

BOLETÍN MENSUAL

AÑO 12 N°04, ABRIL 2012

VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA ZONA METROPOLITANA DE LIMA Y CALLAO



ELABORACIÓN: JOSÉ SILVA COTRINA
ALDO ZEVALLOS AMASIFUÉN
JOSÉ CARLOS CANALES
RAPHAEL ALIAGA MARTÍNEZ
MARIO GAVIDIA CALDERÓN
ROSALINDA AGUIRRE ALMEYDA

APOYO: DAVID BLAS LACTAYO

Dirección General de Investigación y
Asuntos Ambientales
Lima - Perú

VIGILANCIA DE LA CALIDAD DE AIRE EN LA ZONA METROPOLITANA DE LIMA Y CALLAO ABRIL 2012

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 abril mostraron un comportamiento muy variable del Anticiclón del Pacífico suroriental con intensidades variando entre 1020 y 1040 hPa; media sinóptica de 1022,5 hPa en los 34° S y 101° W; anomalías entre -2 y 0 hPa en latitudes tropicales a -5 y +13,5 hPa en altas latitudes del SW y S; las anomalías de TSM variando entre 0 a +2° C en latitudes tropicales y alrededor de sus condiciones normales en altas latitudes del SW y S, que en conjunto ocasionaron que durante el mes, los vientos a lo largo de la costa peruana varíen entre débiles, moderados y fuertes; afloramiento marino activo; inversión térmica con altura promedio de su base a 251 m.s.n.m., espesor de 299 m y gradiente medio de 1,3° C/100 m (**cuadro N° 1**); nubosidad estratiforme baja aun debilitada (base < 500 m.s.n.m.) (**Fig. N° 1**) permitiendo la presencia de la insolación sobre casi todos los distritos de la capital, excepto en los distritos costeros; aun fuerte presencia de nubosidad media como consecuencia de los trasvases desde la amazonía. Las condiciones descritas contribuyeron a que la temperatura media del aire continúe en ligero descenso y la humedad relativa media en ascenso, conforme avanza el otoño del hemisferio sur, presentando en la ciudad capital, durante este mes, los valores de 20.5° C el día 17 de abril (día más frío) y de 24.7° C el día 12 (día más cálido); así también, la humedad relativa fue de 83 % el día 17 de abril (día más húmedo) y de 64% el día 12 (día más seco). Relacionado a lo anterior la contaminación del aire por partículas de Polvo Atmosférico Sedimentable presentó un leve descenso; sin embargo, la contaminación por partículas menores a PM₁₀, mostró un ligero ascenso, dentro de sus condiciones normales.

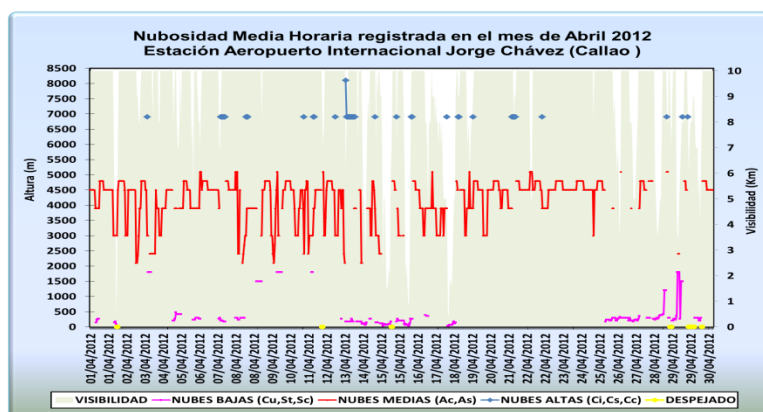
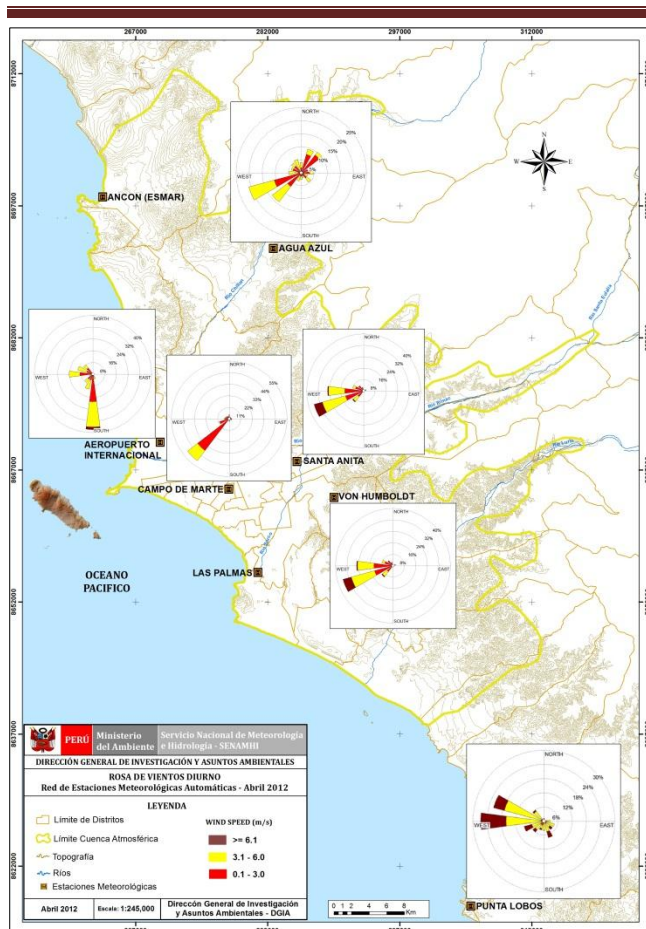


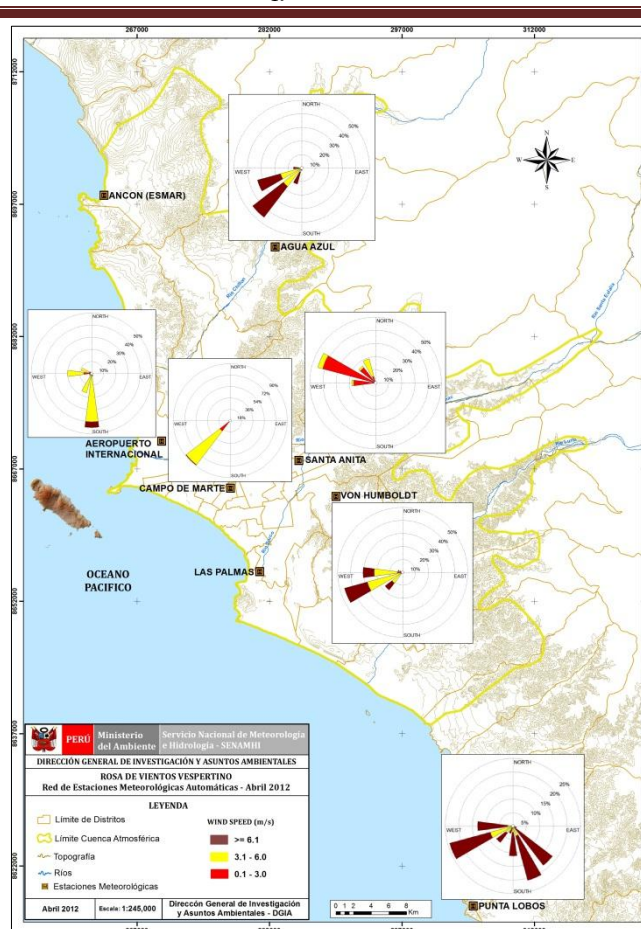
Fig. N° 01. Nubosidad medio horaria. Estación A.I. Jorge Chávez – Abril 2012

Cuadro N° 1: Características de la Capa de Inversión Térmica en la Costa Central de Perú, Abril – 2012

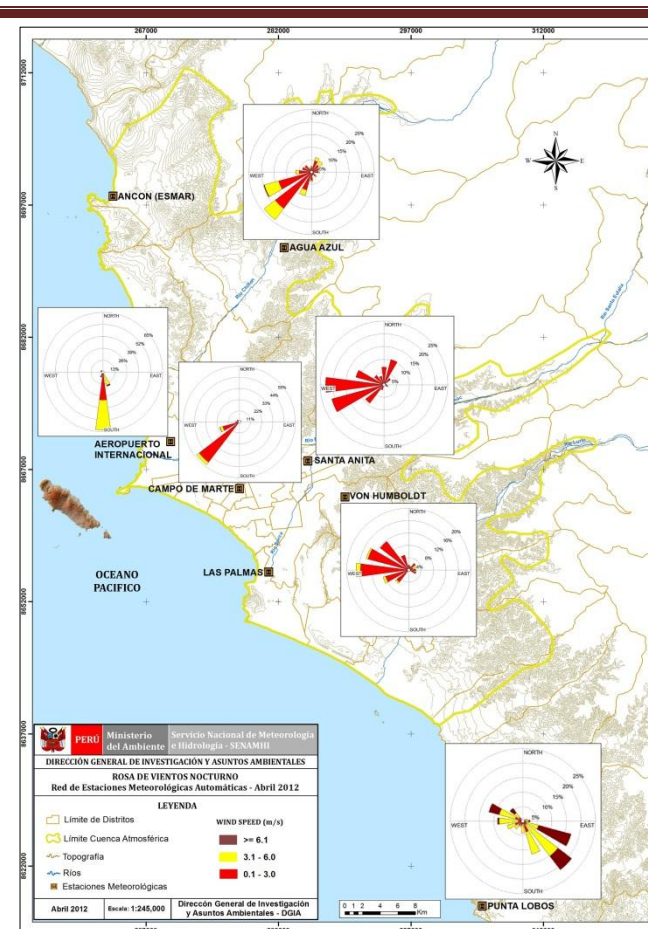
PARAMETRO	UNIDAD	MAXIMO		MINIMO		PROMEDIO
Espesor	metro	503	30 Abril	115	29 Abril	298, 9
Altura Base	metro	504	27 Abril	13	24 Abril	250, 6
Altura Tope	metro	704	27 Abril	371	29 Abril	549,5
T Base	°C	19,2	21, 24 Abril	15,6	28 Abril	17,9
T Tope	°C	22,4	21, 22 Abril	18,6	28 Abril	20,8
Gradiente	°C/100 m	2,8	29 Abril	0,2	24 Abril	1,3
H.R. Base	%	96,0	30 Abril	80	28 Abril	87,9
H.R. Tope	%	73,0	27, 28 Abril	41	21 Abril	60,8



Mapa 1. Rosas de viento diurnas



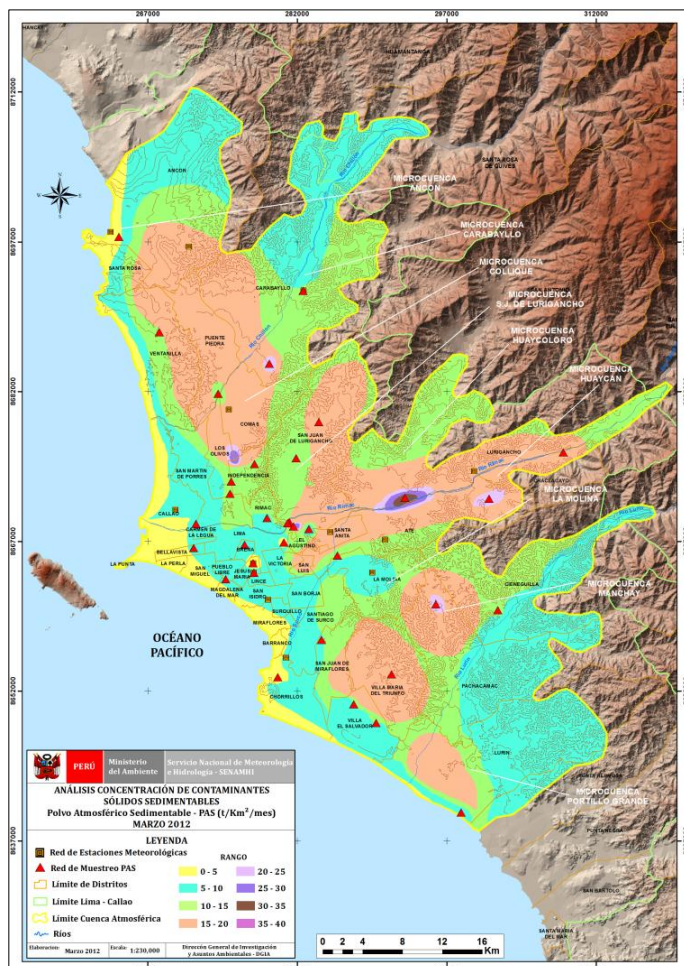
Mapa 2. Rosas de viento vespertinas



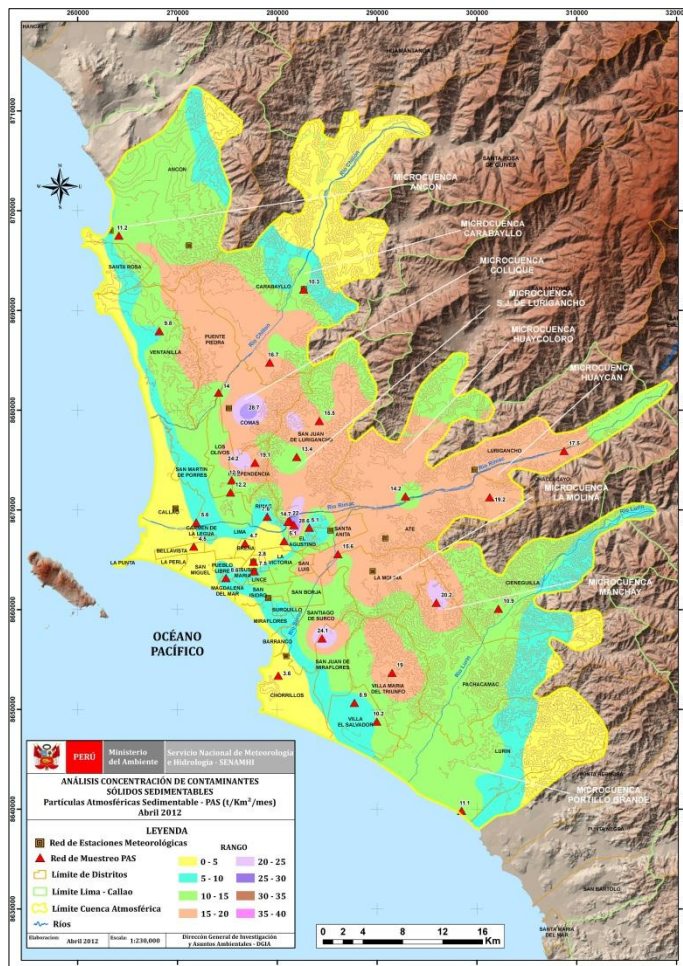
Mapa 3. Rosas de viento nocturnas

En cuanto a la dispersión de los contaminantes del aire presentada en los Mapas 1, 2 y 3, se aprecia que, en promedio, debido a la presencia de la inversión térmica que limita la dispersión vertical, predomina el transporte horizontal río arriba por las microcuencas de los ríos Chillón, Rímac y Lurín, predominando flujos de vientos débiles a moderados del W, SW y S en horas de la mañana (la ciudad es una isla de calor); vientos moderados a fuertes del W, SW, S y SE en horas vespertinas; mientras que durante la noche los vientos son eminentemente débiles del W, SW, S y SE.

Durante el mes de abril, las concentraciones promedio de Polvo Atmosférico Sedimentable - PAS ($\Phi < 100$ micrometros) fueron menores a las del mes anterior, por la persistencia de días con insolación, debido a la todavía menor densidad de la nubosidad estratiforme pese a la menor altitud de la inversión térmica; procesos que propiciaron la acción de suspensión y resuspensión de las partículas. La zona crítica de más alta concentración fue Lima Centro-Este (El Agustino), (28.6 t/km²/mes), menor que el mes anterior y superó a la guía OMS (5 t/km²/mes) en 5.7 veces; y la media, menor a la del mes anterior, superó en 2.6 veces a dicha guía.



Mapa 4. Distribución espacial PAS - Marzo 2012



Mapa 5. Distribución espacial PAS - Abril 2012

**Concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS)
Marzo 2012/Abril 2012 (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				
Marzo 2012	24	83.3%	24.1 (Independencia)	27.8 (El Agustino, Cercado)	25.4 (Pachacamac)	20.4 (V.M.T)	13.48	5	37.6 (El Agustino)	1.5 (Bellavista)
Abril 2012	25	88.0%	24.2 (Independencia)	25.3 (El Agustino, Cercado)	20.2 (Pachacamac)	19.0 (V.M.T)	12.93	5	28.6 (El Agustino)	2.8 (Jesús María)

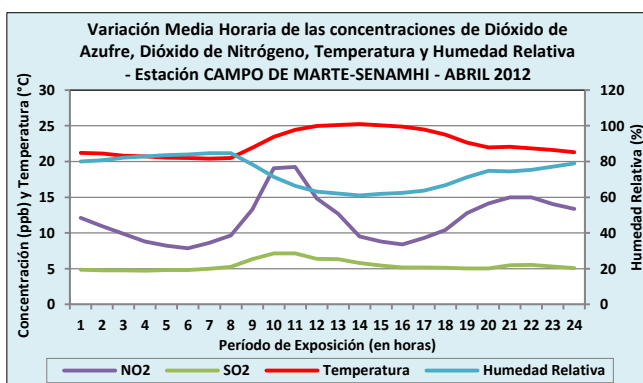


Fig.02

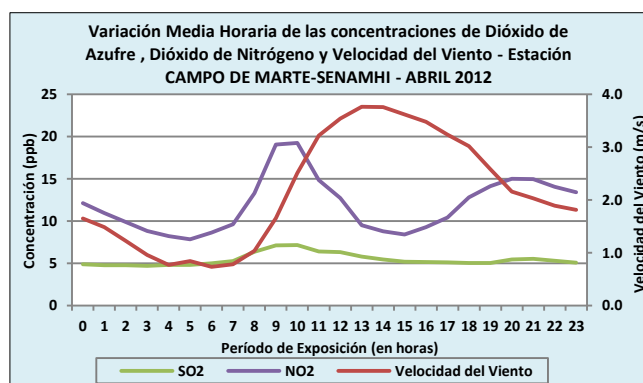


Fig.03

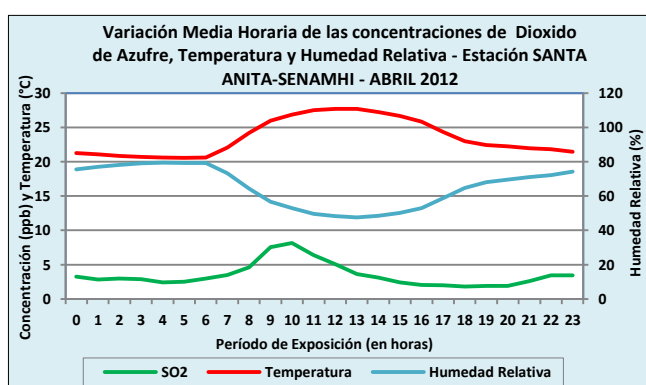


Fig.04

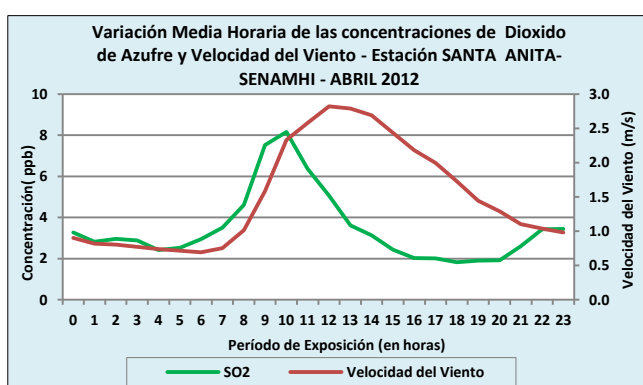


Fig.05

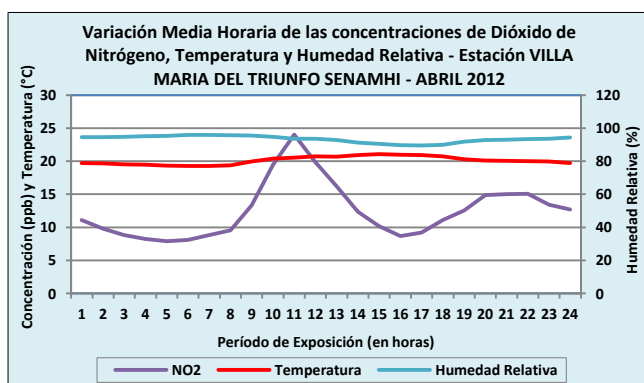


Fig.06

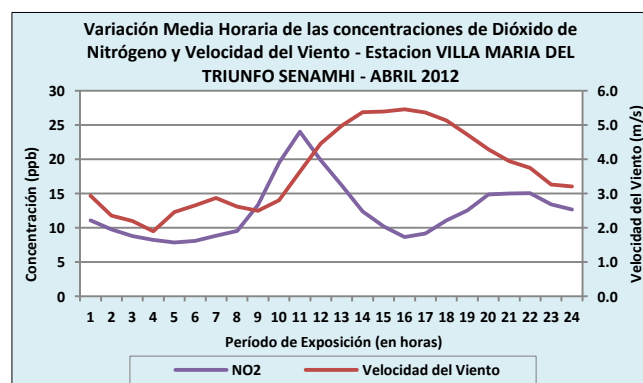


Fig.07

A Continuación se presenta los resultados del comportamiento de los contaminantes gaseosos y particulados de la Red de Monitoreo de Calidad de Aire.

En la estación de Campo de Marte, las mínimas concentraciones horarias de los contaminantes gaseosos de NO₂ y SO₂ dentro del ciclo vespertino se registraron de la siguiente manera: 8.4 ppb para el NO₂ a las 15:00 h y 5.0 ppb para el SO₂ a las 18:00 h, cuando la temperatura del aire había alcanzado su máximo valor (25.3 °C) a las 13:00 h, la Humedad Relativa su mínimo (61 %) también a las 13:00 horas (**fig.02**) y la velocidad del viento (**fig. 03**) su máximo (3.8 m/s) a las 13:00 horas.

En la estación de Santa Anita, la mínima concentración horaria del SO₂ dentro del ciclo vespertino se registraron de la siguiente manera: 1.8 ppb para el NO₂ a las 18:00 h, cuando la temperatura del aire había alcanzado su máximo valor (27.7 °C) a las 13:00 h, la Humedad Relativa su mínimo (45 %) también a las 13:00 horas (**fig.04**) y la velocidad del viento (**fig. 05**) su máximo (2.8 m/s) a las 13:00 horas.

En la estación de Villa María del Triunfo, la mínima concentración del contaminante gaseoso NO₂ dentro del ciclo vespertino fue de 9.2 ppb que se registró a las 16:00 horas, dos horas después que la temperatura del aire había alcanzado su máximo valor (21.1 °C), la Humedad Relativa su mínimo (90 %) a las 15:00 horas (**fig.06**) y la velocidad del viento (**fig. 07**), su máximo (5.5 m/s), a las 15:00 horas.

Se aprecia la relación inversamente proporcional que tiene la concentración de los contaminantes gaseosos con la temperatura del aire y la velocidad del viento que generan procesos turbulentos que facilitan la dispersión.

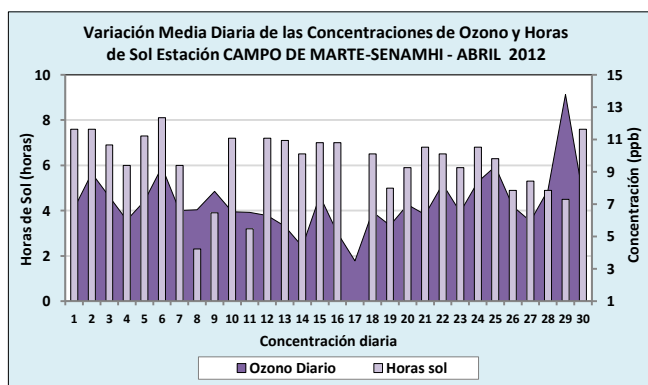


Fig. 08

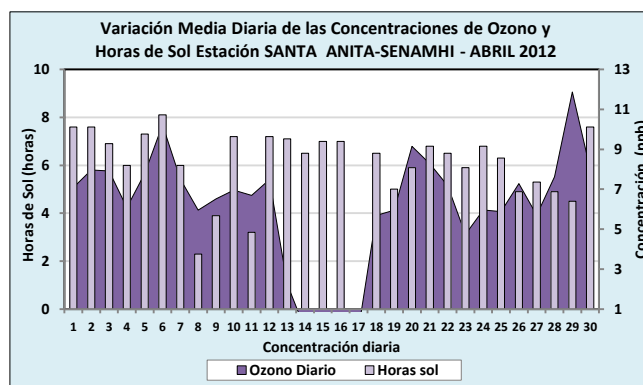


Fig. 09

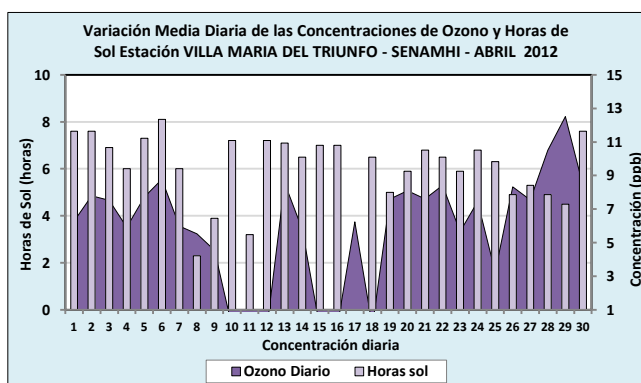


Fig. 10

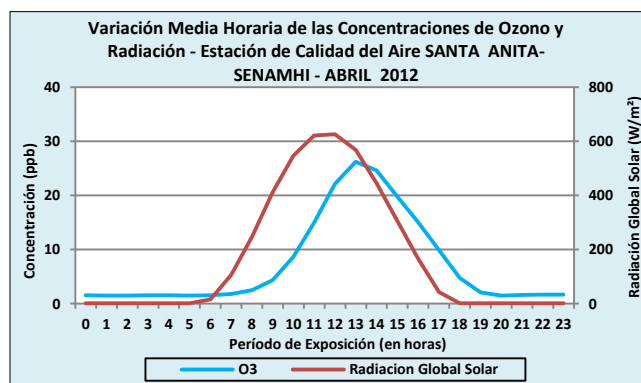


Fig. 11

Las horas de sol tiene relación directa con la concentración de Ozono Troposférico proveniente de la reacción fotoquímica de los hidrocarburos que cada vez incrementan su presencia en la atmósfera de una ciudad con un parque automotor en pleno crecimiento que demanda de un mayor número de estaciones de servicio y por lo tanto con mayores emisiones fugitivas que hacen prever que el Ozono es un contaminante del futuro cercano en la Zona Metropolitana de Lima-Callao, si no se toman las medidas de control correspondientes (fig. 08-11).

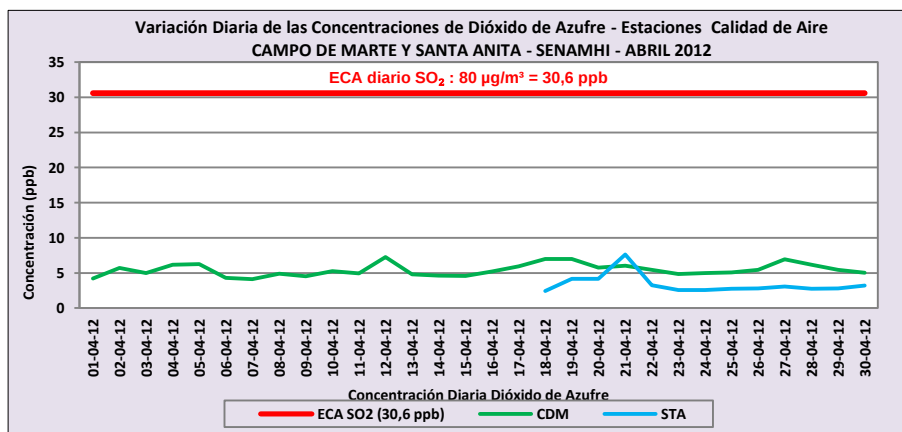


Fig. 12

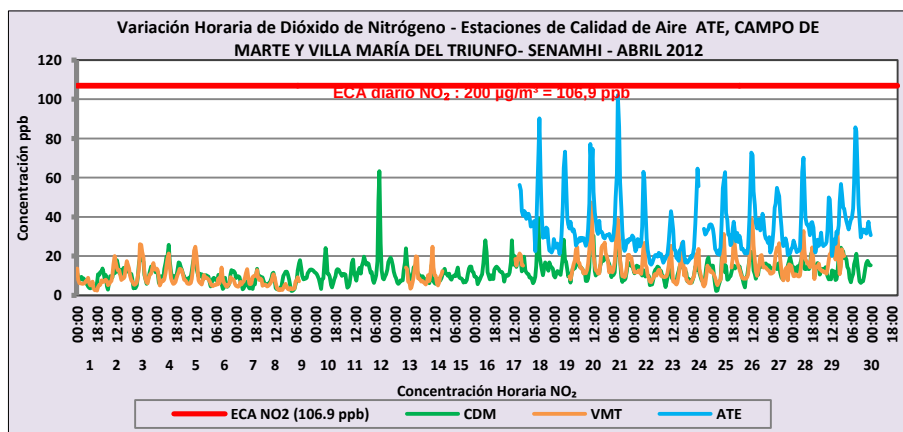


Fig. 13

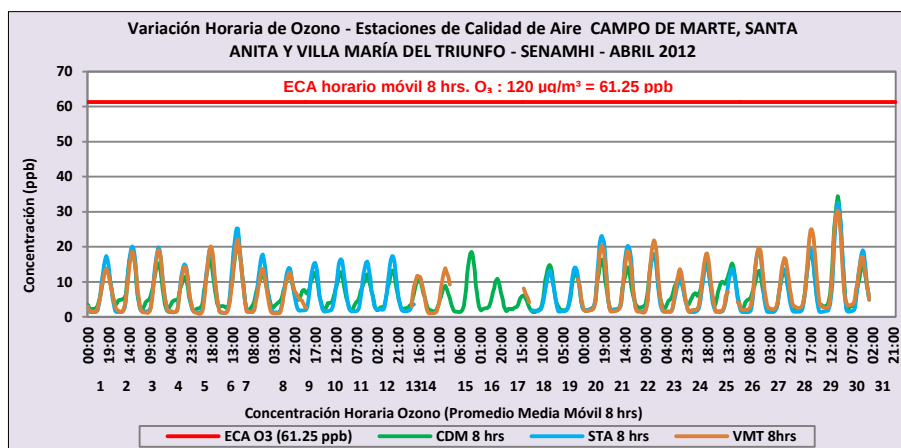


Fig. 14

Con relación al comportamiento de las concentraciones de los contaminantes gaseosos promedio horarias de NO₂, diarias de SO₂ y promedio móvil de 8 horas de O₃ Troposférico observadas durante este mes, no superaron dichos contaminantes a los Estándares de Calidad de Aire (D.S. N°074-2001-PCM y D.S. N° 003-2008-MINAM) en las estaciones de monitoreo.

La máxima concentración diaria de dióxido de azufre (SO₂) en Lima Este (Municipalidad de Santa Anita) (7.6 ppb del Sábado 21) correspondió al 24.9 % del ECA diario del SO₂ (80 µg/m³ = 30.6 ppb); Por último, en Lima Centro (Campo de Marte) el día Sábado 21 se registró el máximo valor diario (7.3 ppb) correspondiente al 23.8 % del ECA. (fig.12).

Por otro lado, la máxima concentración de NO₂ en Lima Este 1 (Municipalidad de Ate) fue de 102.1 ppb registrado el día Sábado 21 a las 10:00 h equivalente al 95.5% del ECA horario del NO₂ (200 µg/m³=106,9 ppb); en Lima Sur 2 (Municipalidad de V.M.T.) el máximo valor obtenido fue de 47.3 ppb del Viernes 20 a las 10:00 horas que correspondió al 44.3 % del ECA correspondiente. Por último en Lima Centro (Campo de Marte) el día Jueves 12 a las 10:00 h se registró el máximo valor horario (63.4 ppb) correspondiente al 59.3% del ECA.(fig.13).

La máxima concentración de O₃ (promedio móvil de 8 horas) en Santa Anita fue de 32.6 ppb el día domingo 29 a las 18:00 h representando el 53.3 % del ECA correspondiente (120 µg/m³ = 61,25 ppb); en Campo de Marte el máximo valor obtenido fue de 34.5 ppb también el 29 a la misma hora, que correspondió al 56.2 % del ECA. El valor más alto en Villa María del Triunfo fue de 30.5 ppb, registrado el mismo día y hora que las estaciones anteriores y correspondiente al 49.7% del estándar.(fig.14).

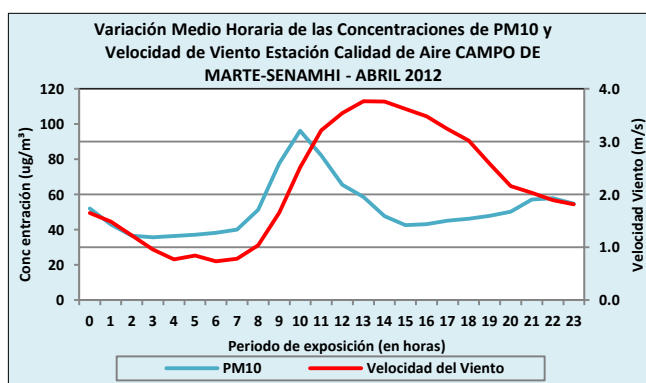


Fig.15

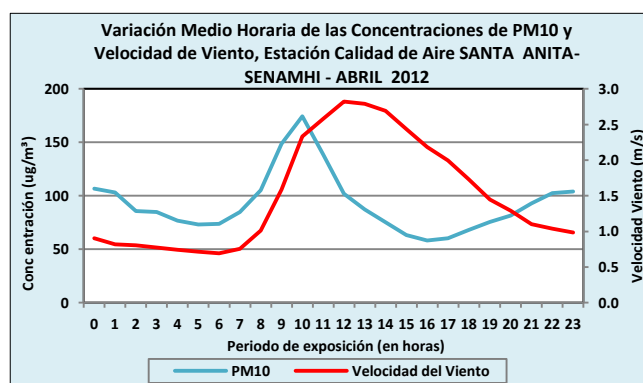


Fig.16

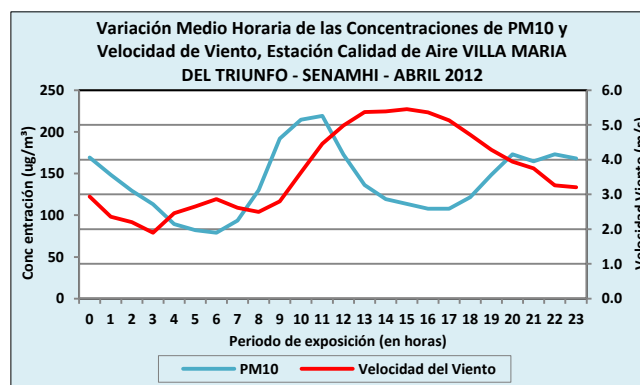


Fig.17

Comparando la variación media horaria de la concentración del PM_{10} y la velocidad del viento en las tres estaciones mostradas, se puede observar claramente la relación cualitativa inversamente proporcional de estos dos parámetros ambientales (fig.15-17).

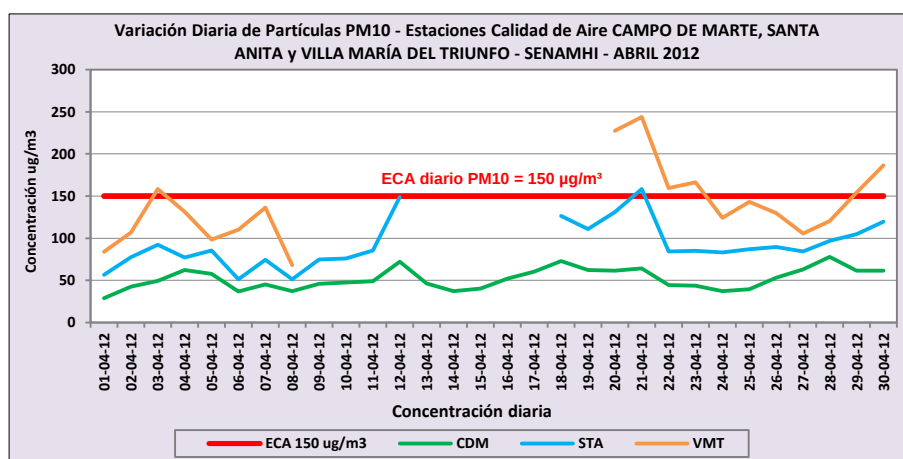


Fig. 18

Con referencia a las concentraciones de material particulado menor a 10 micrómetros en la estaciones de Lima Centro (Campo de Marte), el día Sábado 28 se registró la máxima concentración con $77.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ equivalente al 51.8% del ECA. En Lima Este 2 (Santa Anita) el día que se registró el valor más alto en el mes fue el Sábado 21 con $158.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ superando en 5.6% del ECA; se superó el estándar sólo ese día en 25 días de monitoreo. En Villa María del Triunfo (Lima Sur 2) superó el estándar en 07 de 19 días monitoreados registrándose el máximo valor diario el día Sábado 21 con $243.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ superando al estándar en 62.8% (fig.18).

PERSPECTIVAS PARA EL MES DE MAYO

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 mayo 2012, como consecuencia de que la TSM en latitudes tropicales continua mostrando anomalías positivas y el comportamiento variable del anticiclón del Pacífico suroriental generando vientos entre débiles, moderados y fuertes que a su vez mantienen un afloramiento activo, cercano al litoral, de la corriente fría de Humboldt; inversión térmica por subsidencia con tendencia a intensificarse; sin embargo, nubosidad estratiforme baja aun disminuida sobre casi todos los distritos de la capital, excepto sobre los distritos costeros con presencia de algunas garúas; aun fuerte presencia de nubosidad media y alta como consecuencia de trasvases de masas de aire húmedo desde la amazonía; la temperatura media del aire continuará su ligero descenso conforme avanza la estación de otoño del hemisferio Sur. Bajo tales condiciones, para el caso del Polvo Atmosférico Sedimentable (ver **Cuadro 3**), las partículas contaminantes PM₁₀ y el gas ozono troposférico, así como la radiación solar y UV, mostrarán tendencias decrecientes oscilando dentro de su variabilidad normal.

PERSPECTIVAS: INTERVALO

**Cuadro 3: Perspectiva de concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS)
Mayo 2012 (t/km².mes)**

ZONA	INTERVALOS DE CONFIANZA
LIMA CENTRO ESTE	21.8 - 25.4
LIMA ESTE	25.2 – 34.0
LIMA SUR	14.4 – 18.8
LIMA NORTE	10.1 – 14.6
LIMA SURESTE	8.9 – 13.2

CONCLUSIONES:

- Las condiciones atmosféricas y oceánicas que determinaron el comportamiento climático durante el mes de abril en la costa central de Perú, muestra el comportamiento variable del Anticiclón del Pacífico suroriental con valores medios de su núcleo de 1022,5 hPa en los 34° S y 101° W, anomalías entre -2 y 0 hPa en latitudes tropicales a -5 y +13,5 hPa en altas latitudes del SW y S, la TSM oscilando entre 0 y +2° C en latitudes tropicales y alrededor de sus normales históricas en altas latitudes del SW y S.
- La presencia de vientos superficiales variando entre débiles, moderados y fuertes mantuvieron un afloramiento activo cercano al litoral de las aguas del mar que propició la presencia de una intensa Inversión Térmica con altura media de su base de 251 m.s.n.m., espesor de 299 m y gradiente medio de 1,3° C/100 m. con una débil cubierta de la nubosidad estratiforme baja.
- Las concentraciones de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) fueron en promedio de 12.7 t/km²/mes, menor a la del mes anterior; además superó en 2.5 veces a dicha guía. La zona crítica de más alta concentración fue Lima Centro-Este (El Agustino), (28.6 t/km²/mes), menor que el mes anterior y superó a la guía OMS (5 t/km²/mes) en 5.7 veces.

- Los contaminantes gaseosos monitoreados (NO₂, SO₂ y Ozono Troposférico), no superaron los estándares correspondientes en las estaciones de monitoreo de: Ate, Campo de Marte, Santa Anita y Villa María del Triunfo. En Lima este (Ate) alcanzó el 95 % del Estándar de Calidad Ambiental correspondiente.
- Con referencia a las concentraciones de material particulado menor a 10 micrómetros en la estaciones de Lima Centro (Campo de Marte), el día Sábado 28 se registró la máxima concentración con 77.7 µg/m³ equivalente al 51.8% del ECA. En Lima Este 2 (Santa Anita) el día que se registró el valor más alto en el mes fue el Sábado 21 con 158.3 µg/m³ superando en 5.6% al ECA, se superó el estándar sólo ese día en 25 días de monitoreo. En Villa María del Triunfo (Lima Sur 2) superó el estándar en 07 de 19 días monitoreados registrándose el máximo valor diario el día Sábado 21 con 243.9 µg/m³ superando al estándar en 62.8%
- Las concentraciones de los contaminantes atmosféricos muestran una relación cualitativa inversamente proporcional a la temperatura del aire y velocidad del viento, debido a los procesos turbulentos del aire que generan dispersión; mientras que las concentraciones del ozono Troposférico muestran una relación directamente proporcional a las horas de sol y radiación solar debido a los mayores procesos fotoquímicos que ocurren en la atmósfera.

- ∞ -