

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

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

Se realiza la evaluación de las condiciones sinópticas (salidas de reanálises 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 setiembre mostraron que las intensidades del Anticiclón del Pacífico suroriental variaron entre 1020 hPa los días 04 y 05 a 1040 hPa los días 26 y 27; media de 1025 hPa y anomalías entre -2.5 y +2.5 hPa en latitudes tropicales a -30 y +25 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 mayormente entre moderados a fuertes; el afloramiento marino muy activo, la inversión térmica que había iniciado su debilitamiento en la segunda quincena de agosto, volvió a recobrar su intensidad con altura promedio de la base 839 m.s.n.m, similar al mes anterior, espesor de 568 m y un gradiente medio de 1.5° C/100 m (ver figura 1 y cuadro N° 1), y la nubosidad estratiforme baja (base < 500 m.s.n.m.) intensificó su presencia durante todos los días del mes (ver figura 2), que volvió a reducir el ingreso de la radiación solar, ocasionando que la temperatura del aire continúe con valores medios mensuales similares al mes anterior, alcanzando valores extremos medios mensuales de 15,2° C el 22 de setiembre (día más frío); 17,1° C el 01 de setiembre (día más cálido); y en cuanto a la humedad relativa, el 17, 27 y 30 de setiembre fueron los días más húmedos (93 %) y el día 14 de setiembre como el más seco (85 %).

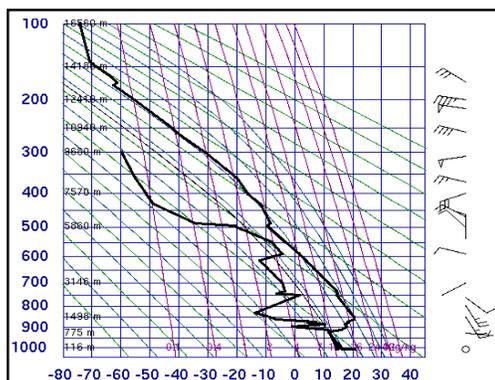


Fig. 1. Base de la I.T. 07:00 hora local - Septiembre 2009 - Estación Las Palmas (Surco)

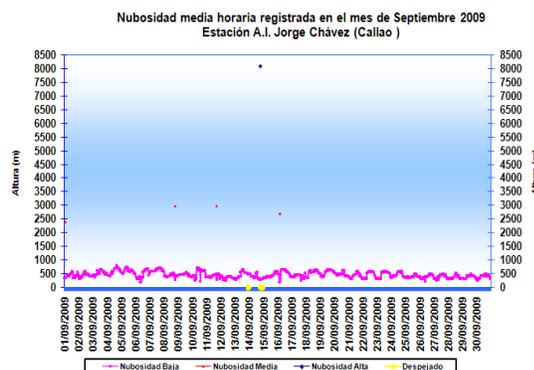
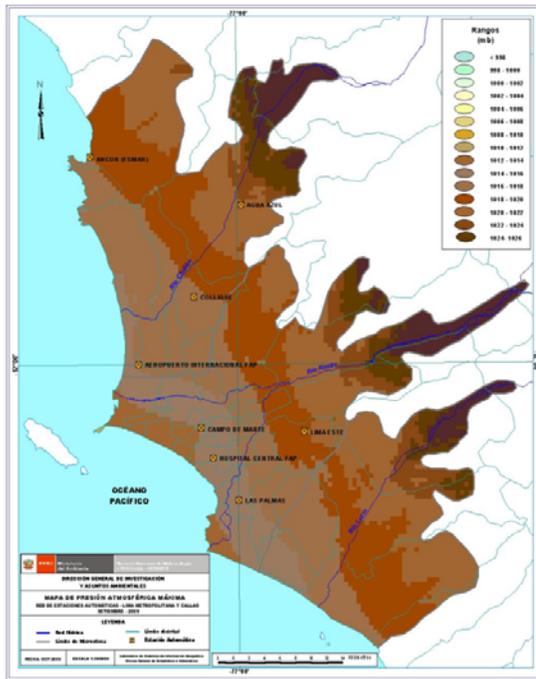


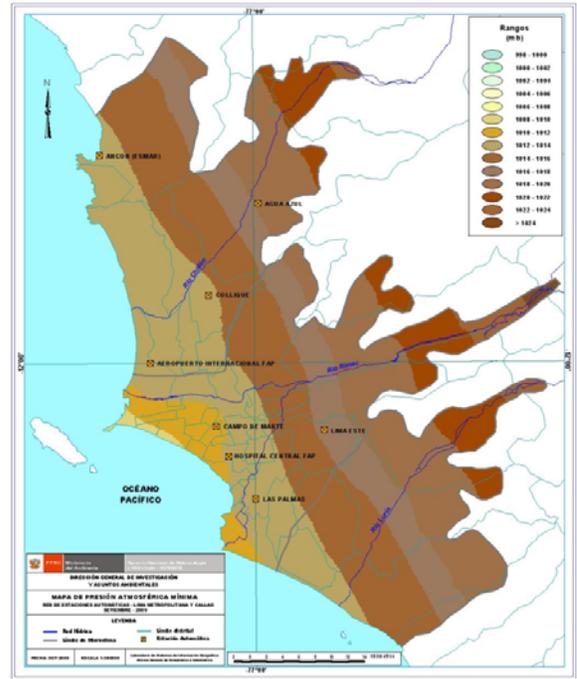
Fig.2. Nubosidad medio horaria. Estación A.I. Jorge Chávez - Septiembre 2009

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

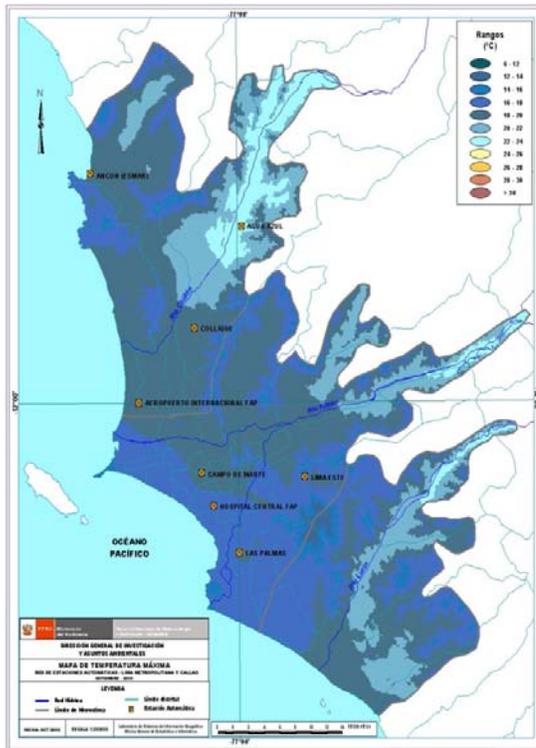
PARÁMETRO	UNIDAD	Valor
Espesor	metro	568
Altura Base	metro	839
Altura Tope	metro	1409
T Base	° C	12.2
T Tope	° C	20.6
Gradiente	°C / 100metro	1.47
H.R. Base	%	99
H.R. Tope	%	16



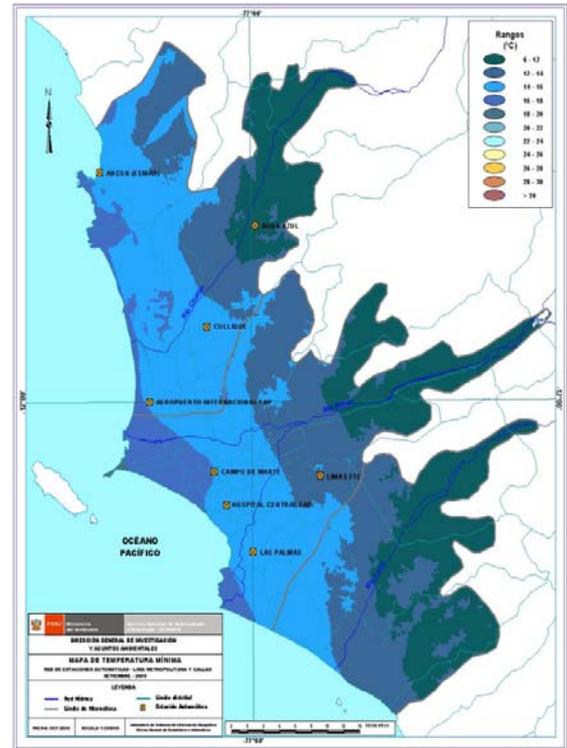
Mapa 1. Presión máxima - Red Lima y Callao



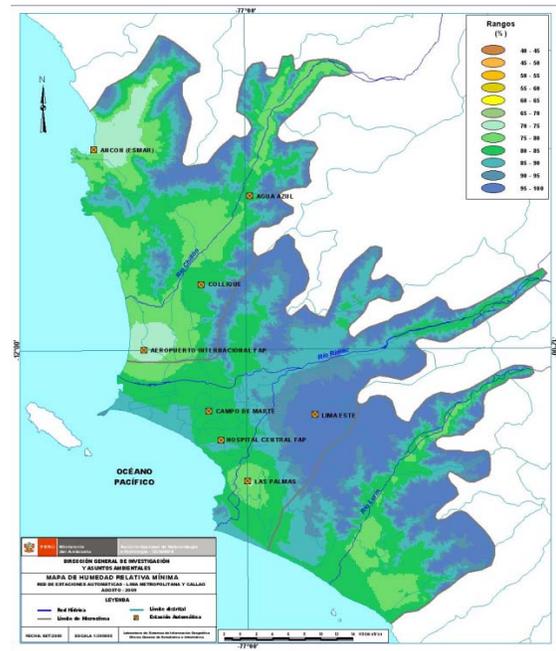
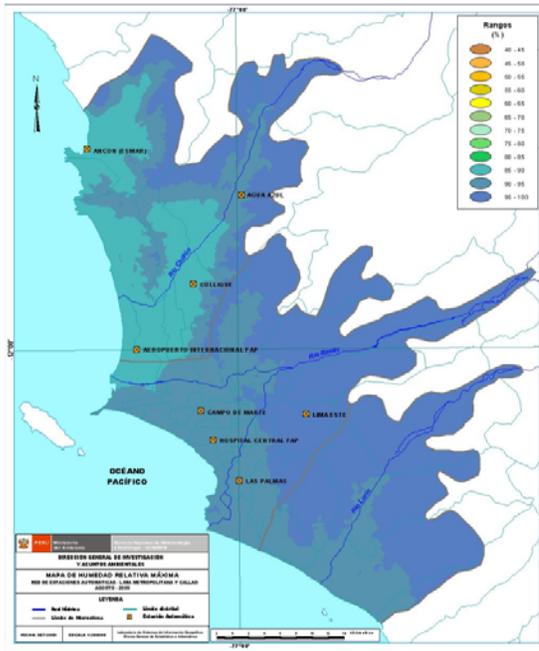
Mapa 2.H. Presión mínima – Red Lima y Callao



Mapa 3. Temperatura máxima - Red Lima y Callao



Mapa 4. Temperatura mínima – Red Lima y Callao

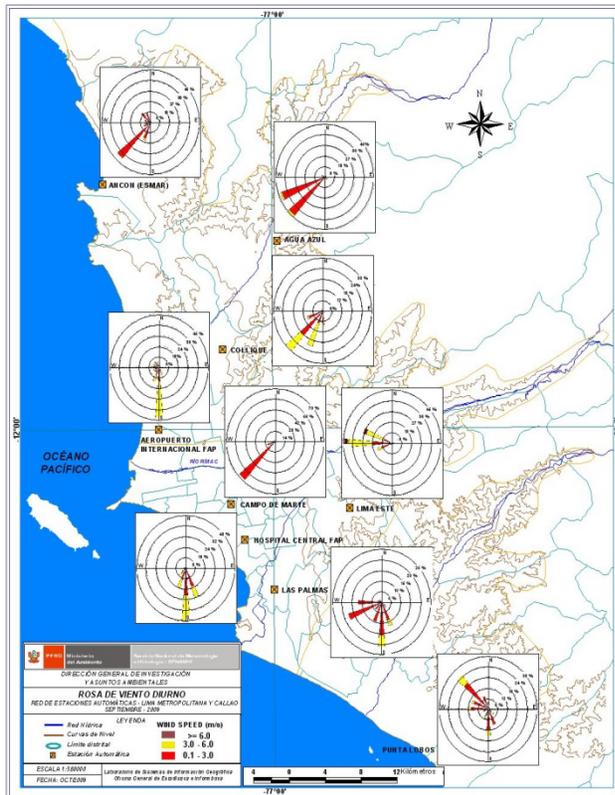


Mapa 5. H. Relativa máxima - Red Lima v Callao

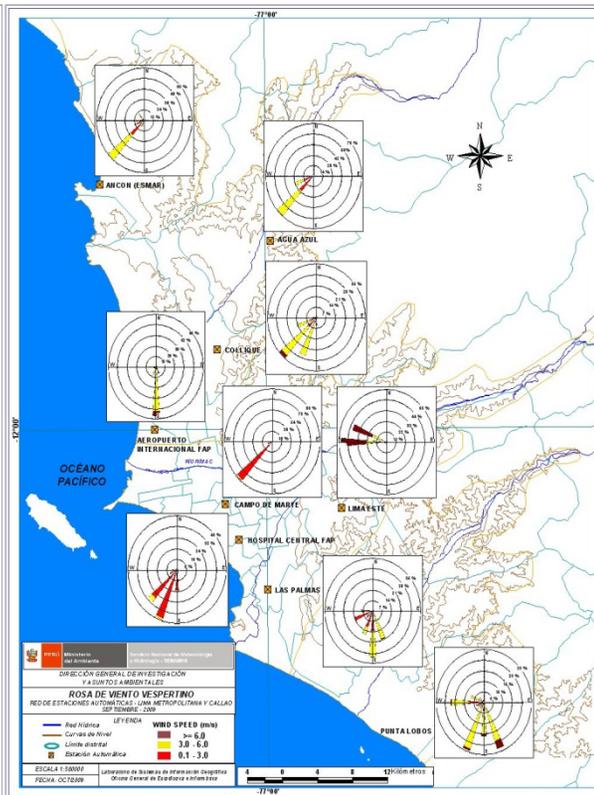
Mapa 6.H. Relativa mínima – Red Lima v Callao

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 1014 - 1016 mb y 1010 – 1012 mb, respectivamente en los distritos costeros a 1022-1024 mb y 1018-1020 mb, respectivamente en los distritos del este hacia las márgenes de dicha cuenca, hacia donde la contaminación del aire se incrementa, debido a la interacción entre los vientos locales superficiales del SW y W y la base de la inversión térmica que llega a tocar superficie.

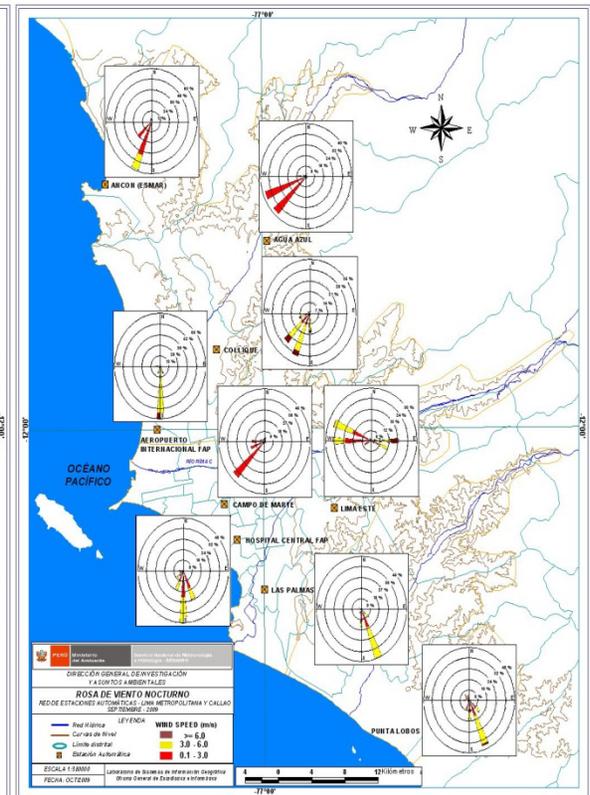
Respecto a las temperaturas (Mapas 3 y 4), se observa el enorme efecto termorregulador del mar; así, los menores valores de la temperatura máxima (17-19° C) y los mayores valores de la mínima (14-16° C) se registraron en los distritos costeros, desde donde en dirección este, se incrementa el efecto de continentalidad al registrar la temperatura máxima valores de 21-23° C y la mínima 11-13° 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 (90-95 %) y la mínima (75-80 %) se registraron en los distritos costeros aumentando hacia los distritos del este a (95-100 %) la máxima y (85-90 %) 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, SW, S y SE en el transecto central desde el litoral costero hasta las microcuencas del Chillón y Rímac con intensidades en promedio débiles en horas de la mañana; de moderas a fuertes en horas de tarde; mientras que durante la noche los contaminantes vuelven a ser transportados por vientos débiles del SW, S y SE; excepto en el este (Lima Este) en La Molina y sur de Lurín (estación Punta Lobos) donde los vientos dominantes de débiles a moderados son del W y NW, respectivamente, reflejando un efecto netamente local.

Durante el mes de setiembre, las concentraciones promedio de Polvo Atmosférico Sedimentable – PAS- ($\Phi > 10$ micras) son ligeramente superiores a las del mes anterior como consecuencia de la relativa menor intensidad de la inversión térmica, nubosidad, baja insolación y mayor ocurrencia de garúas, que controlan los procesos de turbulencia, 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 5.2 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 – Agosto 2009



Mapa 11. Distribución espacial PAS – Septiembre 2009

Cuadro 2: Concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) Agosto y Septiembre 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				
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)
Septiembre 2009	37	87	21.8 (Independencia)	24.3 (El Agustino, El Cercado, Lurigancho)	16.2 (Pachacamac)	26.1 (V.M.T.)	12.2	5	35.6 (Lurigancho)	3.7 (Jesús María)

El material particulado PM10 ($\Phi < 10$ micras), dentro del ciclo diario, registró su primera máxima concentración media horaria de 40,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (09:00 y 10:00 h) coincidiendo con el primer máximo de la presión atmosférica media de 1014,0 mb (9:00 h) y el segundo máximo de 53,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (20:00 h) cuando la presión media estuvo camino a su segundo máximo de 1013,3 mb (23:00 h); entre ambos máximos, a las 14:00 h se registró la concentración mínima de 35,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ indicando en horas vespertinas, baja turbulencia y dispersión de las partículas transportadas desde el SW por vientos débiles con frecuencia de 98,5 % y sin presencia de calmas en la estación Campo de Marte (J. María), cuando la presión había alcanzado su mínimo de 1010,6 mb (13:00 h). Ver figuras 3, 4 y 5.

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

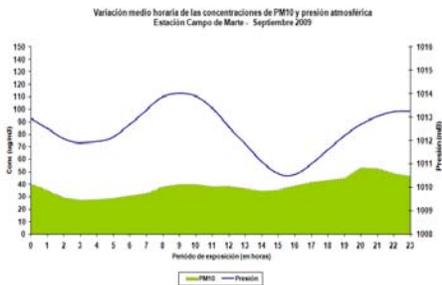


Fig. 3



Fig. 4

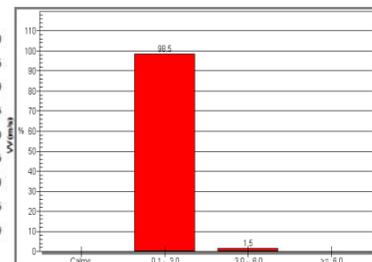


Fig. 5.

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 4,2 ppb (09:00 h), superiores a las del mes anterior, coincidiendo con el primer máximo (1014 mb) de la presión atmosférica (09:00 h) y la humedad relativa (91,7 %) que ya había alcanzado su primer máximo a las 7:00 h; mientras el segundo máximo de las concentraciones de SO_2 de 6,6 ppb (20:00 h) mayores a las del mes anterior, ocurrieron cuando la presión (1013,3 mb) y humedad relativa (88,6 %) estuvieron camino a su segundo máximo (23 h). La temperatura del aire, inversa al comportamiento de la humedad, alcanzó un valor máximo de 18,4° C a las 14:00, el viento con intensidades de 1.8 m/s (15:00 y 16:00 h) cuando ya el descenso de las concentraciones del SO_2 , habían alcanzado su mínimo de 2,7 ppb (12:00 h). Ver figuras 6 y 7.



Fig.6

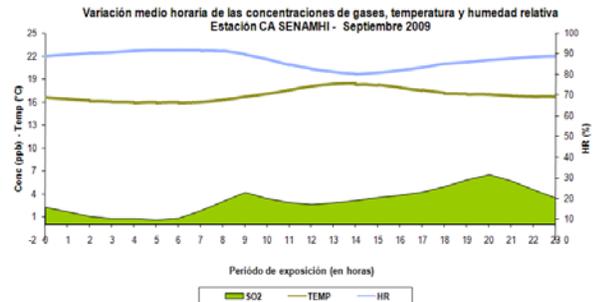


Fig. 7

El comportamiento de las concentraciones del contaminante gaseoso SO_2 observado durante el mes de setiembre, 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 SO_2 (5,1 ppb del 15.09.09 a las 20:00 h) correspondió al 3,5 % del ECA diario (fig. 8); asimismo, las concentraciones de PM10 (59,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ del 12.09.09 a las 23:00 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.

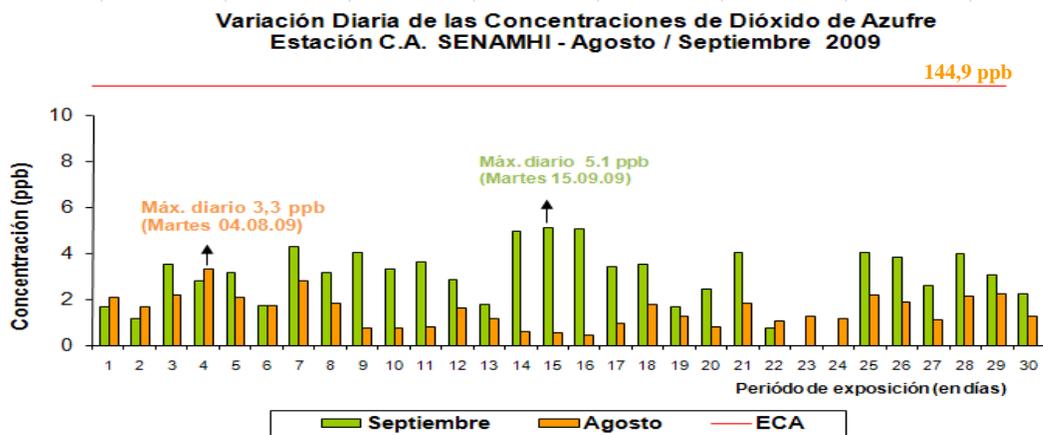


Fig. 8

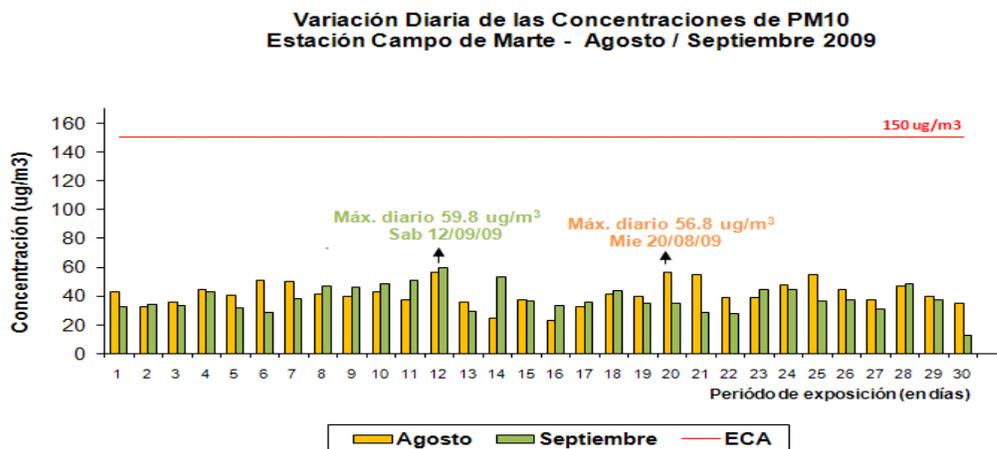


Fig. 9

De acuerdo a los pronósticos climáticos para Lima y Callao para el mes de octubre 2009, las temperaturas después de haber alcanzado sus valores mínimos en el mes de agosto y setiembre 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 incrementarán ligeramente respecto al mes anterior, debido al incremento de la temperatura del aire y la disminución de las garúas como consecuencia del 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)
Octubre 2009 (t/km².mes)**

ZONA	INTERVALO DE CONFIANZA
LIMA NORTE	21.0 - 24.8
LIMA CENTRO	5.3 – 7.0
LIMA ESTE	18.1 – 24.2
LIMA OESTE	4.2 – 5.3
LIMA SUR	21.9 – 27.9

Conclusiones:

- Las condiciones atmosféricas y oceánicas que determinaron el comportamiento climático durante el mes de setiembre en la costa central de Perú muestra el Anticiclón del Pacífico Suroriental con valores medios de su núcleo de 1025 mb, anomalías entre -2,5 y + 2,5 mb en latitudes tropicales a -30 a +25 mb en altas latitudes; anomalías de TSM oscilando de 0 a 1,5° C, altura media de la base de Inversión Térmica de 839 m.s.n.m, gradiente de 1,5°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 débiles 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 12,2 t/km²/mes, superiores a las del mes anterior en los núcleos de las zonas críticas Lima-Norte, Lima-Centro Este e inferiores en Lima-Sureste y 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 40,2 ug/m³ (09:00 h), 4,2 ppb (09:00 h) para PM10 (valores experimentales) y SO₂, respectivamente, coincidiendo con el primer máximo de presión atmosférica de 1014 mb y humedad relativa de 91,7 %, e inversa con la temperatura del aire y la intensidad del viento cuyas máximas medias de 18,4° C (14:00 h) y de 1,8 m/s (15:00 a 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 setiembre no superaron los estándares de calidad del aire, correspondiendo al 3,5 % del ECA diario de SO₂; en cambio el contaminante PM10 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 octubre 2009, las concentraciones del Polvo atmosférico sedimentable se incrementen ligeramente dentro de su variabilidad normal, y el PM10 y gas SO₂ evaluados se mantengan similares o incrementen, con respecto a lo evaluado en el presente mes debido al debilitamiento de la inversión térmica y disminución de las garúas invernales.