

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

Ing. José Silva Cotrina
Tco. Rosalinda Aguirre Almeyda
Bach. 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 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 agosto mostraron que las intensidades del Anticiclón del Pacífico suroriental variaron entre 1015 hPa los días 28 al 30 a 1030 hPa los días 7 al 9; media de 1020 hPa y anomalías entre -2.5 y +2.5 hPa en latitudes tropicales a -30 y +30 en altas latitudes; las anomalías de TSM entre 0 a 1.5° C en latitudes tropicales a 0° C en altas latitudes, lo que ocasionó que los vientos a lo largo de la costa peruana presenten un comportamiento variable entre fuertes en la primera quincena a moderados y débiles en la segunda; el afloramiento marino muy activo a inicios de mes, bajando su intensidad en la segunda quincena, la inversión térmica aún más intensa, ha iniciado su debilitamiento en la segunda quincena con altura promedio de la base de 840 m.s.n.m, inferior al mes anterior, espesor de 411 m y un gradiente medio de 2,8° C/100 m (ver **figura 1** y **cuadro N°1**), y la nubosidad estratiforme baja (base < 500 m.s.n.m.) aunque todavía presente en todos los días del mes (ver **figura 2**), está permitiendo cada vez más el ingreso de la radiación solar, ocasionando que la temperatura del aire habiéndose estabilizado en sus valores mínimos, inicie su gradual incremento, alcanzando sus valores extremos medios de 15,1° C el 20 de agosto (día más frío); 16,9° C el 31 de agosto (día más cálido); y en cuanto a la humedad relativa, el 14 y 15 de agosto fueron los días más húmedos (94 %) y el día 31 de agosto como el más seco (84 %).

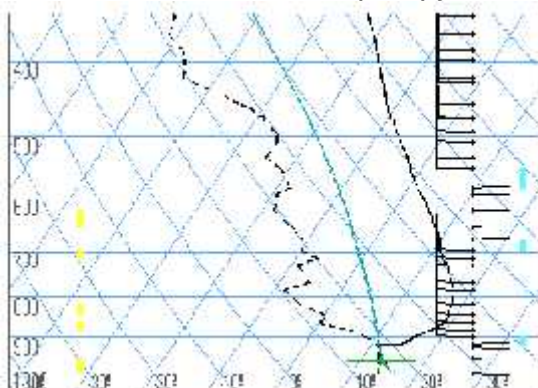


Fig. 1. Base de la I.T. 07:00 hora local – Agosto 2009 - Estación Las Palmas (Surco)

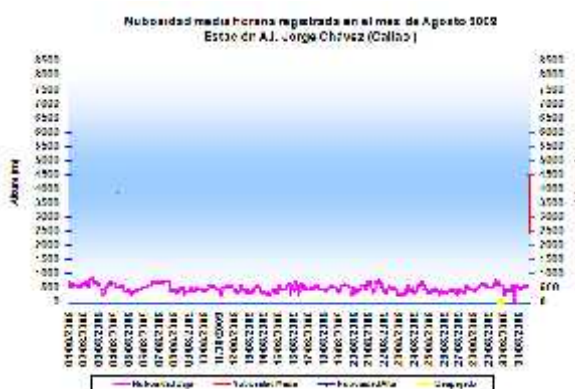
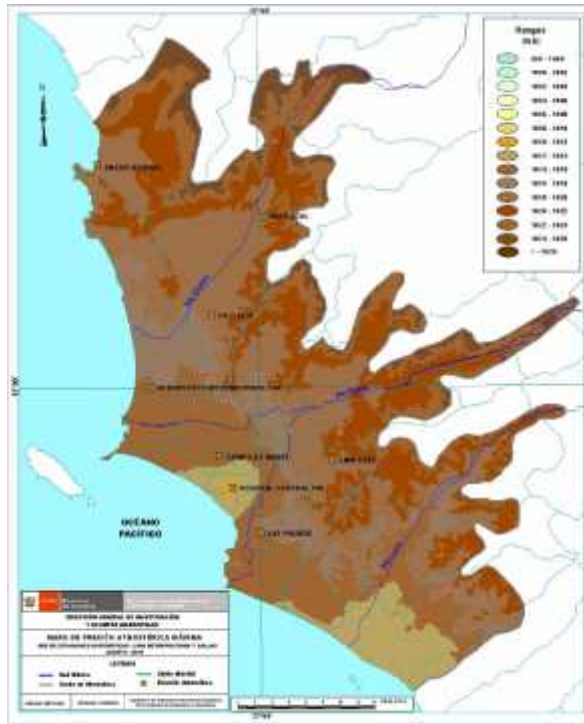


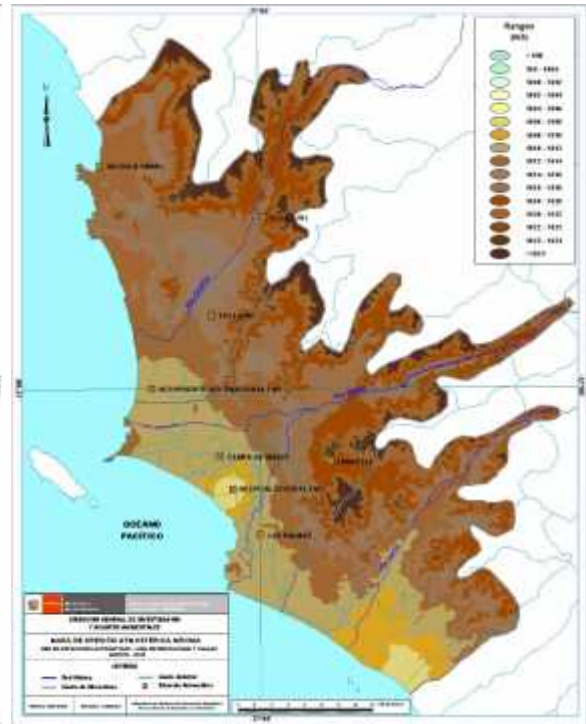
Fig.2. Nubosidad medio horaria. Estación A.I. Jorge Chávez – Agosto 2009

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

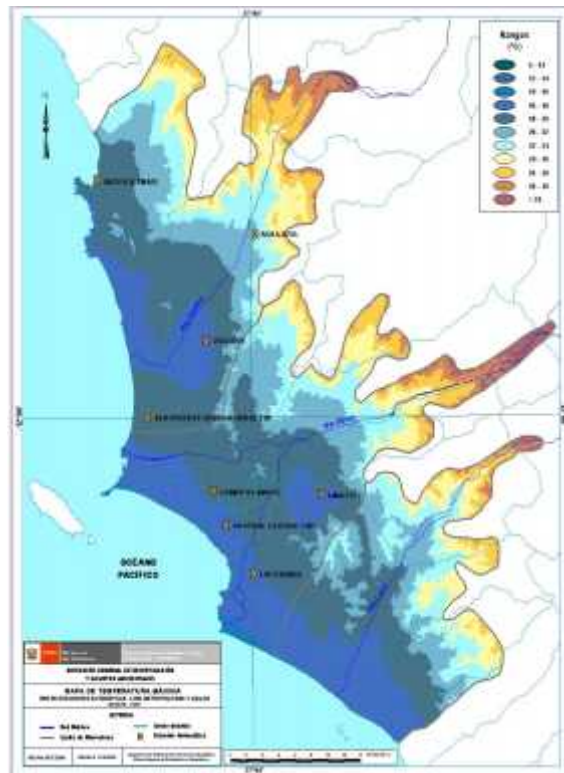
PARÁMETRO	UNIDAD	MÁXIMO		MÍNIMO		PROMEDIO
Espesor	metro	668	17/Agosto	106	04/Agosto	411
Altura Base	metro	1072	07/Agosto	615	27/Agosto	840
Altura Tope	metro	1616	03/Agosto	855	27/Agosto	1251
T Base	° C	12.2	12/Agosto	9.6	21/Agosto	10.7
T Tope	° C	22.2	05/Agosto	15	07/Agosto	19.8
Gradiente	°C/ 100metro	7.4	04/Agosto	1.1	17/Agosto	2.8
H.R. Base	%	100	01,03,05,07,08,10,12,14,15,17	99	04,19,23,24,25	99.7
H.R. Tope	%	80	22/Agosto	11	10/Agosto	34.4



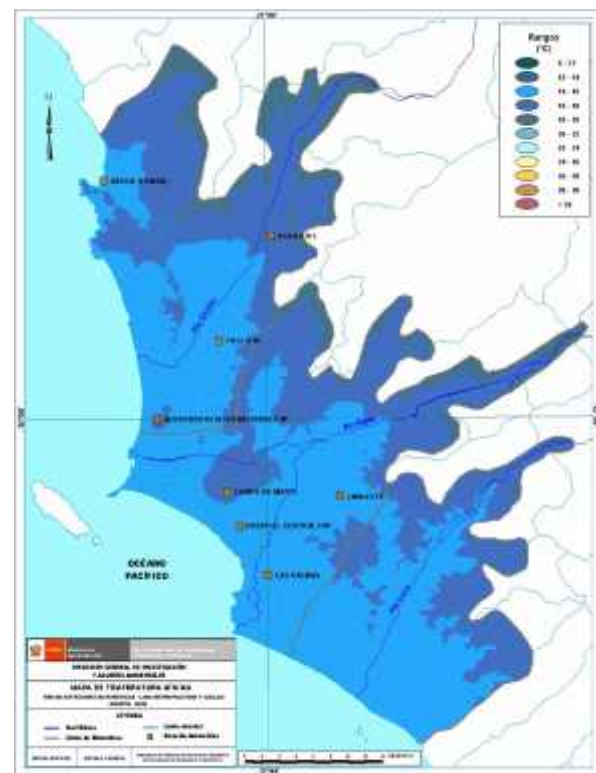
Mapa 1. Presión máxima - Red Lima y Callao



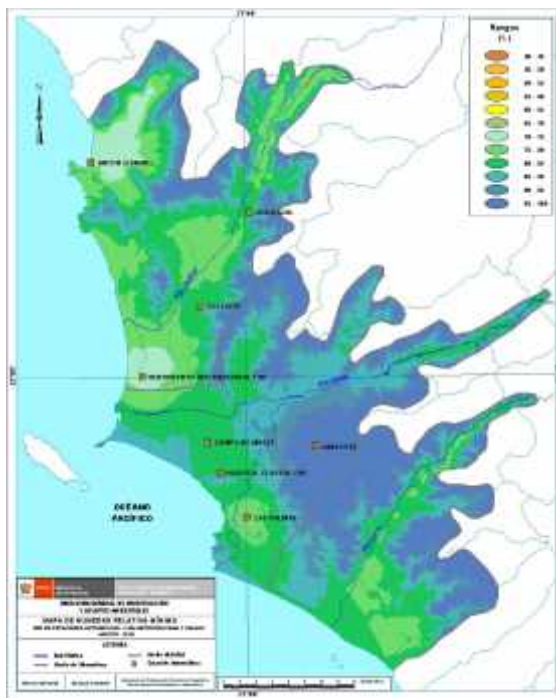
Mapa 2.H. Presión mínima – Red Lima y Callao



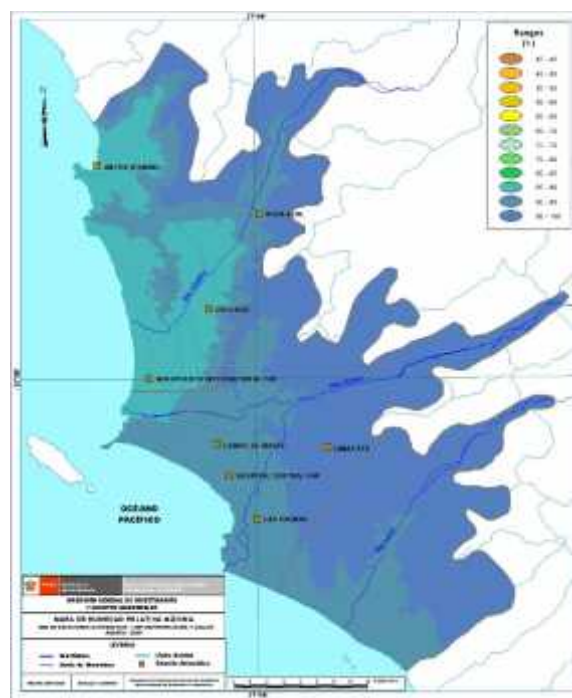
Mapa 3. Temperatura máxima - Red Lima y Callao



Mapa 4. Temperatura mínima – Red Lima y



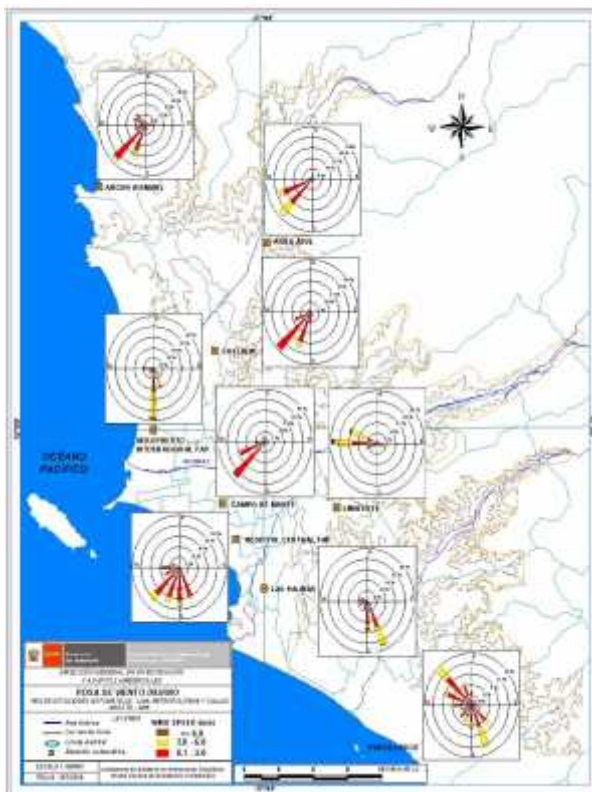
Mapa 5. H. Relativa máxima - Red Lima y Callao



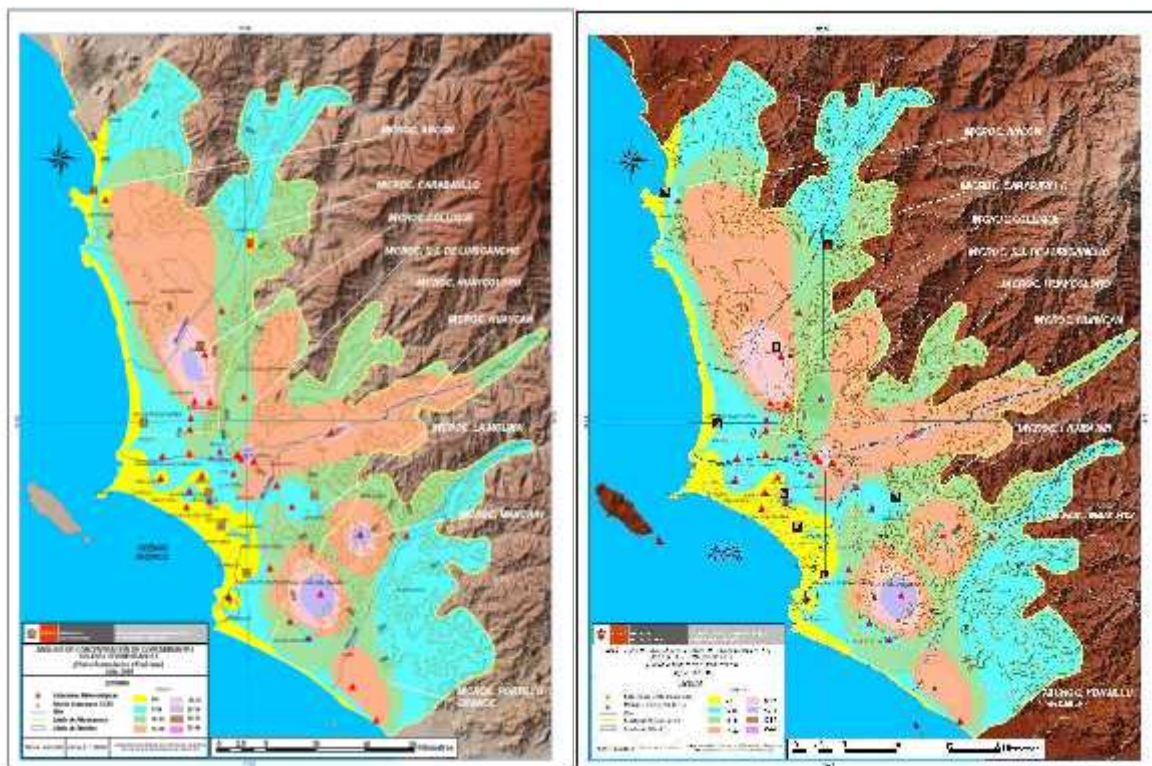
Mapa 6. H. Relativa mínima - Red Lima y Callao

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 1016 - 1018 mb y 1006 - 1016 mb, respectivamente en los distritos costeros a 1024-1026 mb y 1016-1020 mb, respectivamente en los distritos del este hacia las márgenes de dicha cuenca, hacia donde la contaminación del aire se incrementa, poniendo en mayor riesgo a la salud de la población de esta parte de la ciudad capital.

Respecto a las temperaturas (**Mapas 3 y 4**), se observa el enorme efecto termorregulador del mar; así, los menores valores de la temperatura máxima (17-19° C) y los mayores valores de la mínima (14-18° C) se registraron en los distritos costeros, desde donde en dirección este, se incrementa el efecto de continentalidad al registrar la temperatura máxima valores de 19-21° C y la mínima 13-15° C, en los distritos del este, dando la mayor oscilación térmica. En cuanto a las humedades relativas (**Mapas 5 y 6**), los menores valores de la máxima (90-99 %) y la mínima (76-88 %) se registraron en los distritos costeros aumentando hacia los distritos del este a (98-100 %) la máxima y (81-91 %) la mínima, respectivamente.



Durante el mes de agosto, las concentraciones promedio de Polvo Atmosférico Sedimentable – PAS- ($\Phi > 10$ micras) son similares a las del mes anterior como consecuencia de la aún intensa inversión térmica, nubosidad y la baja insolación, que controlan los procesos de turbulencia y por lo tanto de suspensión y resuspensión del Polvo Atmosférico Sedimentable - PAS, configurando una zona crítica de alta concentración en Lima Sur (Villa María del Triunfo) que superó a la guía OMS (5 t/km²/mes) en 5.5 veces; la media, similar al mes anterior permaneció en 2,4 veces por encima de dicha guía. Ver **mapas 10 y 11 y cuadro 2**.



Mapa 10. Distribución espacial PAS – Julio 2009

Mapa 11. Distribución espacial PAS – Agosto 2009

**Cuadro 2: Concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS)
Julio y Agosto 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				
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	30.18 (Lurigancho)	3.61 (Jesús María)
Agosto 2009	37	84	19.5 (Independencia)	19.6 (El Agustino, El Cercado, Lurigancho)	19.6 (Pachacamac)	27.3 (V.M.T.)	12.0	5	30.4 (Lurigancho)	2.2 (Breña)

El material particulado PM10 ($\Phi < 10$ micras), dentro del ciclo diario, registró su primera máxima concentración media horaria de 43,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (06:00 h) cuando la presión atmosférica estuvo en ascenso a su máxima media de 1013,9 mb (9:00 y 10:00 h) y el segundo máximo de 50,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (18:00 h) con una presión media máxima de 1013,1 mb (22:00 y 23:00 h); entre ambos máximos, a las 12:00 h se registró la concentración mínima de 38,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ indicando poca turbulencia en horas vespertinas y por lo tanto baja dispersión de las partículas transportadas desde el SW por vientos débiles con frecuencia de 100 % y baja frecuencia de calmas en la estación Campo de Marte (J. María), cuando la presión estaba camino a su mínimo de 1010,5 mb (16:00 h). Ver **figuras 3, 4 y 5**.

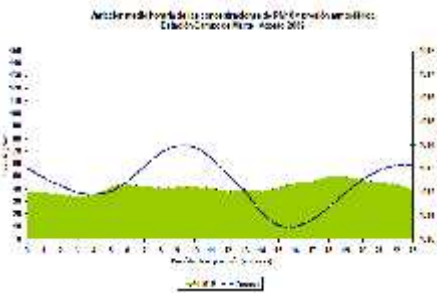


Fig. 3

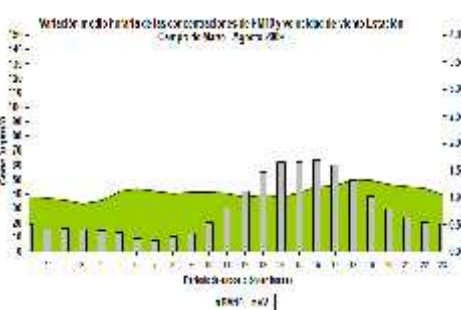


Fig. 4

Frecuencia de intensidades de viento - Estación Campo de Marte: horas Vespertinas

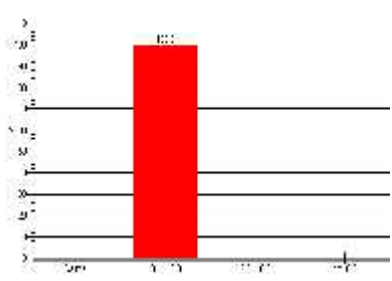


Fig. 5.

El comportamiento medio horario del contaminante gaseoso SO_2 muestra una relación directa con la presión atmosférica y la humedad relativa. De esta manera, las máximas concentraciones medias de SO_2 de 2,2 ppb (11:00 y 12:00 h), inferiores a las del mes anterior, ocurrieron cuando ya la presión atmosférica (1014 mb) y la humedad relativa (91,1 %) habían alcanzado su primer máximo a las 9:00 y 7:00 h, respectivamente; mientras el segundo máximo de las concentraciones de SO_2 que fueron de 2,0 ppb (21:00 h) menores a las del mes anterior, ocurrieron cuando la presión (1013,2 mb) y humedad relativa (87,5 %) estuvieron camino a su segundo máximo (23 h). La temperatura del aire, inversa al comportamiento de la humedad, alcanzó un valor máximo de 18,0° C a las 13:00, el viento con intensidades de 1.7 m/s (14:00 y 16:00 h) coincidiendo con el descenso de las concentraciones del SO_2 , con mínimo de 1,5 ppb (18:00 h). Ver **figuras 6 y 7**.

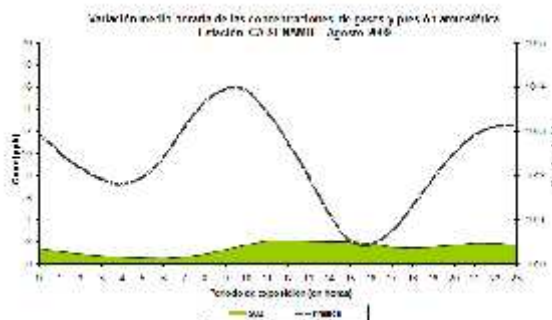


Fig.6

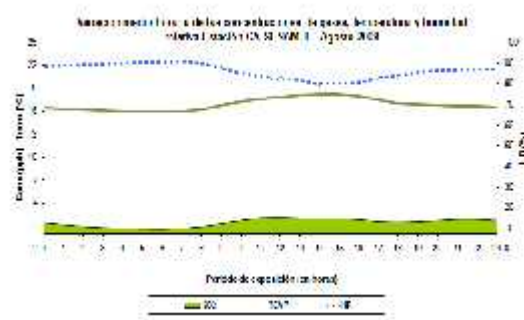


Fig. 7

El comportamiento de las concentraciones del contaminante gaseoso SO₂ observado durante el mes de agosto, de forma similar a lo observado en el mes anterior, no superó los estándares de calidad del aire (D.S. N° 074-PCM-2001). La máxima concentración de SO₂ (3,3 ppb del 04.08.09 a las 12:00 h) correspondió al 7,6 % del ECA diario (fig. 8); asimismo, las concentraciones de PM₁₀ (56,8 ug/m³ del 20.08.09 a las 22:00 h), correspondió al 39,2 % 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.

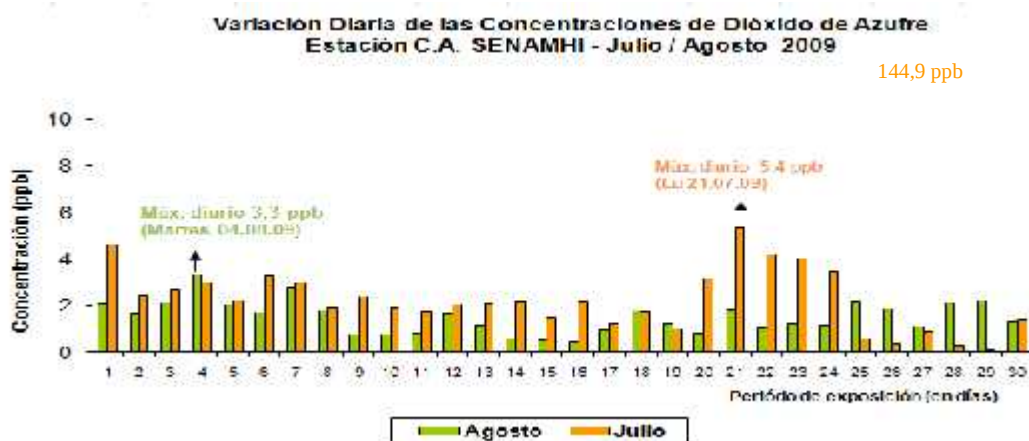


Fig. 8

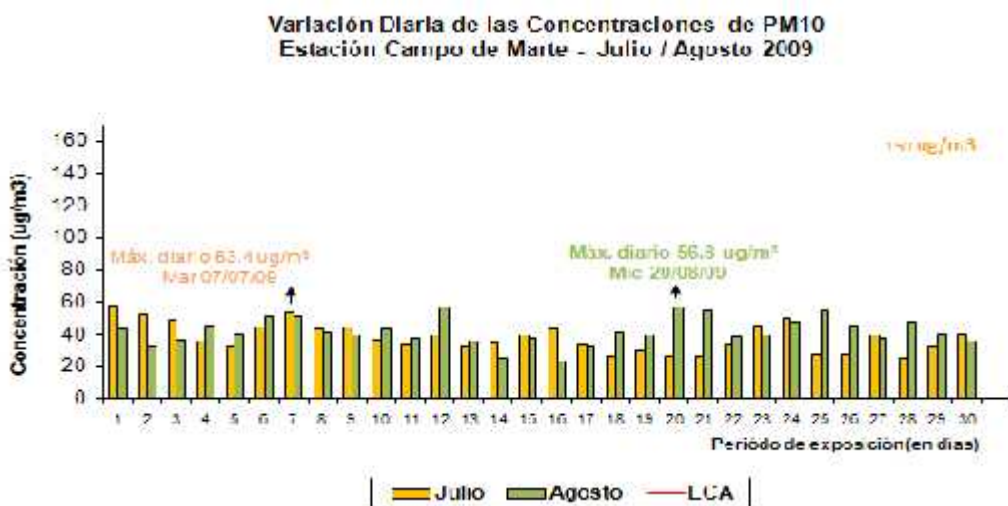


Fig. 9

De acuerdo a los pronósticos climáticos para Lima y Callao para el mes de setiembre 2009, las temperaturas después de haber alcanzado sus valores mínimos en el mes de agosto, iniciarán su gradual incremento hacia la primavera y las humedades que al mismo tiempo han alcanzado sus máximos valores, iniciarán su gradual disminución alrededor de sus normales históricas. 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**) mostrando un ligero incremento; en cuanto a los contaminantes PM₁₀ y gas SO₂, éste también se incrementará ligeramente respecto al

mes anterior, debido a que, con el incremento de la temperatura se inicia la dinámica de los procesos de turbulencia, por el gradual debilitamiento del fenómeno de la inversión térmica, disminución del afloramiento marino, menor nubosidad estratiforme y mayor insolación.

PERSPECTIVAS: INTERVALO

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

ZONA	INTERVALO DE CONFIANZA
LIMA NORTE	20.7 - 22.9
LIMA CENTRO	4.8 – 7.4
LIMA ESTE	16.6 – 23.2
LIMA OESTE	3.8 – 5.2
LIMA SUR	20.4 – 24.0

Conclusiones:

- Las condiciones atmosféricas y oceánicas que determinaron el comportamiento climático durante el mes de agosto en la costa central de Perú muestra el Anticiclón del Pacífico Suroriental con valores medios de su núcleo de 1020 mb, anomalías entre -2,5 y + 2,5 mb en latitudes tropicales a -30 a +30 mb en altas latitudes; anomalías de TSM oscilando de 0 a 1,5° C, altura media de la base de Inversión Térmica de 840 m.s.n.m, gradiente de 2,8° C/100 m y presencia de la nubosidad estratiforme durante todos los días del mes.
- El transporte de los contaminantes es predominantemente desde el SW, S y SE en el transecto central desde el litoral costero hasta las microcuencas del Chillón y Rímac con intensidades de débiles a moderadas en las mañanas y noches, y moderados a fuertes en la tardes; mientras que en el extremo sur de Lurín (estación Punta Lobos) y este (Lima Este) en La Molina, los contaminantes son transportados por vientos moderados del W y NW, principalmente.
- Las concentraciones de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) fueron en promedio de 12 t/km²/mes, menores a las del mes anterior en los núcleos de las zonas críticas Lima-Norte, Lima-Centro Este y Lima-Sureste, pero muy superiores en Lima-Sur. 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 43,8 ug/m³ (06:00 h) 2,2 ppb (11:00 y 12:00 h) para PM10

(valores experimentales) y SO_2 , respectivamente, coincidiendo con el primer máximo de presión atmosférica de 1013,9 mb y humedad relativa de 91,1 %, e inversa con la temperatura del aire y la intensidad del viento cuyas máximas medias de 18,0° C (13:00 h) y de 1,7 m/s (14:00 a 16:00 h) correspondieron al período de disminución de las concentraciones de los contaminantes.

- Las concentraciones registradas del gas contaminante SO_2 para el mes de agosto no superaron los estándares de calidad del aire, correspondiendo al 7,6 % del ECA diario de SO_2 ; en cambio el contaminante PM_{10} llegó al 39,2 % de su respectivo 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 setiembre 2009, las concentraciones del Polvo atmosférico sedimentable ligeramente se incrementen dentro de su variabilidad normal, y el PM_{10} y gas SO_2 evaluados se mantengan similares o incrementen, con respecto a lo evaluado en el presente mes.

- . -