

PRONOSTICO MENSUAL DE LA CALIDAD DE AIRE EN LA ZONA METROPOLITANA DE LIMA Y CALLAO Y ZONAS DE ATENCIÓN PRIORITARIA OCTUBRE 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 octubre mostraron que las intensidades del Anticiclón del Pacífico suroriental variaron entre 1015 hPa los días 28 y 29 a 1040 hPa los días 12 y 13; media de 1020 hPa y anomalías entre -2.5 y 0 hPa en latitudes tropicales a -30 y +30 en altas latitudes; las anomalías de TSM entre -1.0 a 1.0° 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 moderados a fuertes; el afloramiento marino muy activo, la inversión térmica aún se mostró intensa con altura promedio de su base de 651 m.s.n.m, espesor de 450 m y un gradiente medio de 1.8° C/100 m (ver **figura 1** y **cuadro N° 1**), y la nubosidad estratiforme baja (base < 500 m.s.n.m) se intensificó en algunos días (ver **figura 2**), generando garúas en especial en los distritos costeros y otros días varió a nublado parcial, propiciando el ingreso de la radiación solar, ocasionando que la temperatura del aire muestre sus primeros incrementos hacia el verano, alcanzando valores extremos medios mensuales de 15,2° C el 09 de octubre (día más frío); 17,6° C el 28 de octubre (día más cálido); y en cuanto a la humedad relativa, el 19 de octubre fue el día más húmedo (94 %) y el día 28 de octubre como el más seco (85 %).

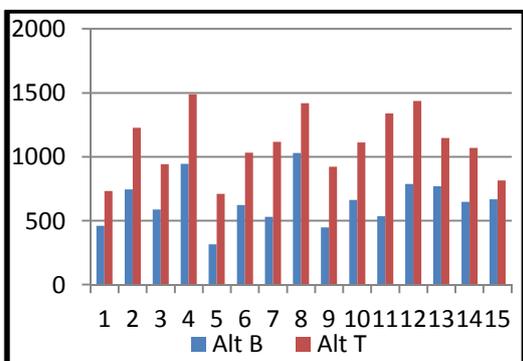


Fig. 1. Base y Tope de la I.T. 07:00 hora local – Octubre 2009 - Estación Las Palmas (Surco)

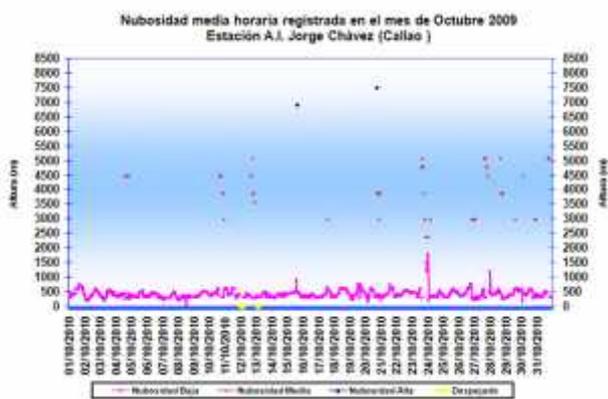
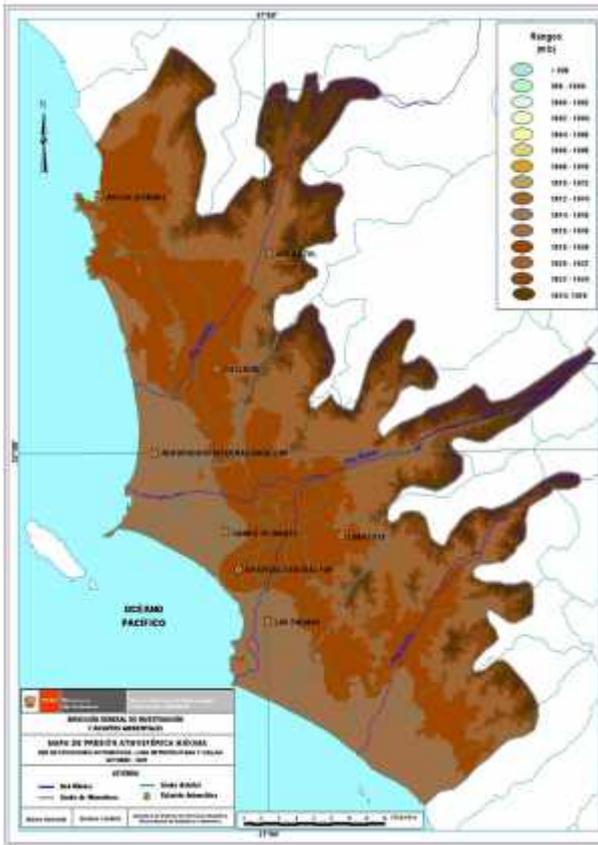


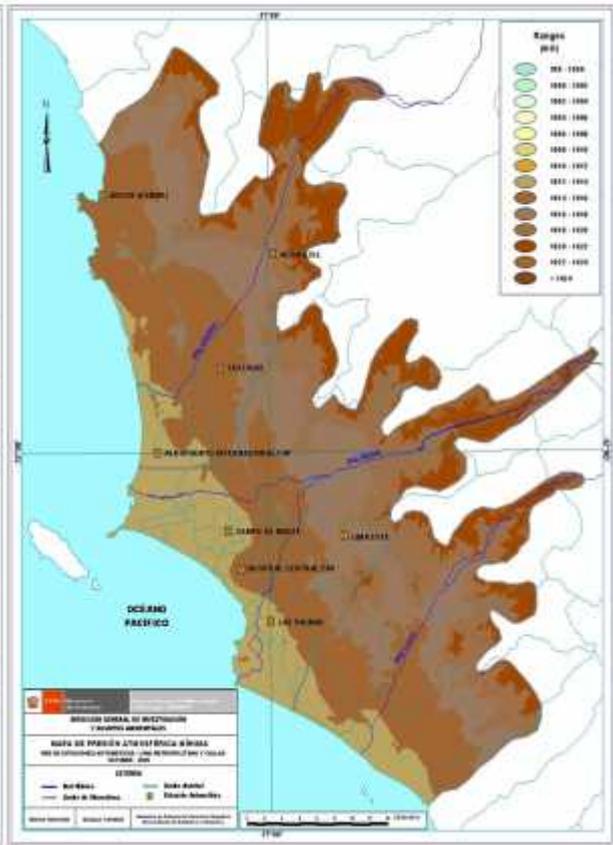
Fig.2. Nubosidad medio horaria. Estación A.I. Jorge Chávez – Octubre 2009

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

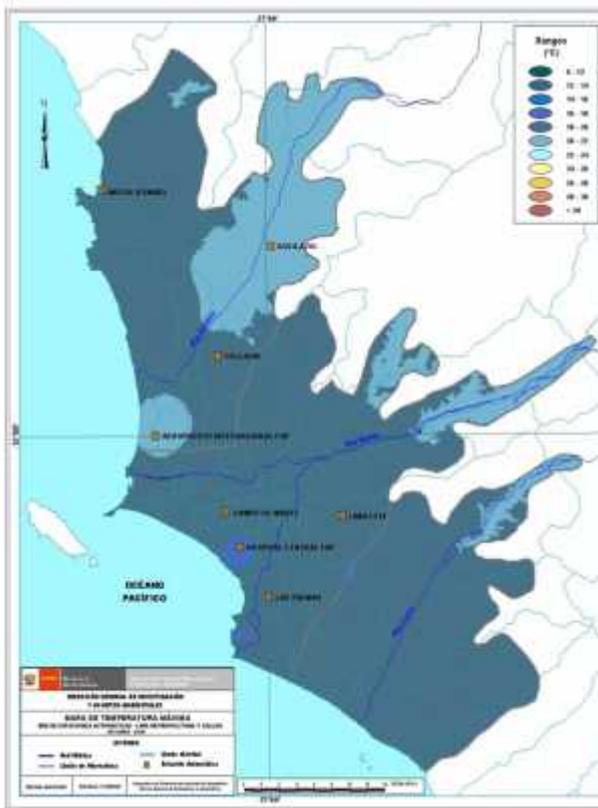
PARÁMETRO	UNIDAD	MÁXIMO		MÍNIMO		PROMEDIO
Espesor	metro	805	24 octubre	145	31 octubre	450,3
Altura Base	metro	1029	19 octubre	315	12 octubre	651,0
Altura Tope	metro	1490	10 octubre	710	12 octubre	1100,8
T Base	° C	13,4	12 octubre	9,4	10 octubre	11,9
T Tope	° C	22,6	19 octubre	14	31 octubre	19,5
Gradiente	°C/100metro	2,8	19 octubre	1,0	16 octubre	1,8
H.R. Base	%	100	8,10,14,16,21,23,24,26,30 octubre	73	octubre	97,1
H.R. Tope	%	76	28 octubre	20	24 octubre	42,8



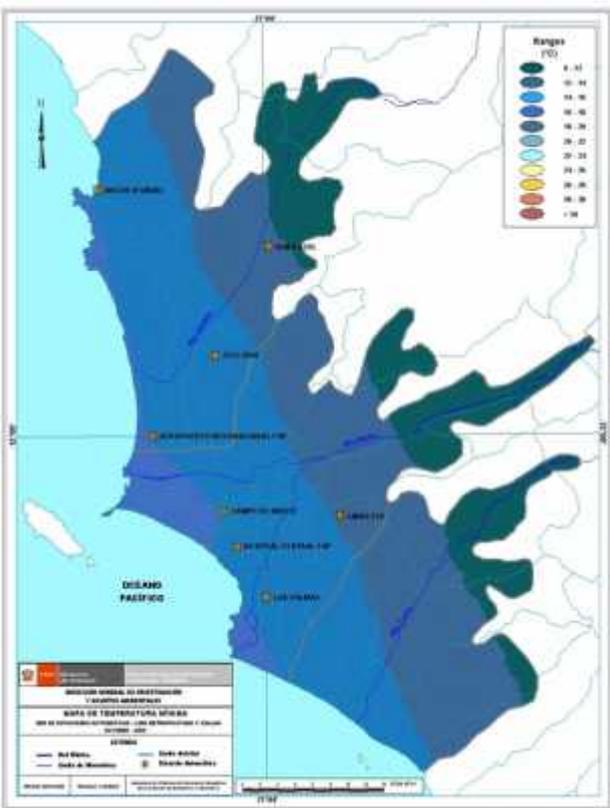
Mapa 1. Presión máxima - Red Lima y Callao



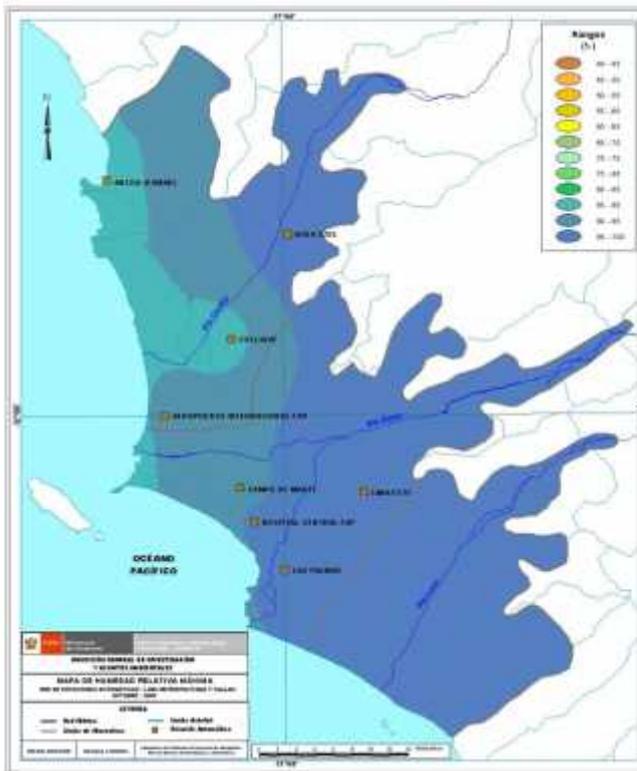
Mapa 2.H. Presión mínima – Red Lima y Callao



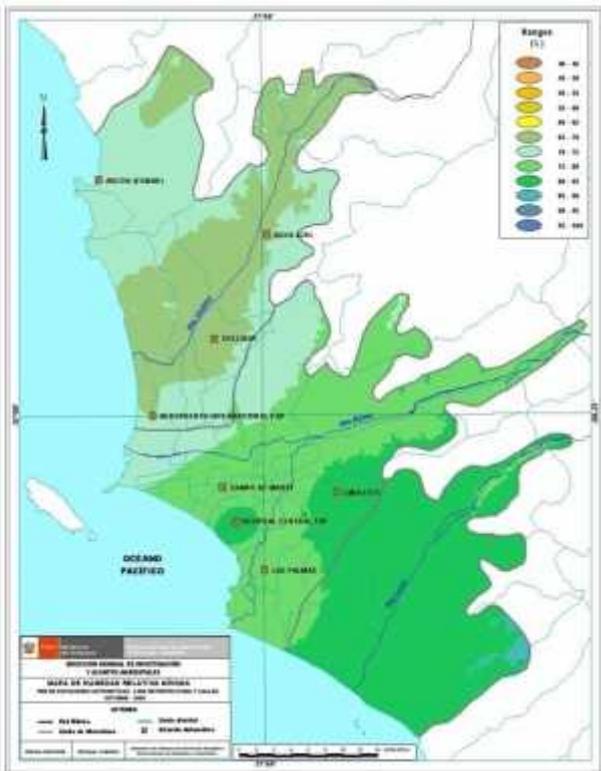
Mapa 3. Temperatura máxima - Red Lima y Callao



Mapa 4. Temperatura mínima – Red Lima y Callao



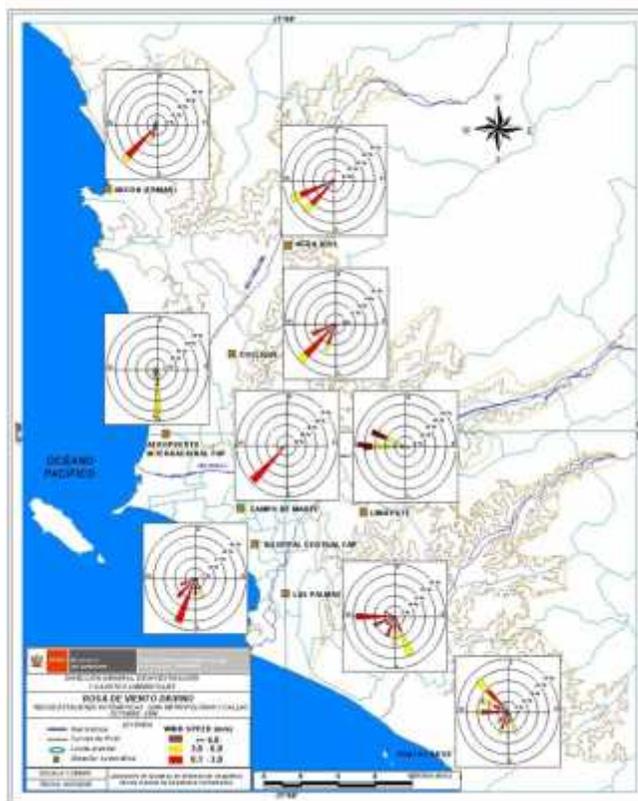
Mapa 5. H. Relativa máxima - Red Lima y Callao



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

La distribución espacial de la presión atmosférica de la Zona Metropolitana de Lima-Callao, **Mapas 1 y 2**, muestra un incremento desde la línea de costa en dirección este; así, las presiones máxima y mínima variaron desde 1016 - 1018 mb y 1010 - 1012 mb, respectivamente en los distritos costeros a 1020-1022 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, debido a la interacción entre los vientos locales superficiales del SW y W y la base de la inversión térmica, que debido al incremento de la pendiente del terreno, llega a tocar el suelo.

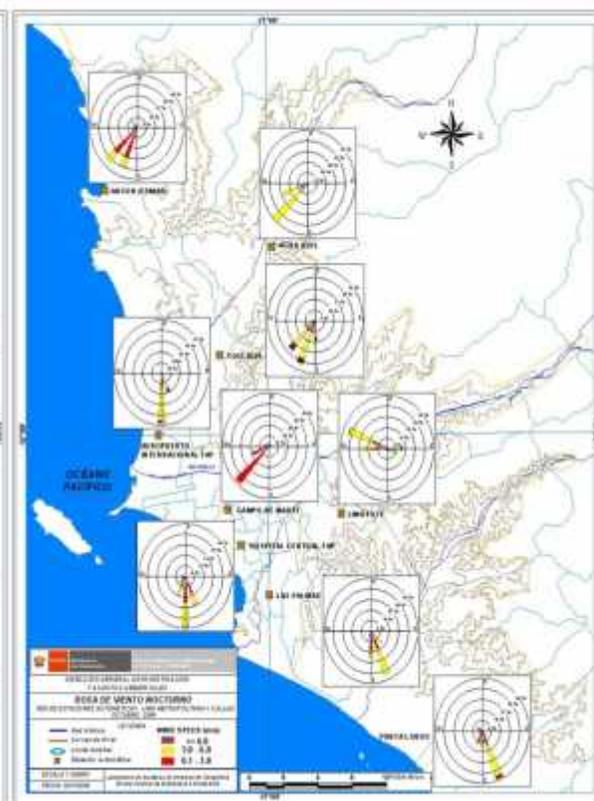
Respecto a las temperaturas (**Mapas 3 y 4**), se observa el enorme efecto termorregulador del mar; así, los menores valores de la temperatura máxima (18-20° C) y los mayores valores de la mínima (14-16° C) se registraron en los distritos costeros, desde donde en dirección este, se incrementa el efecto de continentalidad al registrar la temperatura máxima valores de 20-22° C y la mínima 12-14° 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 (70-75 %) se registraron en los distritos costeros del NW, aumentando hacia los distritos del SE a (95-100 %) la máxima y (80-85 %) 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 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 SW, S y SE; excepto en el distrito La Molina en la estación Lima Este (vientos de débiles a moderados) y sur de Lurín en la estación Punta Lobos (vientos dominantes de moderados a fuertes), en ambos casos son del W y NW, respectivamente, reflejando un efecto netamente local.

Durante el mes de octubre, las concentraciones promedio de Polvo Atmosférico Sedimentable – PAS- (< 100 micras) son ligeramente superiores a las del mes anterior como consecuencia de la relativa menor intensidad de la inversión térmica, menor nubosidad, mayor insolación y menor ocurrencia de garúas, que propiciaron procesos de turbulencia, suspensión y resuspensión del Polvo Atmosférico Sedimentable - PAS, ocasionando que la zona crítica de más alta concentración se ubique en Lima Sur (Villa María del Triunfo) que superó a la guía OMS (5 t/km²/mes) en 5.9 veces; y la media, mayor al mes anterior, superó en 2,5 veces a dicha guía. Ver **mapas 10 y 11 y cuadro 2**.



Mapa 10. Distribución espacial PAS – Septiembre 2009



Mapa 11. Distribución espacial PAS – Octubre 2009

Cuadro 2: Concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) Septiembre y Octubre 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				
Septiembre 2009	37	87	21.8 (Independencia)	24.3 (El Agustino, El Cercado, Lurigancho)	16.15 (Pachacamac)	26.07 (V.M.T.)	12.2	5	35.6 (Lurigancho)	3.7 (Jesús María)
Octubre 2009	37	89.2	22.9 (Independencia)	23.2 (El Agustino, El Cercado, Lurigancho)	17.15 (Pachacamac)	29.5 (V.M.T.)	12.7	5	35.7 (Lurigancho)	3.9 (Pueblo Libre)

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 3,6 ppb (09:00 h), inferiores a las del mes anterior, coincidiendo con el primer máximo (1013 mb) de la presión atmosférica (08:00 y 09:00 h) y la humedad relativa (92,2 %) que ya había alcanzado su primer máximo a las 6:00 h; mientras el segundo máximo de las concentraciones de SO_2 de 4,4 ppb (20:00 h) menores a las del mes anterior, ocurrieron cuando la presión (1012,7 mb) y humedad relativa (89,1 %) estuvieron camino a su segundo máximo (22:00 y 23 h, respectivamente). La temperatura del aire, inversa al comportamiento de la humedad, alcanzó un valor máximo de $19,3^\circ\text{C}$ a las 13:00 y 14:00 h, el viento con intensidades de 2.1 m/s (15:00 y 16:00 h) cuando ya el descenso de las concentraciones del SO_2 , habían alcanzado su mínimo de 3,0 ppb (13:00 y 14:00 h). Ver **figuras 3; 4 y 5.**

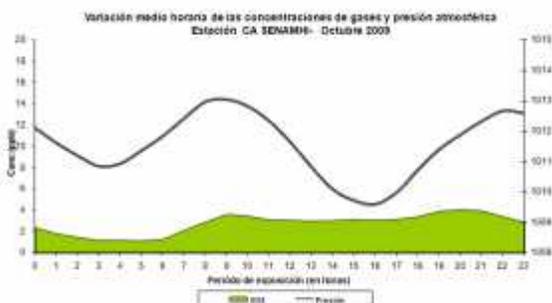


Fig.3



Fig. 4



Fig.5

El comportamiento de las concentraciones del contaminante gaseoso SO_2 observado durante el mes de octubre, 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 (3,9 ppb del 23.10.2009) correspondió al 3,4 % del ECA diario (**fig. 6**). 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 - Septiembre / Octubre 2009

144,9 ppb

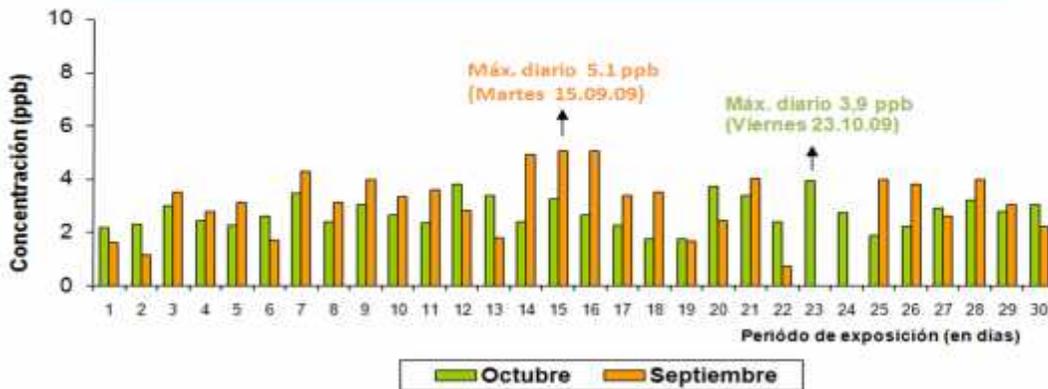


Fig. 6

De acuerdo a los pronósticos climáticos para la costa central de Perú donde se ubica la Zona Metropolitana de Lima-Callao para el mes de noviembre 2009, habrá más días con cielos despejados y por lo tanto con mayor radiación solar, por lo que la temperatura del aire continuará en incremento hacia el verano con valores ligeramente por encima de sus normales históricas y la humedad del aire continuará en una relativa gradual disminución. 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 al contaminante gaseoso SO_2 , éste también se incrementará ligeramente respecto al mes anterior, debido al incremento de la temperatura del aire por la mayor insolación, disminución de las garúas como consecuencia del gradual debilitamiento del fenómeno de la inversión térmica (su base se configurará a menor altitud), disminución del afloramiento marino y menor nubosidad estratiforme.

PERSPECTIVAS: INTERVALO

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

ZONA	INTERVALO DE CONFIANZA
LIMA NORTE	20.8 - 28.1
LIMA CENTRO	5.7 - 7.1
LIMA ESTE	17.4 - 24.3
LIMA OESTE	4.9 - 5.5
LIMA SUR	23.1 - 29.9

Conclusiones:

- Las condiciones atmosféricas y oceánicas que determinaron el comportamiento climático durante el mes de octubre 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 0 mb en latitudes tropicales a -30 a +30 mb en altas latitudes; anomalías de TSM oscilando de -1 a 1° C frente a la costa norte de Perú, altura media de la base de Inversión Térmica de 651 m.s.n.m, gradiente de 1,8°C/100 m y presencia de la nubosidad estratiforme durante la mayoría de 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 12,7 t/km²/mes, superiores a las del mes anterior en los núcleos de las zonas críticas Lima-Norte, Lima-Sureste y en Lima-Sur; excepto en Lima-Centro Este donde fueron inferiores. La media superó a la guía OMS en 2,5 veces.
- El comportamiento de las concentraciones del contaminante gaseoso SO₂ del aire en el ciclo diario mostró una relación directa con la presión atmosférica y humedad relativa, alcanzando el máximo medio horario de 3,6 ppb (09:00 h), coincidiendo con el primer máximo de presión atmosférica de 1013 mb y humedad relativa de 92,2 %, e inversa con la temperatura del aire y la intensidad del viento cuyas máximas medias de 19,3° C (13:00 y 14:00 h) y de 2,1 m/s (15:00 a 16:00 h) correspondieron al período de disminución de las concentraciones de SO₂, alcanzando una concentración mínima de 3,0 ppb.
- Las concentraciones registradas del gas contaminante SO₂ para el mes de setiembre no superaron los estándares de calidad del aire, correspondiendo al 3,4 % del ECA diario de este gas contaminante.
- 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 noviembre 2009, las concentraciones del Polvo atmosférico sedimentable y el gas SO₂ evaluado se incrementen ligeramente dentro de su variabilidad normal, con respecto a lo evaluado en el presente mes, debido al debilitamiento de la inversión térmica pero a la configuración de su base a menor altitud y disminución de las garúas invernales.