

# PRONOSTICO MENSUAL DE LA CALIDAD DE AIRE EN LA ZONA METROPOLITANA DE LIMA Y CALLAO, ZONA DE ATENCIÓN PRIORITARIA, MAYO 2010

Ing. José Silva Cotrina  
Ing. Jhicensia Rivera Minaya  
Ing. José Carlos Canales  
Tco. Rosalinda Aguirre Almeyda

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 mayo mostraron que las intensidades del Anticiclón del Pacífico suroriental variaron entre 1017.5 hPa el día 10 a 1035 hPa los días 25 y 26; media de 1022.5 hPa en los 33° sur y 100° W y anomalías entre -2.5 y +2.5 hPa en latitudes tropicales a -30 y +30 hPa en altas latitudes; las anomalías de TSM entre 0 a 1,5° C en latitudes tropicales a condiciones normales en altas latitudes, lo que ocasionó que durante el mes, los vientos a lo largo de la costa peruana se presenten variando entre débiles a moderados y fuertes la segunda y tercera década; afloramiento marino muy activo; inversión térmica que tiende a intensificarse con altura promedio de su base a 754m.s.n.m, espesor de 448 m y un gradiente medio de 1.6° C/100 m (ver figura 1 y cuadro N° 1); condiciones que, propiciaron la presencia de la densa nubosidad estratiforme baja (base < 500 m.s.n.m.) durante todos los días en los distritos costeros, con presencia de garúas, disminución de nubes medias y altas, debido a la disminución de los trasvases de masas húmedas desde la Amazonía, (ver figura 2); las condiciones en la cuenca atmosférica de Lima-Callao fueron de cielo cubierto a nublado parcial, seguido de nubes dispersas y en muy pocos días, despejado; condiciones que en promedio ocasionaron que la temperatura del aire y la humedad relativa, alcancen en el presente mes los valores de 20,7° C el 1 de mayo (día más cálido); 17,0° C el 26 de mayo (día más frío); el 17 de mayo fue el día más húmedo (93 %) y el 28 de mayo, el día más seco (75 %).

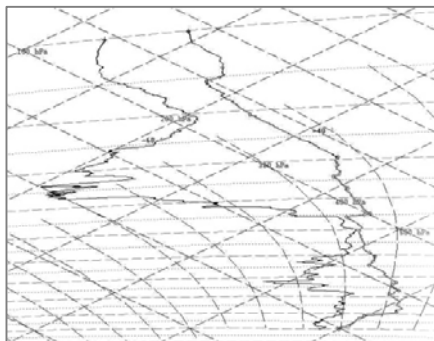


Fig. 1. Base y Tope de la I.T. 07:00 hora local - Mayo 2010 - Estación Las Palmas (Surco)

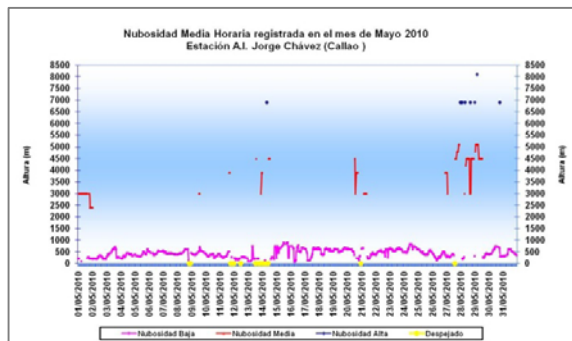
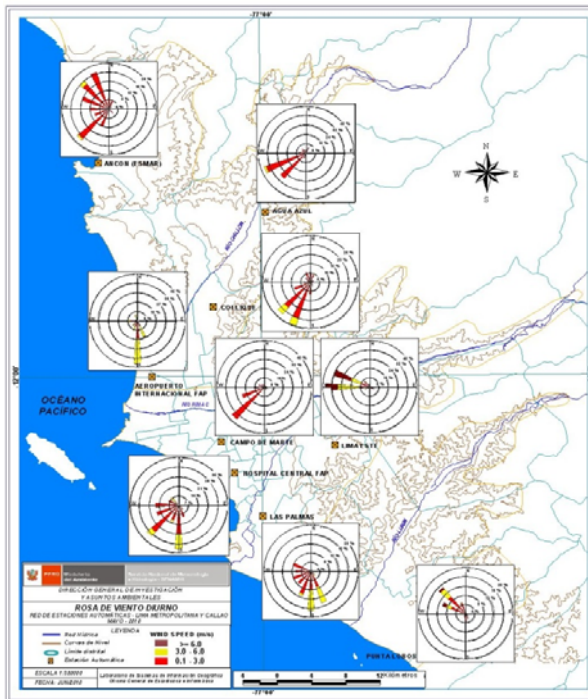


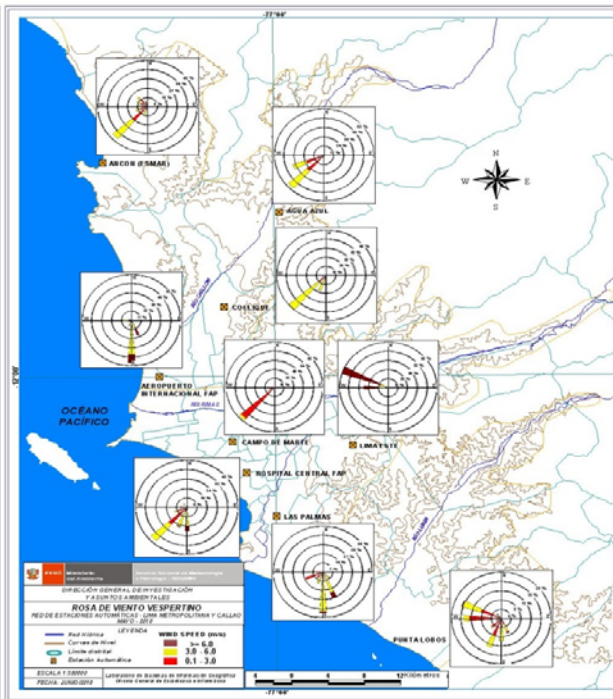
Fig.2. Nubosidad medio horaria. Estación A.I. Jorge Chávez - Mayo 2010

Cuadro N° 1: Características de la Capa de Inversión Térmica en la Costa Central de Perú  
MAYO 2010

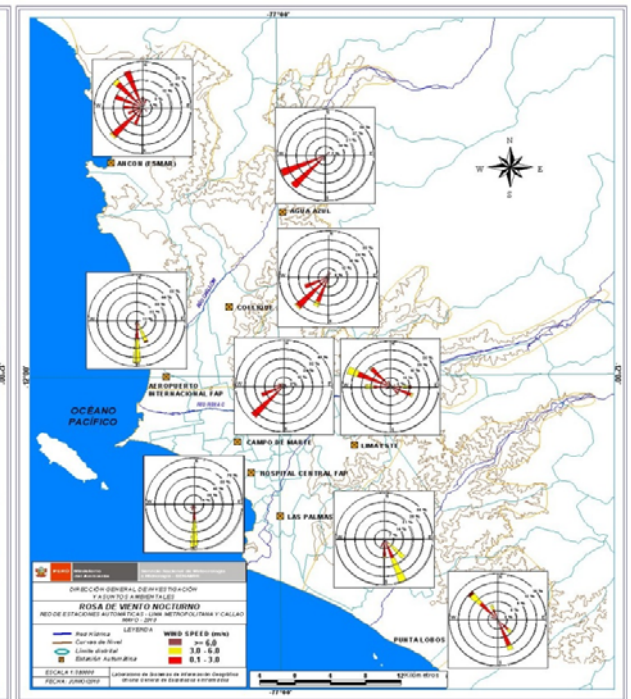
PARÁMETRO	UNIDAD	MÁXIMO		MÍNIMO		PROMEDIO
		Valor	Fecha	Valor	Fecha	
Espesor	metro	890	21 Mayo	205	07 Mayo	448
Altura Base	metro	1081	29 Mayo	327	12 Mayo	753.8
Altura Tope	metro	1615	24 Mayo	777	12 Mayo	1201.8
T Base	° C	19.2	01 Mayo	12	24 Mayo	14.8
T Tope	° C	24	17 Mayo	18.5	28 Mayo	21.2
Gradiente	°C/100metros	3.8	07 Mayo	0.6	28 Mayo	1.6
H.R. Base	%	100	3,5,7,8,19,22,26,31 Mayo	77	01 Mayo	96
H.R. Tope	%	81	12 Mayo	7	17 Mayo	48



Mapa 1. Rosas de viento diurnas



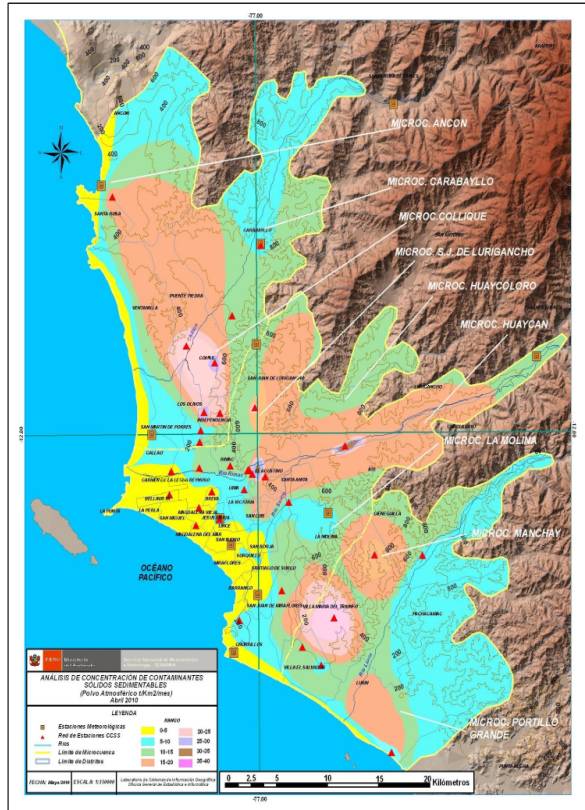
Mapa 2. Rosas de viento vespertinas



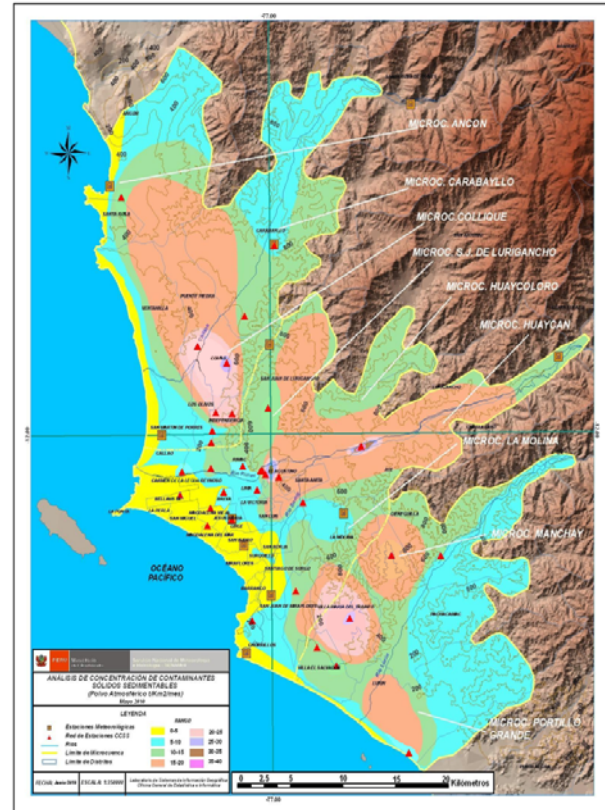
Mapa 3. Rosas de viento nocturnas

En cuanto a la dispersión de los contaminantes del aire presentada en los Mapas 1, 2 y 3, se aprecia que, en promedio, éstos son transportados río arriba por las microcuencas de los ríos Chillón, Rímac y Lurín, predominantemente por vientos débiles a moderados del S, SW y W en horas de la mañana (la ciudad es una isla de calor que ocasiona que desde muy tempranas horas ingresen las brizas marinas); de moderados a fuertes del SW y W en horas de tarde; mientras que durante la noche nuevamente por vientos débiles del SW, S y SE; excepto en los distritos de Ancón (Lima Norte), La Molina (Lima Sureste) y Punta Hermosa (Lima Sur), donde los vientos respectivamente del NW, W y NW son débiles en horas de la mañana, moderados a fuertes en horas de tarde y débiles en la noche; en los tres casos, tanto en Ancón, La Molina y Punta Hermosa, son efectos netamente locales.

Durante el mes de mayo, las concentraciones promedio de Polvo Atmosférico Sedimentable – PAS- ( $\Phi < 100$  micras) fueron muy ligeramente menores a las del mes anterior debido a la elevación de la base de la capa de inversión térmica, intensificación de la nubosidad, menor insolación y mayor ocurrencia de garúas, que propiciaron procesos de sedimentación del Polvo Atmosférico Sedimentable – PAS. La zona crítica de más alta concentración fue Lima-Centro Este (Lurigancho) que superó a la guía OMS (5 t/km<sup>2</sup>/mes) en 7,5 veces; y la media, ligeramente menor que el mes anterior, superó en 2,7 veces a dicha guía. Ver mapas 4 y 5 y cuadro 2.



Mapa 4. Distribución espacial PAS – Abril 2010



Mapa 5. Distribución espacial PAS – Mayo 2010

Cuadro 2: Concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) Abril/Mayo 2010 (t/km<sup>2</sup>.mes)

Conc t/km <sup>2</sup> .mes	N ° est.	% de estaciones Sobrepasa nivel ref.	Núcleos principales ( puntuales y promedios)				X t/km <sup>2</sup> /mes	Guía OMS	Máx t/km <sup>2</sup> /mes	Min t/km <sup>2</sup> /mes
			Lima Norte	Lima Centro-este	Lima Sur-este	Lima Sur				
Abril 2010	37	83.8	27.7 (Independencia)	24.0 (El Agustino, Cercado, Lurigancho)	18.7 (Pachacamac)	20.85 (V.M.T.)	13.7	5	32.0 (El Agustino)	1.5 (Jesús María)
Mayo 2010	37	94.6	23.4 (Independencia)	24.8 (El Agustino, Cercado, Lurigancho)	16.2 (Pachacamac)	27.0 (V.M.T.)	13.5	5	37.6 (Lurigancho)	4.9 (Magdalena)



El comportamiento medio horario de los contaminantes gaseosos ( $\text{NO}_2$  y  $\text{SO}_2$ ) durante el mes de mayo en Lima este (estación de monitoreo Ate); muestra una relación directa con la presión atmosférica y la humedad relativa. De esta manera, las máximas concentraciones medias de  $\text{NO}_2$  de 32,2 ppb (12:00 h) y de  $\text{SO}_2$  de 3,9 ppb (10:00 h), ocurrieron cuando ya la presión atmosférica (1019.3 hPa) y la humedad relativa (92,0 %) (6:00 h) habían alcanzado su primer máximo; mientras que los segundos máximos de  $\text{NO}_2$  y  $\text{SO}_2$ , que fueron de 23,6 ppb (20:00 h) y 2,8 ppb (23:00 h), ocurrieron cuando la presión (1018.9 hPa) y humedad relativa (90,0 %) estuvieron camino a su segundo máximo que lo alcanzaron a las 22 horas. La temperatura del aire, inversa al comportamiento de la humedad, alcanzó un valor máximo de 21,4° C (La Molina) a las 14:00 horas, coincidiendo con el descenso de las concentraciones de ambos gases, con mínimos de 21,9 ppb (23:00 h) y 1,25 ppb (18:00 h), respectivamente. Ver figuras 3; 4; 5 y 6.

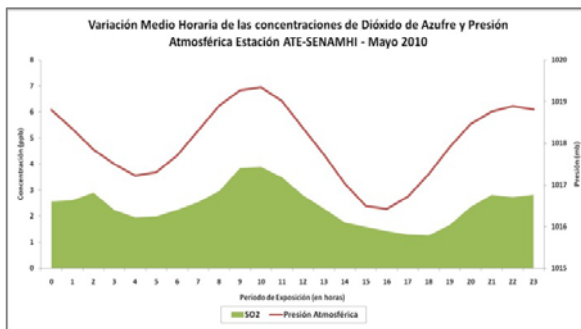


Fig.3

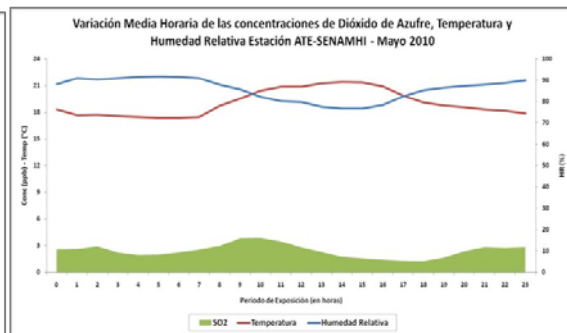


Fig. 4

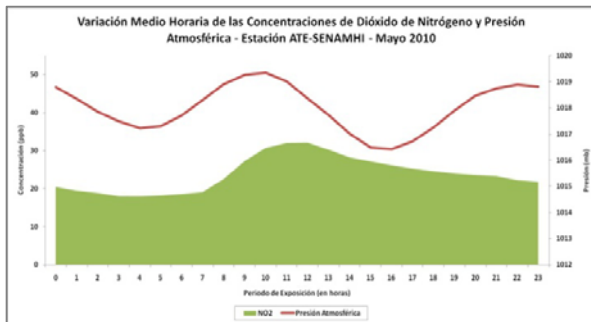


Fig.5

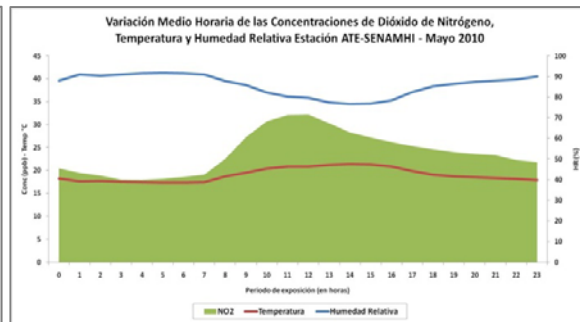


Fig.6

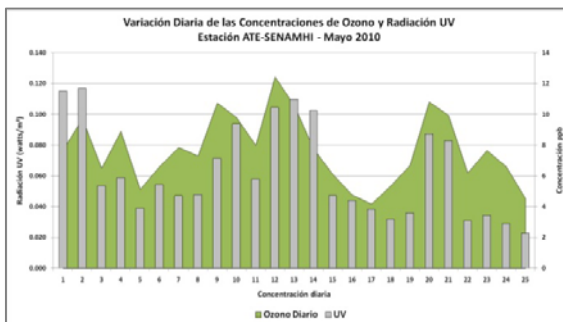


Fig. 7

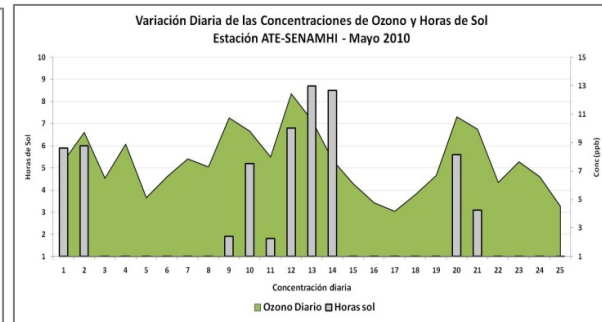


Fig.8

El comportamiento medio horario del contaminante gaseoso  $\text{O}_3$  Troposférico dentro del ciclo diario, ver fig. 7, tiene una relación directa con la radiación UV, donde se puede observar que las concentraciones de  $\text{O}_3$  alcanzaron valores de 12,44 ppb con una radiación UV de 0,13 Watts/m<sup>2</sup>. En la fig. 8, se puede observar la misma relación directa entre la cantidad de horas de sol y las concentraciones del Ozono Troposférico.

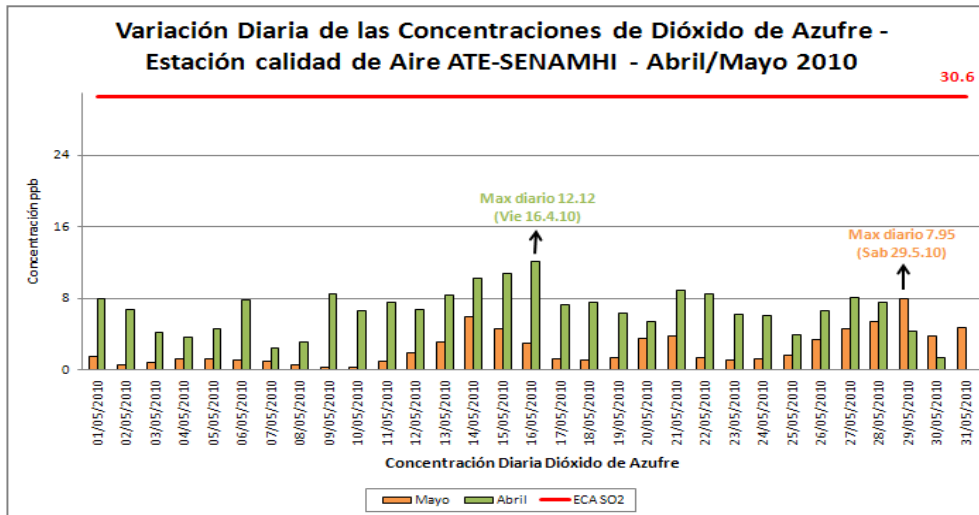


Fig.9

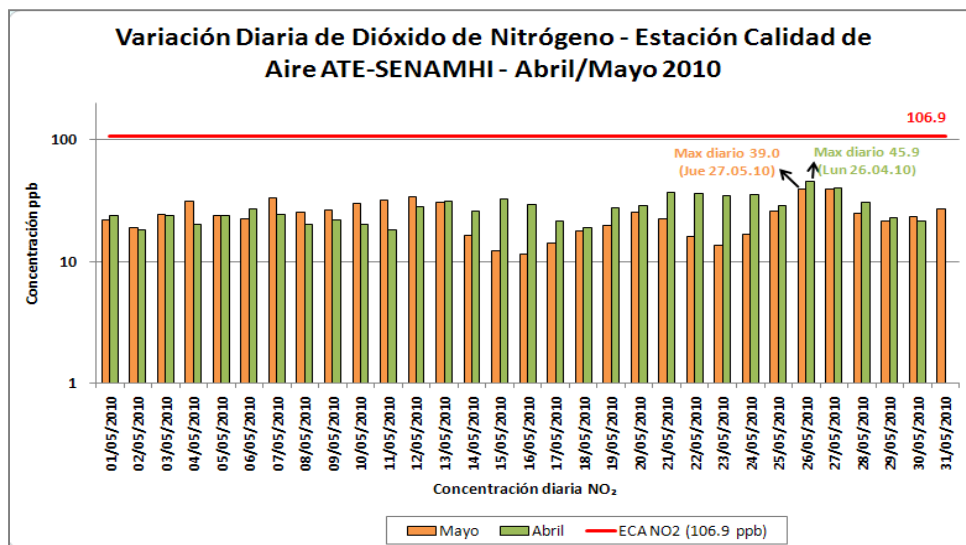


Fig.10

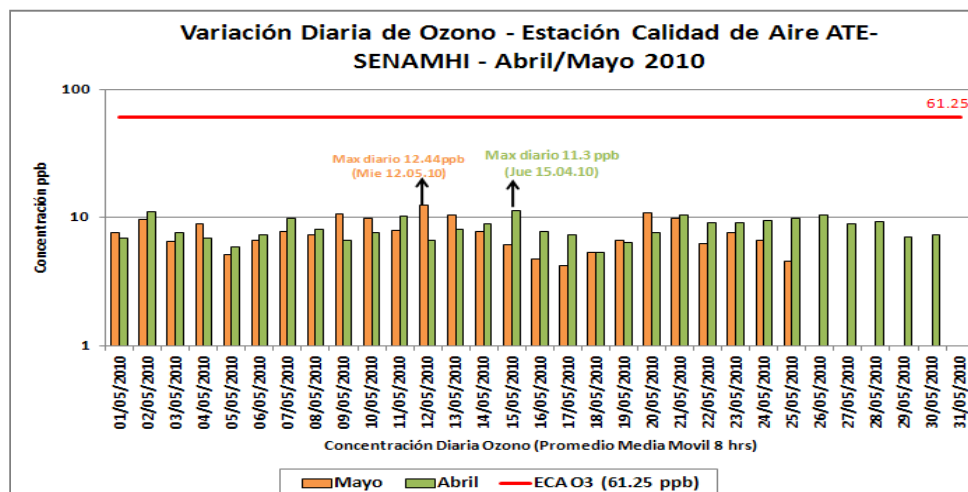


Fig.11

El comportamiento de las concentraciones de los contaminantes gaseosos  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  y  $\text{O}_3$  observadas durante el mes de mayo en la Estación de monitoreo de localidad del aire de Ate, no superaron a sus estándares correspondientes (D.S. N° 03-MINAM-2008). Así, la máxima concentración de  $\text{NO}_2$  (39,0 ppb del 27.05.10 a las 13:00 h) correspondió al 36,5 % del ECA horario del  $\text{NO}_2$  ( $200 \text{ ug/m}^3 = 106,9 \text{ ppb}$ ) (fig. 10); las concentraciones promedio diaria de  $\text{SO}_2$  (7,95 ppb del 29.05.10) correspondieron al 26,0 % del ECA diario del  $\text{SO}_2$  ( $80 \text{ ug/m}^3 = 30,6 \text{ ppb}$ ) (fig. 9); las concentraciones de  $\text{O}_3$  media móvil de 8 horas (12,44 ppb del 12.05.10 a las 13:00 h) correspondieron al 20,3 % del ECA correspondiente ( $120 \text{ ug/m}^3 = 61,25 \text{ ppb}$ ) (fig. 11); sin embargo, las concentraciones promedio diario de PM-10 ( $203,1 \text{ ug/m}^3$  del 12.05.10), superaron al ECA diario de este contaminante ( $150 \text{ ug/m}^3$ ) en 35,5 % (fig. 12), lo que indica que esta zona de la capital, presenta una baja calidad de aire debido a la contaminación por partículas. 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.

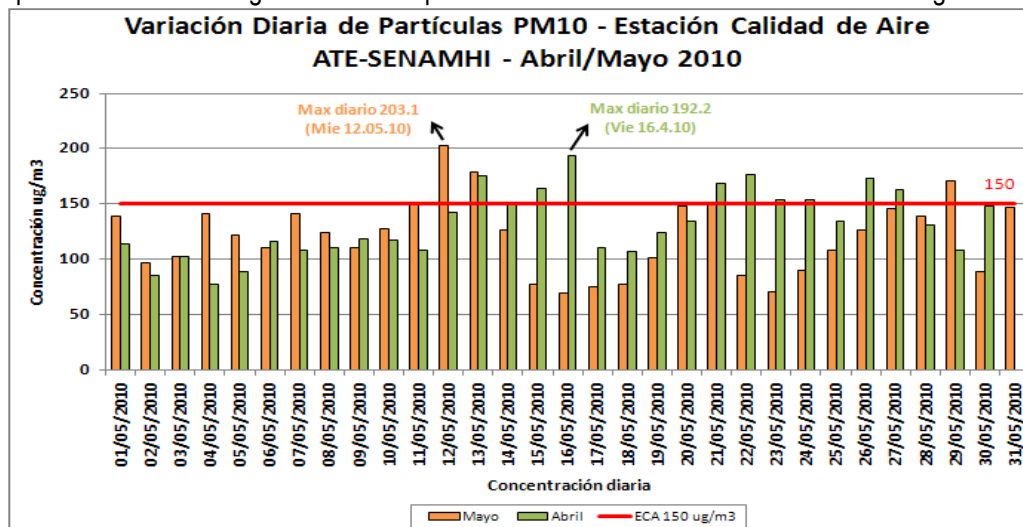


Fig.12

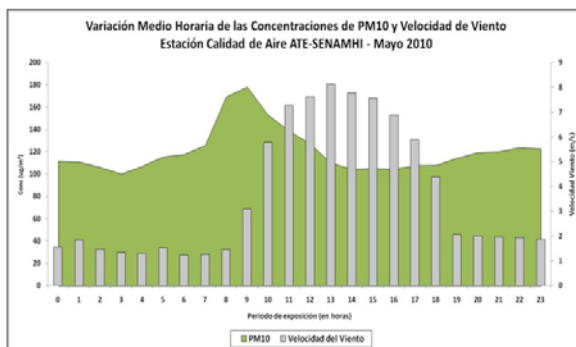


Fig.13

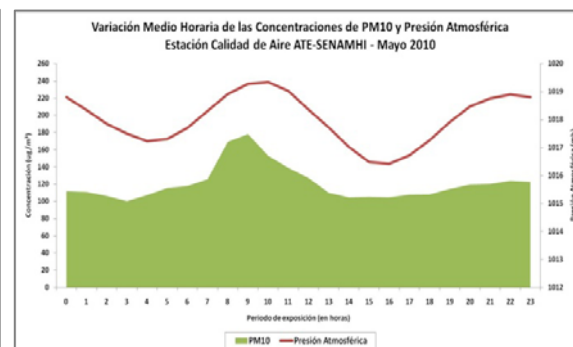


Fig.14

El material particulado PM10 ( $\Phi < 10$  micras), en la Estación de Ate dentro del ciclo diario, registró su máxima concentración media horaria de  $178,12 \text{ ug/m}^3$  (09:00 h) con una presión atmosférica media máxima de  $1019,3 \text{ hPa}$  y el segundo máximo de  $123,83 \text{ ug/m}^3$  (22:00 h) con una presión media máxima de  $1018,9 \text{ hPa}$ ; entre ambos máximos, hacia las 14:00 horas se registró una mínima concentración de  $104,51 \text{ ug/m}^3$  por efecto de la turbulencia debido a las horas de mayor calentamiento que favorecieron en horas vespertinas los procesos de dispersión de las partículas transportadas por vientos del SW en la estación de la Molina (Lima Este), con intensidades de  $8,1 \text{ m/s}$  (13:00 h) cuando el descenso de las concentraciones del PM-10 ha alcanzado su mínimo de concentración. Ver figuras 13 y 14.

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 junio 2010; como consecuencia del comportamiento variable con tendencia a la intensificación del anticiclón del Pacífico suroriental y por lo tanto del afloramiento de la corriente fría de Humboldt, de la inversión térmica por subsidencia, de la nubosidad estratiforme baja, serán más frecuentes los días con condiciones de cielo totalmente cubierto y ocurrencia de garúas; la temperatura del aire en promedio continuará su descenso, la misma que de acuerdo al reporte junio 2010, del Comité Técnico Nacional del Estudio del fenómeno ENSO, presentará anomalías negativas (La Niña); igualmente, la humedad relativa media del aire continuará en ascenso. 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 descenso; en cuanto a las partículas contaminantes PM10 y el ozono, igualmente se espera que muestren un ligero descenso; sin embargo, los contaminantes gaseosos SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> es probable que muestren un comportamiento similar al presentado en el mes de mayo.

### PERSPECTIVAS: INTERVALO

**Cuadro 3: Perspectiva de concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS)  
Junio 2010 (t/km<sup>2</sup>.mes)**

ZONA	INTERVALO DE CONFIANZA
LIMA NORTE	19.7 – 23.5
LIMA CENTRO	5.0 – 7.2
LIMA ESTE	15.7 – 20.4
LIMA OESTE	4.1 – 6.0
LIMA SUR	20.6 – 23.1

## Conclusiones:

- Las condiciones atmosféricas y oceánicas que determinaron el comportamiento climático durante el mes de mayo en la costa central de Perú muestra el Anticiclón del Pacífico suroriental con valores medios de su núcleo de 1017.5 hPa, anomalías entre -2.5 y +2.5 hPa en latitudes tropicales a -30 y +30 hPa en el SW de las altas latitudes; anomalías de TSM oscilando entre 0 a +1.5° C en latitudes ecuatoriales y condiciones normales en altas latitudes; altura media de la base de Inversión Térmica de 754 m.s.n.m, gradiente de 1,6°C/100 m, intensificación de la nubosidad estratiforme baja e incremento en la ocurrencia de garúas.
- En la Zona Metropolitana de Lima y Callao, durante el mes de mayo, la temperatura del aire continúa su descenso y la humedad relativa su ascenso; así, el 1 de mayo, día más cálido (20,7° C); el 26 de mayo, día más frío (17,0° C); el 17 de mayo fue el día más húmedo (93 %) y el 28 de mayo, el día más seco (75 %).
- El transporte de los contaminantes es predominantemente desde el S, SW y W, es decir, desde el litoral costero hacia las microcuencas de los ríos Chillón, Rímac y Lurín con intensidades débiles a moderadas en las mañanas y noches (efectos de la ciudad como isla de calor), y moderados a fuertes en la tardes; mientras que en Lima norte (distrito de Ancón), Lima sureste (distrito La Molina) y Lima sur (distrito Punta Hermosa), los contaminantes son transportados por vientos moderados a fuertes del NW, W y E, principalmente. Son locales.
- Las concentraciones de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) fueron en promedio de 13,7 t/km<sup>2</sup>/mes, menores a las del mes anterior; sin embargo, en el núcleo de la zona crítica Lima-Este (Lurigancho) superaron a la guía OMS (5 t/km<sup>2</sup>/mes) en 7.5 veces.
- Las concentraciones promedio diario de PM-10 (194,20 ug/m<sup>3</sup> del 16.04.10) en Lima este (distrito de Ate), superaron al ECA diario de este contaminante (150 ug/m<sup>3</sup>) en 29,5 %, indicando que la población de esta zona de la capital, soportó altos niveles de contaminación por partículas.
- Las concentraciones máximas del ozono troposférico dentro del ciclo diario, muestran una estrecha relación con las horas de mayor insolación y con las horas de mayor incidencia de radiación UV, en esta zona de la capital.
- Los contaminantes gaseosos (NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>) en el ciclo diario, durante el mes de mayo en Lima Este (estación de monitoreo Ate); alcanzaron el NO<sub>2</sub> las máximas concentraciones medias de 39,0 ppb (36,5 % del ECA horario de 200 ug/m<sup>3</sup> = 106,9 ppb); y el SO<sub>2</sub> de 7.95 ppb (26 % del ECA diario de 80 ug/m<sup>3</sup> = 30,6 ppb).
- En la Zona Metropolitana de Lima–Callao y relacionado a los pronósticos climáticos para la Costa Central de Perú, se espera que durante el mes de junio 2010, las concentraciones del Polvo Atmosférico Sedimentable, partículas PM10 y el gas ozono troposférico, descendan ligeramente dentro de su variabilidad normal, y las concentraciones de los gases SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> se mantengan similares respecto a las del presente mes. Probable presencia de anomalías térmicas negativas (La Niña).