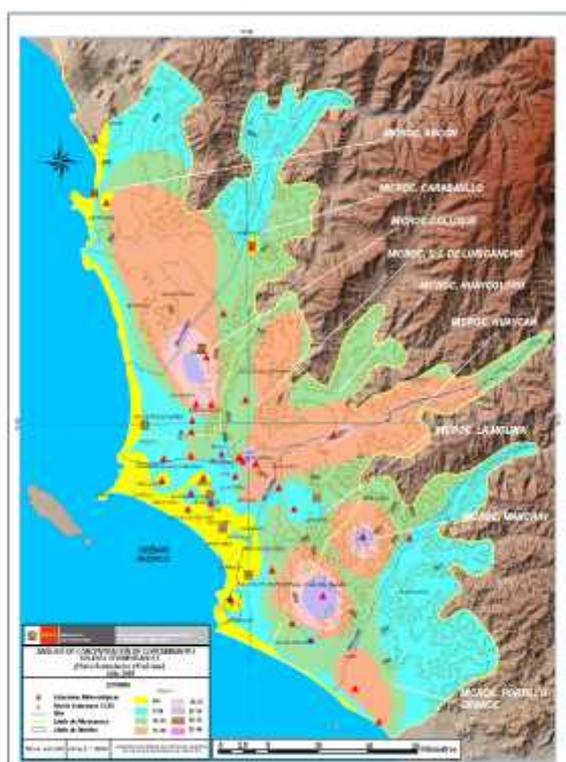
Mapa 9. Rosas de viento nocturnas

En cuanto al transporte de los contaminantes presentado en los Mapas 7, 8 y 9, se aprecia que los vientos predominantes son del SW, S y SE desde el litoral costero hasta las microcuencas del Chillón, Rímac y Lurín con intensidades en promedio mayormente débiles en horas de la mañana; de moderas a fuertes durante el día hasta horas de tarde; mientras que durante la noche los contaminantes vuelven a ser transportados por vientos de débiles a moderados del SW, S y SE; excepto en La Molina (estación Lima Este), donde los vientos dominantes son moderados de dirección W y NW, principalmente, durante el día y del este durante la noche.

Durante el mes de julio, las concentraciones promedio de Polvo Atmosférico Sedimentable – PAS- (> 10 micras) son ligeramente mayores a las del mes anterior como consecuencia del comportamiento variable del Anticiclón del Pacífico sur oriental y los vientos que dinamizaron los procesos de turbulencia y por lo tanto de suspensión y resuspensión del Polvo Atmosférico Sedimentable - PAS, configurando zonas críticas de alta concentración en Lima Norte, Lima Centro-Este, Lima Suroeste y Lima-Sur que superaron a la guía OMS (5 t/km²/mes) entre 4.3 y 5.0 veces; la media del mes se incrementó a 2,4 veces por encima de dicha guía; el mes anterior fue de 2,3. Ver **mapas 10 y 11 y cuadro 2.**



Mapa 10. Distribución espacial PAS – Junio 2009



Mapa 11. Distribución espacial PAS – Julio 2009

Cuadro 2: Concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) Junio y Julio 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				
Junio 2009	36	86	21.6 (Independencia)	29.9 (El Agustino, El Cercado, Lurigancho)	21.6 (Pachacamac)	23.7 (V.M.T.)	11.7	5	31.2 (El Agustino)	2.7 (Jesús María)
Julio 2009	37	81	21.3 (Independencia)	24.9 (El Agustino, El Cercado, Lurigancho)	21.1 (Pachacamac)	23.4 (V.M.T.)	12.0	5	30.2 (Lurigancho)	3.6 (Jesús María)

El material particulado PM10 (< 10 micras), dentro del ciclo diario, registró su máxima concentración media horaria de 40,3 ug/m³ (16:00 h) con una presión atmosférica media mínima de 1013,8 mb y el segundo máximo de 44,6 ug/m³ (23:00 h) con una presión media máxima de 1017 mb; entre ambos máximos, hacia las 18:00 horas se registró una mínima concentración de 40,0 ug/m³ por efecto de los vientos que ya a las 15 horas habían alcanzado su máximo y favorecieron en horas vespertinas y diurnas los procesos de dispersión de las partículas transportadas desde el SW con frecuencia de 88,4 y 13,8 %, respectivamente y baja frecuencia de calmas en la estación Campo de Marte (J. María), cuando ya la presión había alcanzado su mínimo. Ver **figuras 3, 4 y 5**.

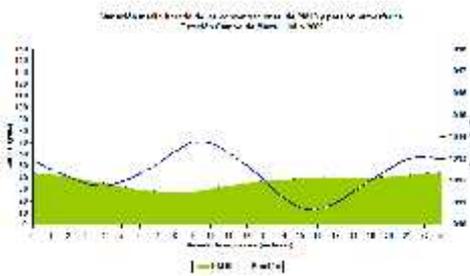


Fig. 3



Fig. 4

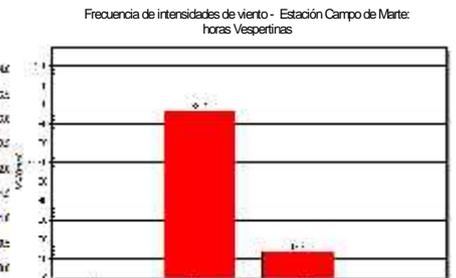


Fig. 5.

El comportamiento medio horario del contaminante gaseoso SO₂ muestra una relación directa con la presión atmosférica y la humedad relativa. De esta manera, las máximas concentraciones medias de SO₂ de 3,1 ppb (10:00 h), inferiores a las del mes anterior, ocurrieron cuando ya la presión atmosférica (1013,7 mb) y la humedad relativa (89 %) habían alcanzado su primer máximo; mientras el segundo máximo de las concentraciones de SO₂ que fueron de 3,8 ppb (20:00 h) similares a las del mes anterior, ocurrieron cuando la presión (1013,0 mb) y humedad relativa (88 %) estuvieron camino a su segundo máximo que lo alcanzaron a las 22 y 23 horas, respectivamente. La temperatura del aire, inversa al comportamiento de la humedad, alcanzó un valor de 19,4° C a las 13:00, coincidiendo con el descenso de las concentraciones del gas contaminante SO₂, con mínimo de 2,5 ppb (a las 14:00; 15:00; y 16:00 h). Ver **figuras 6 y 7**.

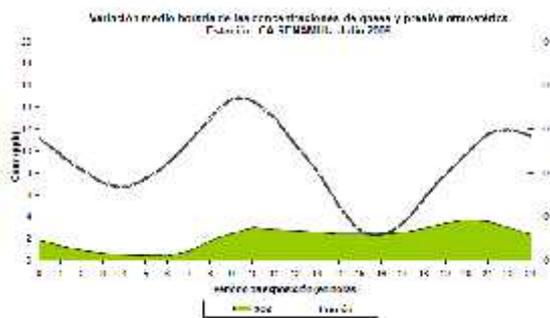


Fig.6

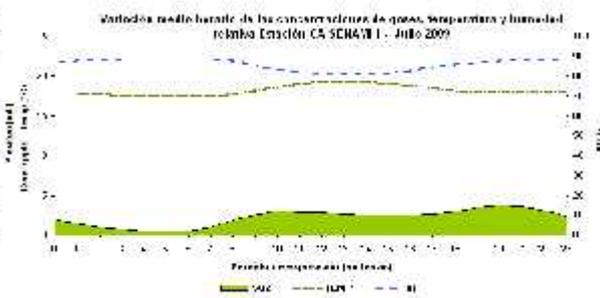


Fig. 7

El comportamiento de las concentraciones del contaminante gaseoso SO₂ observado durante el mes de julio, de forma similar a lo observado en el mes de junio, no superó los estándares de calidad del aire (D.S. N° 074-PCM-2001). La máxima concentración de SO₂ (10,9 ppb del 01.07.09 a las 12:00 h) correspondió al 7,6 % del ECA diario (**fig. 8**); asimismo, las concentraciones de PM10 (72,6 ug/m³ del 02.07.09 a las 15:00 h), correspondió al 48,1 % del ECA diario (**fig. 09**). 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.

Variación Diaria de las Concentraciones de Dióxido de Azufre
Estación C.A. SENAMHI - Junio / Julio 2009

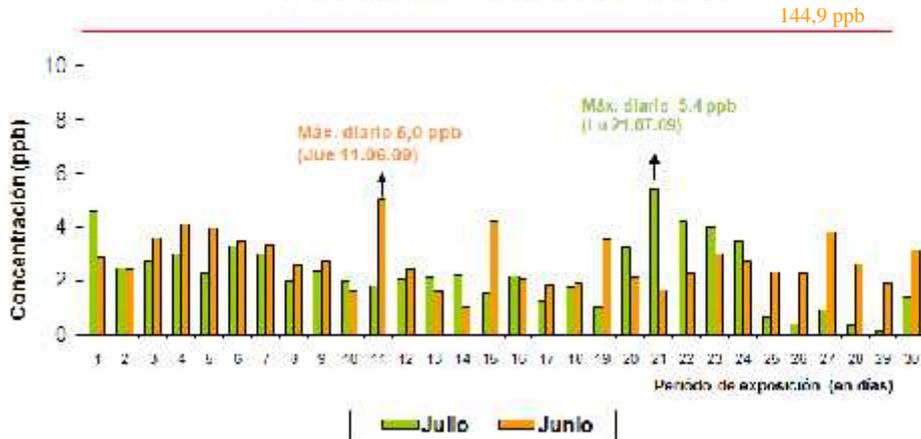


Fig. 8

Variación Diaria de las Concentraciones de PM10
Estación Campo de Marte - Junio / Julio 2009

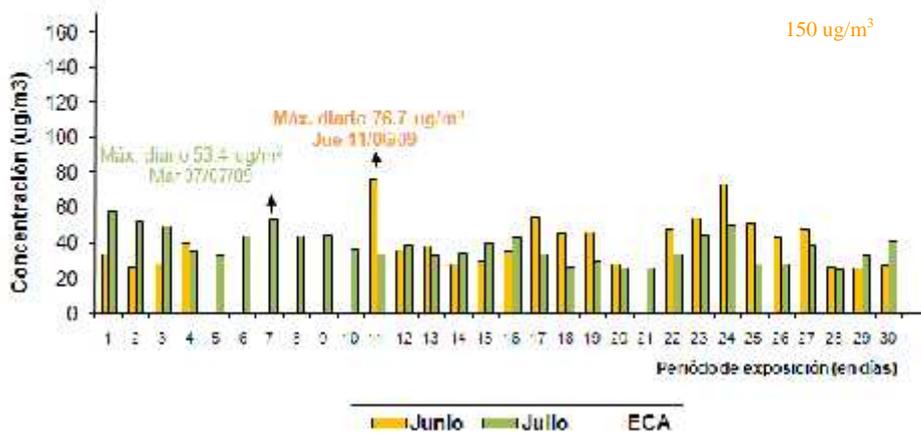


Fig. 9

De acuerdo a los pronósticos climáticos para Lima y Callao para el mes de agosto 2009, las temperaturas continuarán en descenso y las humedades se incrementarán ligeramente por encima y debajo de su comportamiento normal climatológico, respectivamente. 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**) manteniéndose similares o incrementándose ligeramente; en cuanto a los contaminantes PM10 y gas SO₂, éstos se mantendrán con niveles similares o se incrementarán ligeramente respecto al mes de julio, debido al comportamiento variable de los procesos de turbulencia, por el comportamiento variable del Anticiclón del Pacífico sur oriental; 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)
Agosto 2009 (t/km².mes)**

ZONA	INTERVALO DE CONFIANZA
LIMA NORTE	18.0 – 21.0
LIMA CENTRO	4.9 – 6.5
LIMA ESTE	16.2 – 19.8
LIMA OESTE	3.8 – 5.1
LIMA SUR	18.9 – 23.0

Conclusiones:

- Las condiciones atmosféricas y oceánicas que determinaron el comportamiento climático durante el mes de julio en la costa central de Perú muestra el Anticiclón del Pacífico Suroriental con valores medios de su núcleo de 1022,5 mb, anomalías entre -2,5 y + 2,5 mb en latitudes tropicales a -40 y +15 mb en el extremo suroeste, y -30 y +30 en las altas latitudes australes; anomalías de TSM oscilando de 0 a 1,5° C, altura media de la base de Inversión Térmica de 975 m.s.n.m, gradiente de 2,9°C/100 m e incremento de la nubosidad estratiforme.
- El transporte de los contaminantes es predominantemente desde el SW, S y SE desde el litoral costero hasta las microcuencas del Chillón, Rímac y Lurín con intensidades débiles en las mañanas y noches, y moderados a fuertes durante el día hasta horas de tarde; mientras que en el este (Lima Este) en La Molina, los contaminantes son transportados por vientos moderados del W en el día y del este en la noche.
- Las concentraciones de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) fueron en promedio de 12,0 t/km²/mes, ligeramente superiores a la media del mes de junio; pese a que, en los núcleos de las 4 zonas críticas Lima-Norte, Lima Centro-Este, Lima-Sureste, y Lima-Sur fueron inferiores a las del mes anterior. La media superó a la guía OMS en 2,4 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 medio horarios de 40,3 ug/m³ (16:00 h) y 3,1 ppb (10:00 h) para PM10 (valores experimentales) y SO₂, respectivamente. La presión atmosférica alcanzó su primer máximo de 1016,2 mb a las 11:00h, y humedad relativa de 89 %, e inversa con la temperatura del aire y la intensidad del viento cuyas máximas medias de 19,4° C (13:00 h) y de 2,2 m/s (16:00 h) correspondieron al período de disminución de las concentraciones de los contaminantes.
- Las concentraciones registradas del gas contaminante SO₂ para el mes de julio no superaron los estándares de calidad del aire, correspondiendo al 7,6 % del ECA diario de SO₂; en cambio el contaminante PM10 (72,6 ug/m³) correspondió al 48,1 % del ECA diario.

- En la Zona Metropolitana de Lima–Callao y relacionado a los pronósticos climáticos para la Costa Central de Perú, se estima que durante el mes de agosto 2009, las concentraciones del Polvo Atmosférico Sedimentable se mantengan similares al mes anterior o ligeramente se incrementen dentro de su variabilidad normal, y el PM10 y gas SO₂ evaluados se mantengan similares o también se incrementen ligeramente, con respecto a lo evaluado en julio.

- . -