

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

Ing. José Silva Cotrina
Tco. Rosalinda Aguirre Almeyda
Bach. Angel vara vela
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 noviembre mostraron que las intensidades del Anticiclón del Pacífico suroriental variaron entre 1015 hPa los días 21 y 22 a 1035 hPa los días 03 al 10; media de 1025 hPa ubicado al SW de su posición normal y anomalías entre -2.5 y 2.5 hPa en latitudes tropicales a -20 y +40 en altas latitudes; las anomalías de TSM entre -1.0 a 1.5° C en latitudes tropicales y -1.5 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 805 m.s.n.m, espesor de 398 m y un gradiente medio de 2.2° C/100 m (ver **figura 1** y **cuadro N° 1**), y la nubosidad estratiforme baja (base < 500 m.s.n.m) se presentó en casi todos los días (ver **figura 2**), generando garúas en los distritos costeros; también es importante notar la presencia de nubes medias y altas, debido a la llegada del verano y los trasvases desde la amazonía, incremento de la intensidad de la radiación solar; por lo que la temperatura del aire muestra un sostenido incremento hacia el verano, alcanzando valores extremos medios mensuales de 17,6° C el 11 de noviembre (día más frío); 19,1° C el 25 de noviembre (día más cálido); y en cuanto a la humedad relativa, el 06 de noviembre fue el día más húmedo (92 %) y el día 16 de noviembre como el más seco (83 %).

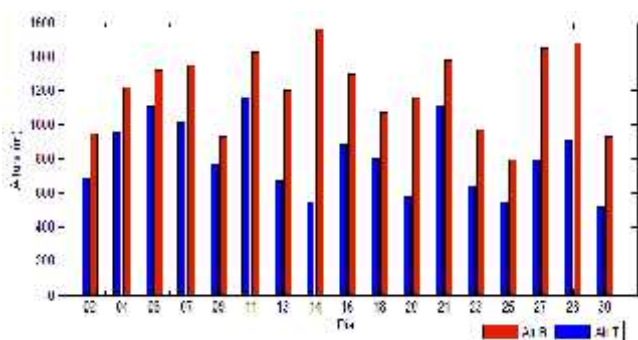


Fig. 1. Base y Tope de la I.T. 07:00 hora local - Noviembre 2009 - Estación Las Palmas (Surco)

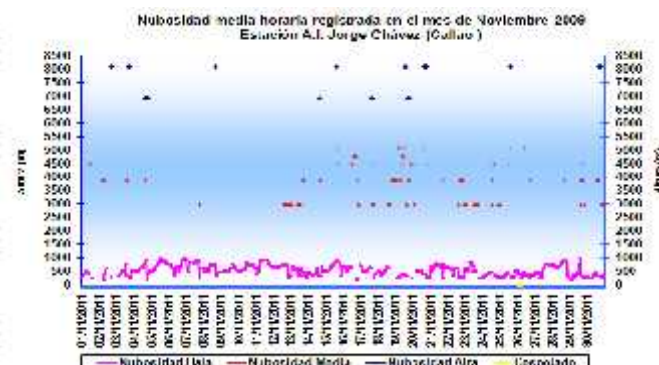
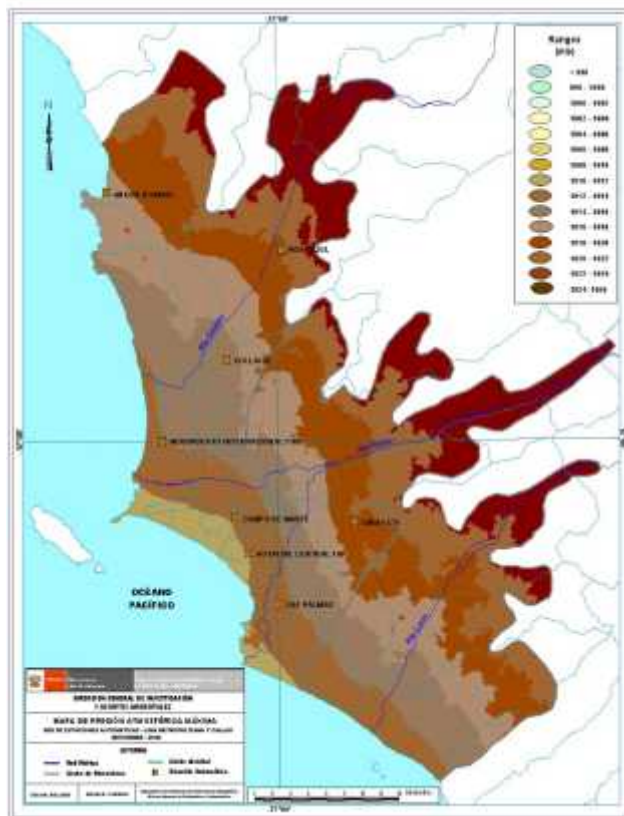


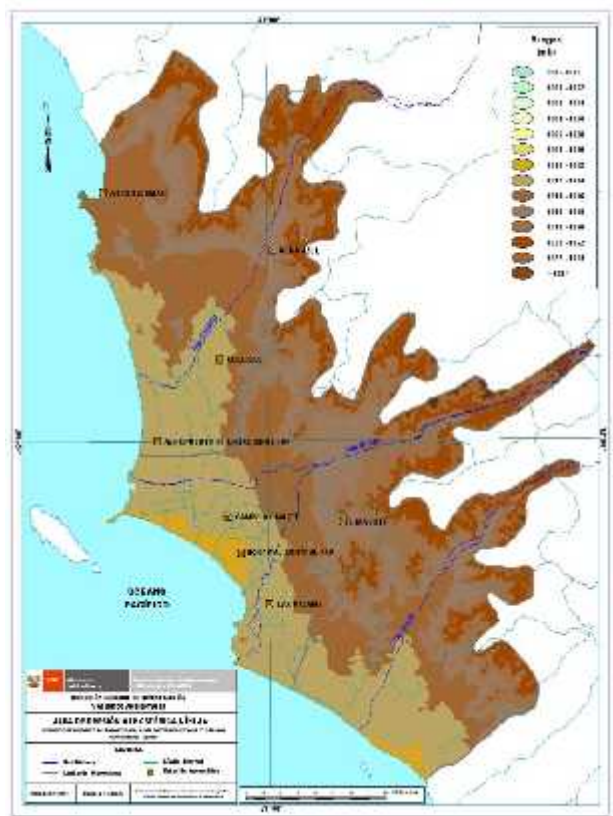
Fig.2. Nubosidad medio horaria. Estación A.I. Jorge Chávez - Noviembre 2009

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

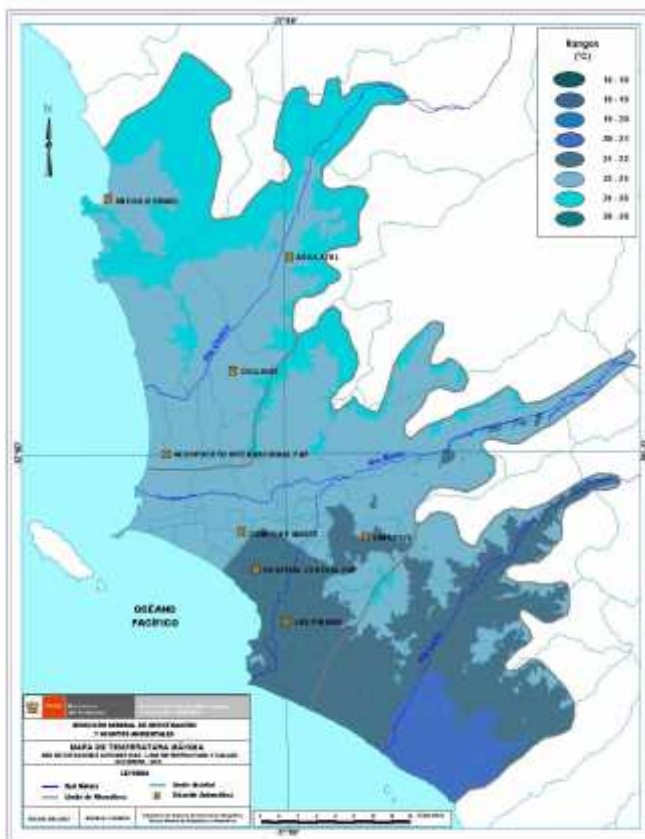
PARÁMETRO	UNIDAD	MÁXIMO		MÍNIMO		PROMEDIO
Espesor	metro	1013	14 noviembre	158	09 noviembre	398,0
Altura Base	metro	1165	11 noviembre	514	30 noviembre	805,3
Altura Tope	metro	1558	14 noviembre	793	25 noviembre	1203,3
T Base	° C	15,0	14 y 30 noviembre	9,4	11 noviembre	12,6
T Tope	° C	21,4	14 noviembre	17,2	07 noviembre	19,3
Gradiente	°C/ 100metros	5,7	09 noviembre	0,6	14 noviembre	2,2
H.R. Base	%	100	2,4,6,7,9,16,18,20,21,23,25,27,30 noviembre	96	13 noviembre	99,6



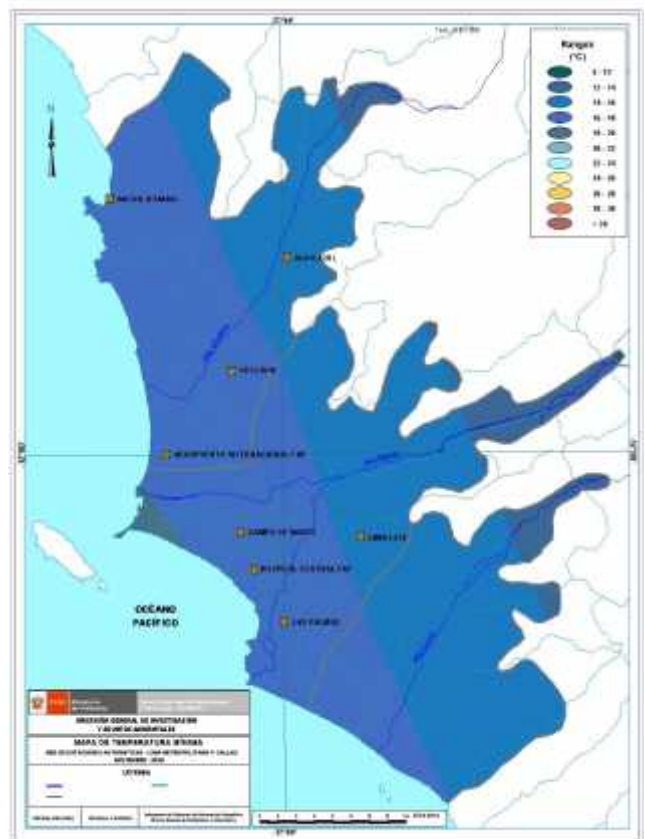
Mapa 1. Presión máxima - Red Lima y Callao



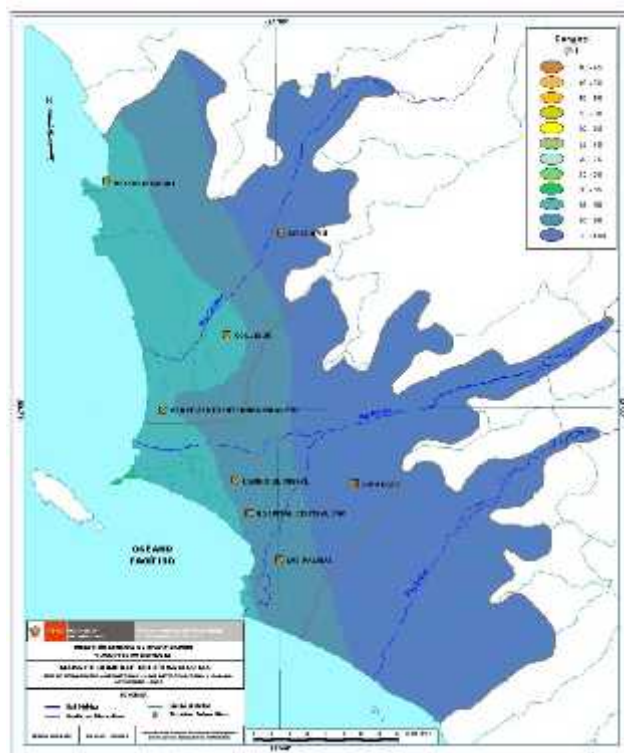
Mapa 2.H. Presión mínima - Red Lima y Callao



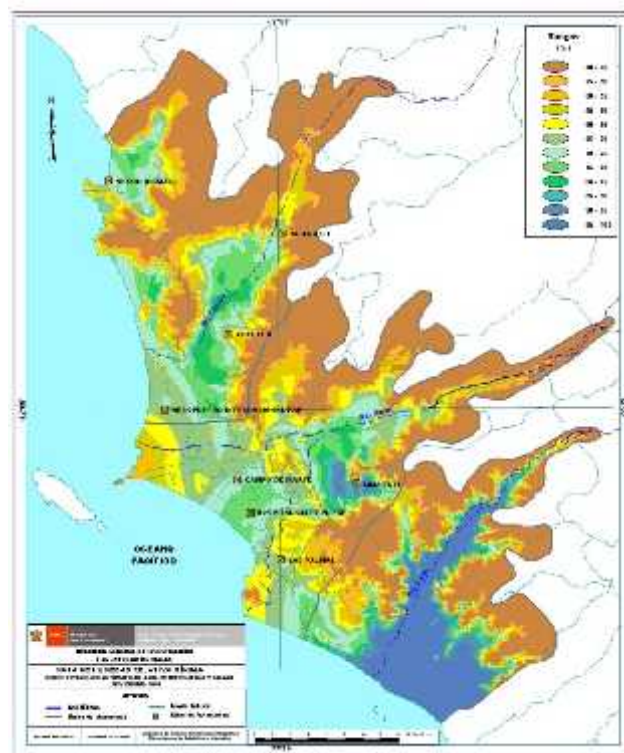
Mapa 3. Temperatura máxima - Red Lima y Callao



Mapa 4. Temperatura mínima - Red Lima y Callao



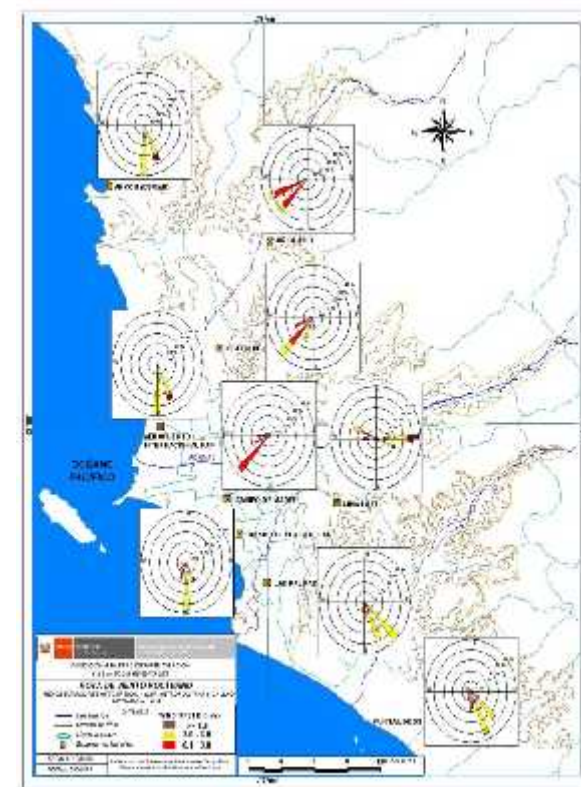
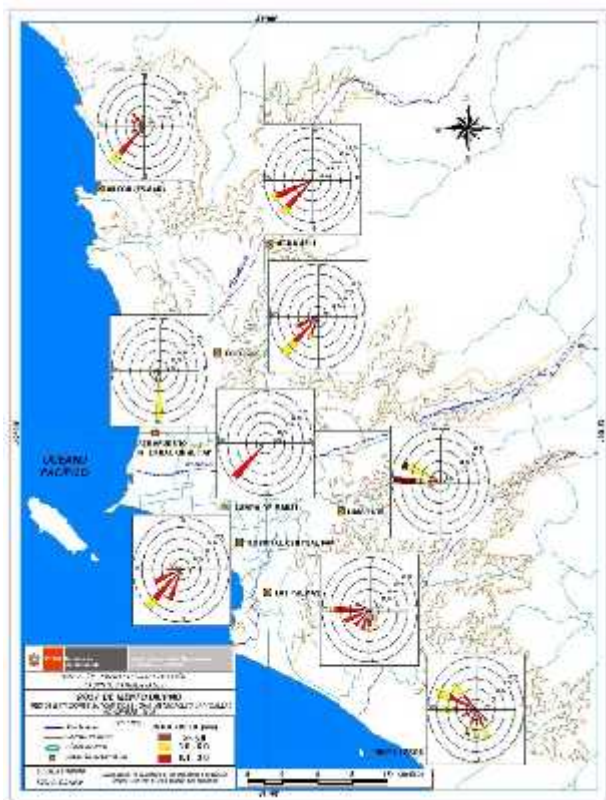
Mapa 5. H. Relativa máxima - Red Lima y Callao



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 1012 - 1014 mb y 1008 - 1010 mb, respectivamente en los distritos costeros a 1018-1020 mb y 1016-1018 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 (19-20° C) y los mayores valores de la mínima (16-18° 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 22-24° C y la mínima 14-16° 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 (98-92 %) y los mayores de la mínima (70-75 %) se registraron en los distritos costeros, aumentando hacia los distritos del este a (98-99 %) la máxima y disminuyendo a (65-70 %) la mínima, respectivamente.



Mapa 7. Rosas de viento diurnas

Mapa 8. Rosas de viento vespertinas

Mapa 9. Rosas de viento nocturnas

En cuanto a la dispersión de los contaminantes del aire presentada en los Mapas 7, 8 y 9, se aprecia que, éstos son transportados hacia las microcuencas del Chillón, Rímac y Lurin, predominantemente por vientos débiles del SW y S en horas de la mañana; de moderas a fuertes del SW y S en horas de tarde; mientras que durante la noche los contaminantes vuelven a ser transportados por vientos débiles del S y SE; excepto en el distrito La Molina en la estación Lima Este (vientos dominantes de débiles a moderados) y sur de Lurín en la estación Punta Lobos (vientos dominantes mayormente moderados), en ambos casos son del W y NW, respectivamente, reflejando un efecto netamente local.

Durante el mes de noviembre, las concentraciones promedio de Polvo Atmosférico Sedimentable – PAS- ($\Phi < 100$ micras) son superiores a las del mes anterior como consecuencia de la relativa mayor altura de la base 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 centro-este (Lurigancho) que superó a la guía OMS (5 t/km²/mes) en 7,3 veces; y la media, mayor al mes anterior, superó en 2,8 veces a dicha guía. Ver **mapas 10 y 11 y cuadro 2**.



Mapa 10. Distribución espacial PAS – Octubre 2009



Mapa 11. Distribución espacial PAS – Noviembre 2009

**Cuadro 2: Concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS)
Octubre y Noviembre 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				
Octubre 2009	37	89.2	22.9 (Independencia)	23.2 (El Agustino, El Cercado, Lurigancho)	17.2 (Pachacamac)	29.5 (V.M.T.)	12.7	5	35.7 (Lurigancho)	3.9 (Pueblo Libre)
Noviembre 2009	37	94.6	24.4 (Independencia)	24.7 (El Agustino, El Cercado, Lurigancho)	16.0 (Pachacamac)	23.9 (V.M.T.)	13.9	5	36.6 (Lurigancho)	3.0 (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 3,5 ppb (11:00 h), inferiores a las del mes anterior, coincidiendo con el primer máximo (1012 mb) de la presión atmosférica (08:00 y 09:00 h) y la humedad relativa (90 %) que ya había alcanzado su primer máximo a las 6:00 h; mientras el segundo máximo de las concentraciones de SO_2 de 3,5 ppb (20:00 h) menores a las del mes anterior, ocurrieron cuando la presión (1011,5 mb) y humedad relativa (87 %) 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 21,5° C a las 13:00 y 14:00 h, el viento con intensidades de 2,2 m/s (15:00 h) cuando el descenso de las concentraciones del SO_2 , estuvieron camino a su mínimo de 3,0 ppb (16:00; 17:00 y 18:00 h). Ver figuras 3; 4 y 5.

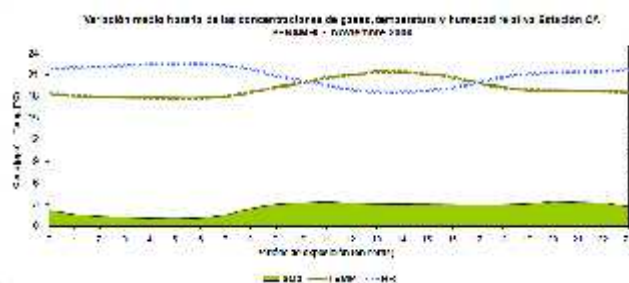


Fig.3



Fig. 4



Fig.5

El comportamiento de las concentraciones del contaminante gaseoso SO_2 observado durante el mes de noviembre, 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 19.11.2009) correspondió al 2,7 % 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.

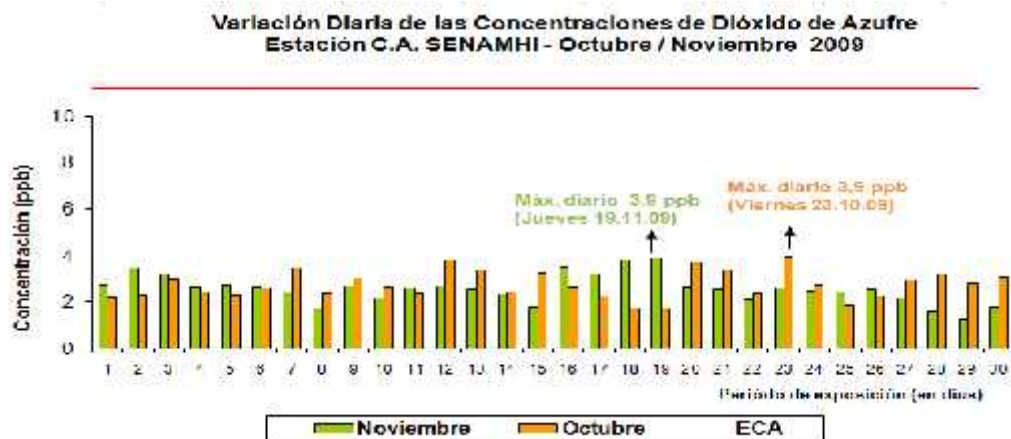


Fig. 6

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 diciembre 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 SO₂, éste disminuirá ligeramente respecto al presente mes, debido al incremento de la temperatura del aire por la mayor insolación, mayor turbulencia atmosférica cerca al suelo 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)
Diciembre 2009 (t/km².mes)

ZONA	INTERVALO DE CONFIANZA
LIMA NORTE	23.1 – 32.6
LIMA CENTRO	5.8 – 7.3
LIMA ESTE	18.3 – 25.0
LIMA OESTE	5.8 – 8.1
LIMA SUR	24.3 – 32.4

Conclusiones:

- Las condiciones atmosféricas y oceánicas que determinaron el comportamiento climático durante el mes de noviembre en la costa central de Perú muestra el Anticiclón del Pacífico suroriental con valores medios de su núcleo de 1025 hPa, anomalías entre -2.5 y 2.5 hPa en latitudes tropicales a -20 y +40 en altas latitudes; anomalías de TSM oscilando entre -1.0 a 1.5° C en latitudes tropicales y -1.5 a 0° C en altas latitudes, altura media de la base de Inversión Térmica de 805 m.s.n.m, gradiente de 2,2°C/100 m y presencia de la nubosidad estratiforme baja, y nubosidad media y alta durante casi todos los días del mes.
- El transporte de los contaminantes es predominantemente desde el SW, S y SE del litoral costero hacia las microcuencas del Chillón, Rímac y Lurín con intensidades débiles 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 13,9 t/km²/mes, superiores a las del mes anterior en los núcleos de las zonas críticas Lima-Norte y Lima-Centro-este; excepto en Lima-Sur-este y Lima-Sur, donde fueron inferiores. La media superó a la guía OMS en 2,8 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 3,5 ppb (11:00 h), coincidiendo con el primer máximo de presión atmosférica de 1012 hPa y humedad relativa de 90 %, e inversa con la temperatura del aire y la intensidad del viento cuyas máximas medias de 21,5° C (13:00 y 14:00 h) y de 2,2 m/s (15:00 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 noviembre no superaron los estándares de calidad del aire, correspondiendo al 2,7 % 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 diciembre 2009, las concentraciones del Polvo Atmosférico Sedimentable, se incrementen dentro de su variabilidad normal, y las concentraciones del gas SO₂ disminuyan ligeramente respecto a las del presente mes, debido a la mayor disponibilidad de energía térmica y al diferente calentamiento de superficies contiguas, generando mayor turbulencia en las capas bajas de la Tropósfera.