

Boletín Vigilancia de la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de Lima y Callao

Boletín Mensual

Año 14 - Nº05, MAYO 2014



ELABORACIÓN: JOSÉ SILVA COTRINA
RAPHAEL ALIAGA MARTÍNEZ
JOSÉ DANIEL IBARRA BASURTO
ROSALINDA AGUIRRE ALMEYDA

VIGILANCIA DE LA CALIDAD DE AIRE EN LA ZONA METROPOLITANA DE LIMA Y CALLAO - MAYO 2014

I. CONDICIONES SINOPTICAS Y METEOROLOGICA LOCALES

Se realiza la evaluación de las condiciones sinópticas (salidas de reanálisis de NCEP y NOAA) y meteorológicas locales tanto de superficie como de 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 monitoreo automático en la cuenca atmosférica de Lima - Callao.

Las condiciones meteorológicas sinópticas durante el mes de Mayo mostraron el comportamiento del Anticiclón del Pacífico suroriental con intensidades variando entre 1017.5 y 1025 hPa con una media sinóptica de 1020 hPa en los 27 °S y 98 °W al E de su posición normal y con anomalías variando entre -1 y 3 hPa en latitudes tropicales y entre -12 y 10 hPa en altas latitudes del S y SW. La Temperatura Superficial del Mar (TSM) presentó anomalías que variaron entre condiciones normales y 2.5°C en latitudes tropicales y desde condiciones normales hasta 1.0°C en altas latitudes del S y SW. Todas estas condiciones ocasionaron en conjunto que, durante el mes, los vientos superficiales en la costa central de Perú, varíen mayormente entre débiles y moderados, un afloramiento marino activo y una inversión térmica por subsidencia con valores promedios de altura de su base a 1036.9 m.s.n.m., espesor de 323.3 m y gradiente medio de 2.0 °C/100 m (**cuadro N° 1** y **Fig. N° 2**) estableciendo, por su altitud y gradiente, unas condiciones moderadamente estables.

La nubosidad estratiforme baja (base < 500 m.s.n.m.) (**Fig. N° 1**) continúa con su gradual incremento, generando una disminución en la insolación, presentando pocos días despejados. La presencia de nubosidad media disminuyó con respecto al mes anterior, debido al menor trasvase de masas de aire húmedo desde la Amazonía. Asimismo, la nubosidad alta redujo también su presencia con respecto al mes anterior. Durante este mes, aumentaron las garúas con respecto al mes anterior aunque fueron esporádicas y de corta duración.

Las condiciones descritas contribuyeron a que la temperatura media del aire presente en la ciudad capital, un valor de 19.0 °C el día 21 de mayo (día más frío) y de 22.0 °C el día 12 de mayo (día más cálido), y que la humedad relativa media sea de 87 % los días 21 y 22 de mayo (días más húmedos) y de 75 % el día 12 de mayo (día más seco). Las condiciones descritas, contribuyeron a una disminución en la concentración de contaminación del aire por Partículas Menores a 10 micrómetros (PM₁₀) y Ozono Troposférico.

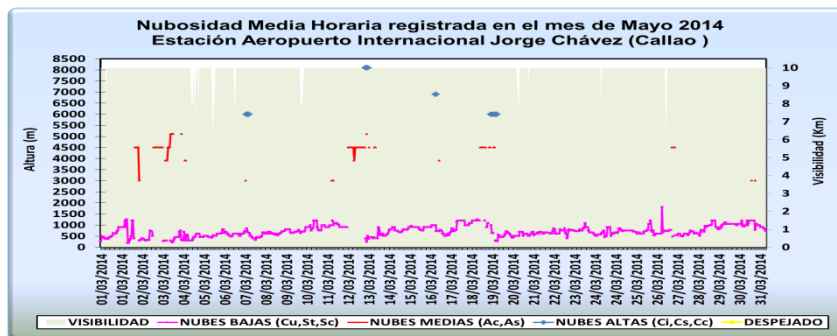


Fig. N° 01. Nubosidad medio horaria. Estación A.I. Jorge Chávez - Mayo 2014

Cuadro N° 1: Características de la Capa de Inversión Térmica en la Costa Central de Perú - Mayo 2014

PARAMETRO	UNIDAD	MAXIMO		MINIMO		PROMEDIO
Esesor	m.	667	13 Mayo	104	9 Mayo	323.3
Altura Base	m.s.n.m.	1886.0	2 Mayo	13	23 Mayo	1036.9
Altura Tope	m.s.n.m.	2398.0	2 Mayo	134	23 Mayo	1360.2
T Base	°C	18.4	4 Mayo	9.0	2 Mayo	13.3
T Tope	°C	24.4	25 Mayo	14.0	6 Mayo	18.6
Gradiente	°C/100 m.	5.7	16 Mayo	0.2	3 Mayo	2.0
H.R. Base	%	99.0	7 Mayo	37	15 Mayo	80.3
H.R. Tope	%	99.0	1 Mayo	11	11 Mayo	53.2

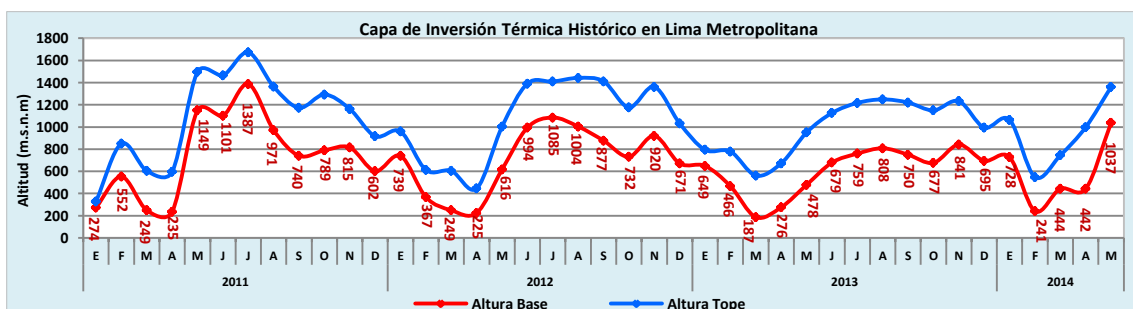
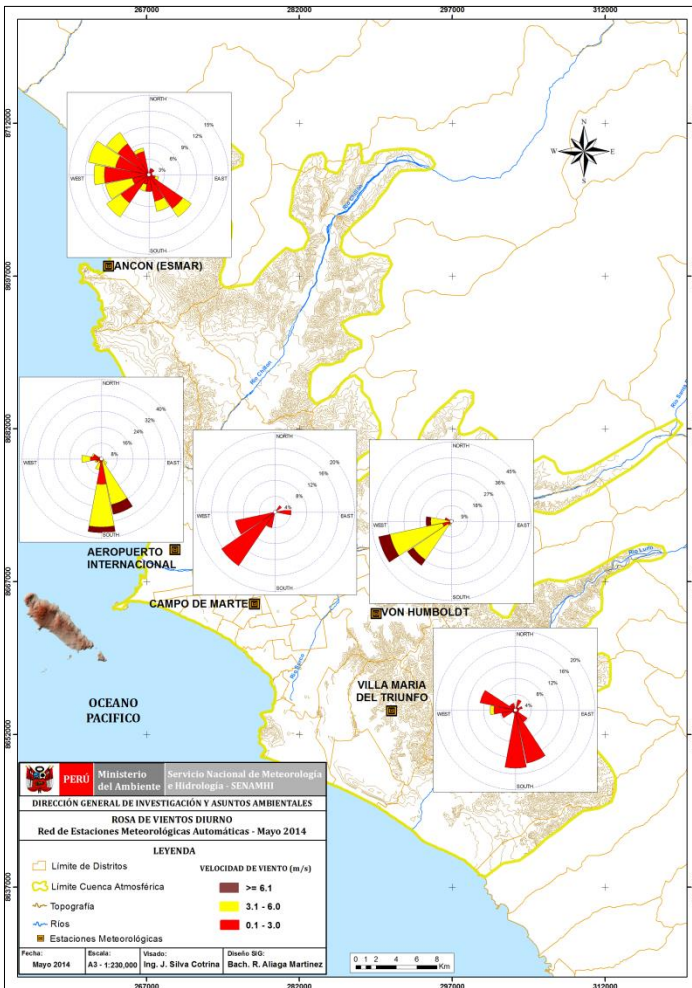
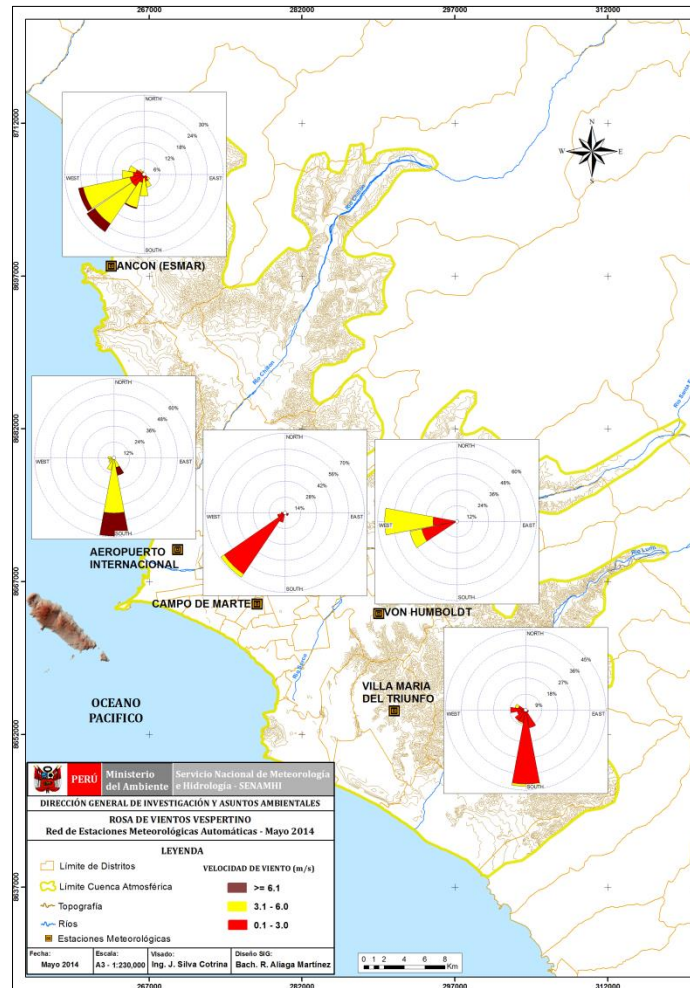


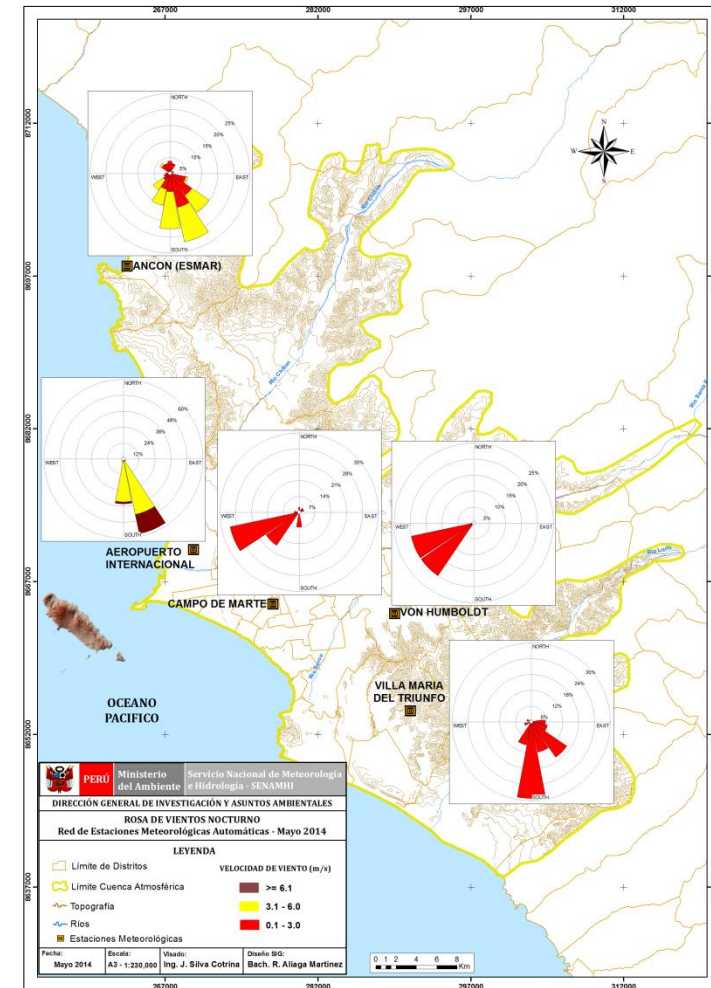
Fig.02 Capa de Inversión Térmica Histórico en Lima Metropolitana



Mapa 1. Rosas de viento diurnas



Mapa 2. Rosas de viento vespertinas



Mapa 3. Rosas de viento nocturnas

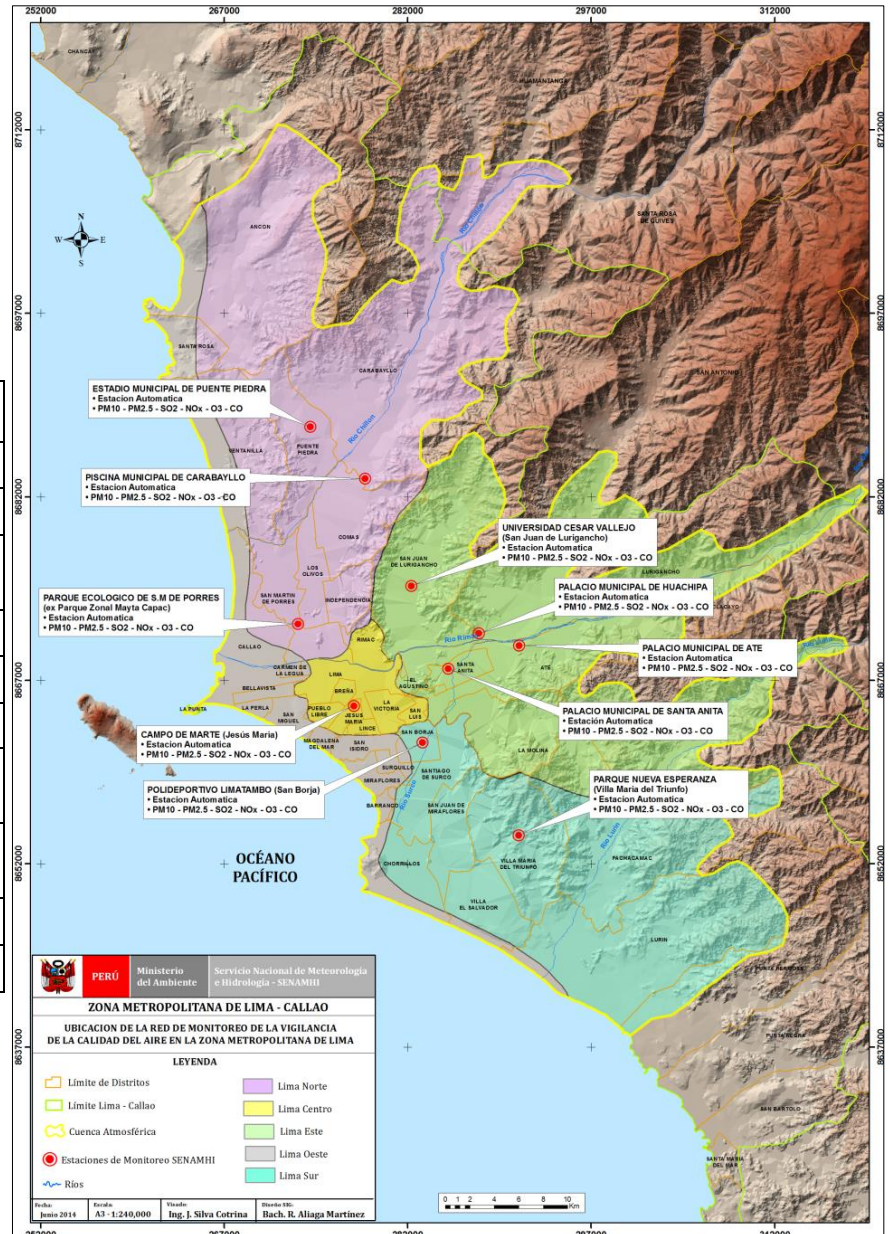
En cuanto a la dispersión de los contaminantes del aire presentada en los Mapas 1, 2 y 3, se aprecia que, en promedio, debido a la persistente estabilidad atmosférica que limita la dispersión vertical, predominó el transporte horizontal en dirección norte, noreste y este río arriba por las microcuencas de los ríos Chillón, Rímac y Lurín, con flujos de vientos débiles a moderados del S, SW y W, excepto en Ancón del NW, en horas de la mañana, moderados a fuertes en horas de tarde y en la noche volvieron a predominar los vientos débiles a moderados del S, SW, W y NW.

II. COMPORTAMIENTO DE LOS CONTAMINANTES PRIORITARIOS EN LIMA METROPOLITANA - MAYO 2014

A continuación se presenta los resultados del comportamiento, dentro del ciclo horario y diario, de los contaminantes gaseosos y material particulado de la Red de Monitoreo de Calidad de Aire.

El **mapa 4**. Corresponde a la ubicación de las estaciones de la red de Vigilancia Permanente de la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de Lima-Callao, que está a cargo del SENAMHI y que monitorea de manera continua los contaminantes prioritarios. Las estaciones están localizadas en la cuenca atmosférica y en las zonas de Lima como se detalla a continuación:

Zona	Ubicación
Lima Sur	Lima Sur 1: San Borja
	Lima Sur 2: Villa María del Triunfo
Lima Centro	Lima Centro: Campo de Marte (Jesús María)
Lima Este	Lima Este 1: Ate
	Lima Este 2: Santa Anita
	Lima Este 3: Huachipa
	Lima Este 4: Univ. Cesar Vallejo (San Juan de Lurigancho)
Lima Norte	Lima Norte 1: San Martín de Porres
	Lima Norte 2: Carabayllo
	Lima Norte 3: Puente Piedra



Mapa 4. Ubicación de la Red de estaciones de Monitoreo de la Calidad del Aire en Lima

2.1. DIÓXIDO DE NITROGENO (NO₂)

El comportamiento del NO₂ obedece por principio a la actividad vehicular de la zona, donde los niveles de NO₂ están relacionados directamente con las emisiones vehiculares que asociado a los parámetros meteorológicos, determinan las reacciones fotoquímicas que tienen lugar en la atmosfera y establecen el comportamiento del NO₂, principalmente en las horas de actividad antropogénica y exposición de las personas a este contaminante (horas diurnas y vespertinas), que se detalla a continuación:

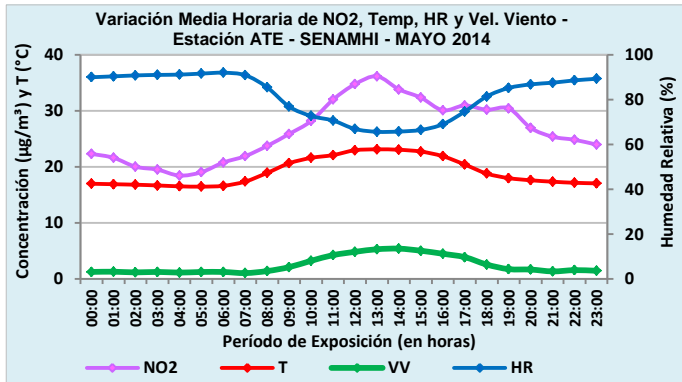


Fig.03 Variación Media Horaria de NO₂ Temp, HR y VV - ATE Mayo 2014

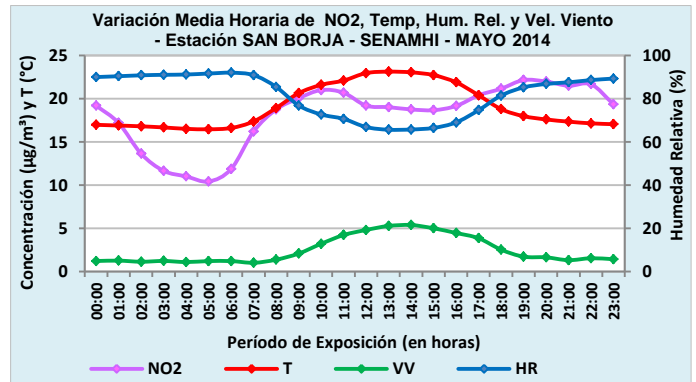


Fig.04 Variación Media Horaria de NO₂ Temp, HR y VV - SBJ Mayo 2014

En la estación Lima Este 1 - Ate (**fig.03**), los niveles de NO₂ inició su incremento gradual desde las 5:00 h debido principalmente a la actividad vehicular para luego llegar a su máximo de 36.2 µg/m³ a las 13:00 h para luego descender gradualmente y presentar la mínima concentración de las horas vespertinas (12h - 18h), de 30.1 µg/m³ a las 16:00 h debido a que horas previas la temperatura del aire había alcanzado su máximo valor de 23.1 °C a las 13:00 h y la velocidad del viento alcanzo su máximo de 5.4 m/s a las 14h.

En la estación Lima Sur 1 - San Borja (**fig.04**), los niveles de NO₂ iniciaron su incremento gradual a partir de las 5:00 h para luego llegar a su máximo en horas diurnas (7h a 11h) de 21.0 µg/m³ a las 10:00 h para luego descender gradualmente y presentar la mínima concentración de las horas vespertinas (12h a 18h) de 18.7 µg/m³ a las 15:00 h cuando horas previas la temperatura del aire había alcanzado su máximo valor de 23.1 °C a las 13:00 h y la velocidad del viento alcanzo su máximo de 5.4 m/s a las 14:00 h.

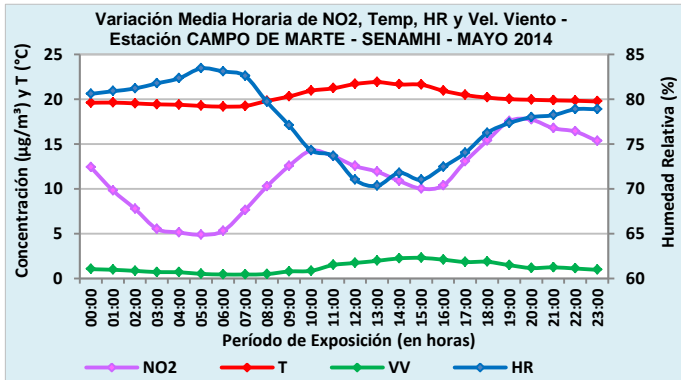


Fig.05 Variación Media Horaria de NO₂ T, HR y VV - CDM Mayo 2014

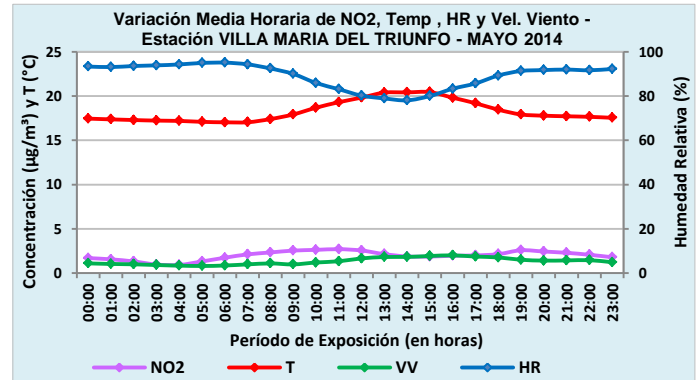


Fig.06 Variación Media Horaria de NO₂ T, HR y VV - VMT Mayo 2014

En la estación Lima Centro - Campo de Marte (**fig.05**), los niveles de NO₂ iniciaron su incremento gradual a partir de las 5:00 h para luego llegar a su máximo de las horas diurnas (7h a 11h) de 14.3 µg/m³ a las 10:00 h para luego descender gradualmente y presentar la mínima concentración de las horas vespertinas (12h a 18h) de 10.0 µg/m³ a las 15:00 h cuando horas previas la temperatura del aire había alcanzado su máximo valor de 21.9 °C a las 13:00 h y la velocidad del viento alcanzo su valor de 2.3 m/s a las 14:00 h.

En la estación Lima Sur 2 - Villa María del Triunfo (**fig.06**), los niveles de NO₂ iniciaron su incremento gradual desde las 5:00 h para luego llegar a su máximo de 2.7 µg/m³ en las horas diurnas (7h a 11h) exactamente a las 11:00 h y descender gradualmente para presentar la mínima concentración de las horas vespertinas (12h a 18h) de 1.8 µg/m³ a las 15:00 h cuando horas previas la temperatura del aire había alcanzado su valor de 20.4 °C a las 13:00 h y la velocidad del viento alcanzo su máximo de 2.5 m/s a las 16:00 h.

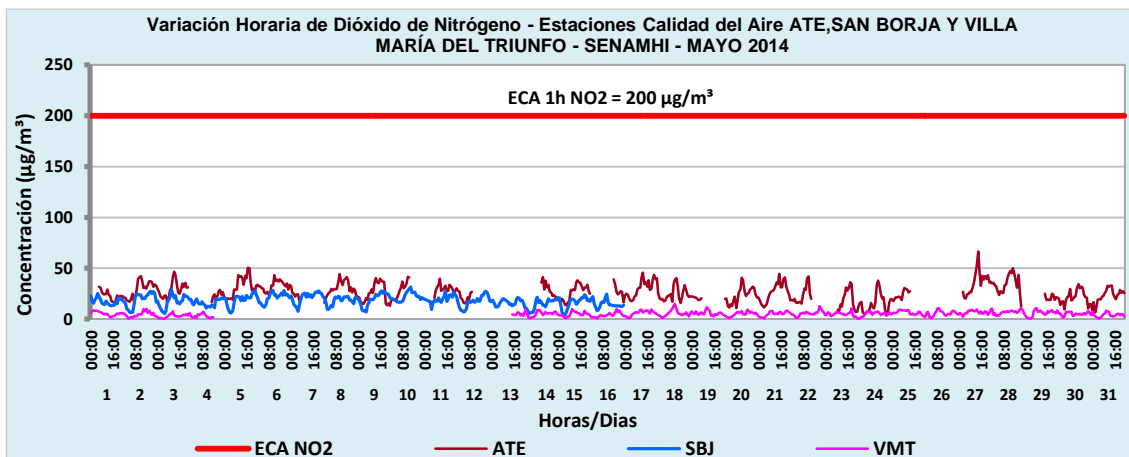


Fig.07 Variación Horaria de NO₂ - Estaciones ATE, SBJ y VMT - Mayo 2014

En la **fig.07** las máximas concentraciones horarias de dióxido de nitrógeno (NO₂) se dieron como se detalla a continuación: En Lima Este 1 - Ate, la máxima concentración horaria se registró el día 27 a las 14:00 h con un valor de 66.5 µg/m³ que corresponde al 33.3% del ECA; en Lima Sur 1 - San Borja, el máximo valor horario obtenido fue de 31.5 µg/m³ el día 10 a las 14:00 h que corresponde al 15.8% del ECA; en Lima Sur 2 - Villa María del Triunfo el día 18 a las 12:00 h se obtuvo el máximo valor horario de 10.5 µg/m³ que correspondería al 5.3% del ECA.

2.2. OZONO TROPOSFERICO (O₃)

Los niveles de O₃ varían a lo largo del día dependiendo de la intensidad del tráfico vehicular, de la actividad industrial y principalmente a la intensidad de la radiación solar y al ser el ozono un contaminante secundario, su velocidad de formación depende de la concentración de sus precursores como los óxidos de nitrógeno. Se puede comprobar en las **figs. 08-09**, que el comportamiento temporal de las concentraciones medias horarias de ozono en la atmosfera urbana, dentro del ciclo diario, alcanza su máximo en las horas vespertinas (12h a 18h) y durante las horas nocturnas desciende su concentración, por transporte, dispersión y transformación. Es importante destacar que el O₃ absorbe la radiación infrarroja potenciando el efecto invernadero y a concentraciones altas de O₃, es el componente más dañino y mortal del smog fotoquímico.

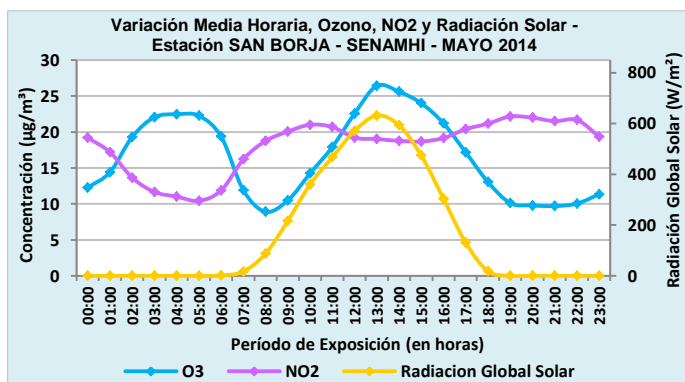


Fig.08 Variación Media Horaria de NO₂ y Radiación - SBJ Mayo 2014

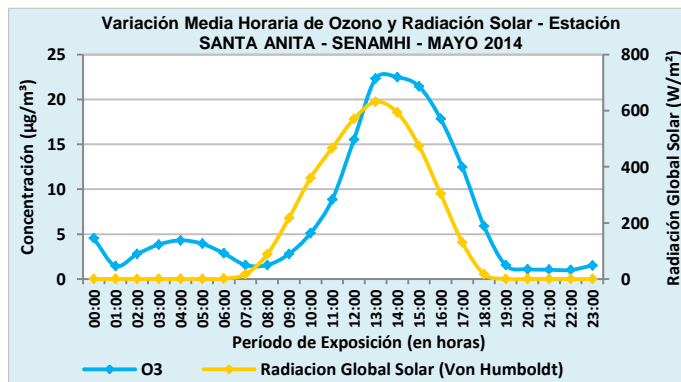


Fig.09 Variación Media Horaria de O₃ y Radiación - STA Mayo 2014

En la estación Lima Sur 1 - San Borja (**fig.08**), se observa el incremento gradual del O₃ desde las 8:00 h a causa del incremento de la radiación solar, hasta alcanzar la máxima concentración de 26.4 µg/m³ a las 13:00 h, debido también a qué horas precedentes su precursor NO₂ obtuvo su máximo de 21.0 µg/m³ a las 10:00 h y la radiación solar alcanzó su máximo a las 13:00 h.

En la estación Lima Este 2 - Santa Anita (**fig.09**), se aprecia el ascenso gradual del O₃ a partir de las 7:00 h ocasionado por el incremento de la radiación solar para luego alcanzar la máxima concentración media horaria de 22.5 µg/m³ a las 14:00 h, debido a que la radiación solar alcanzó su máximo a las 13:00 h.

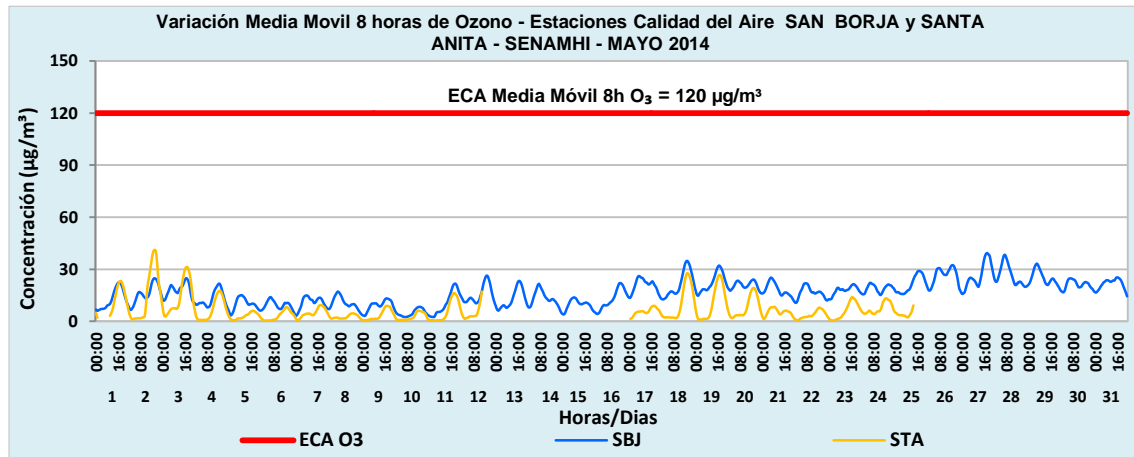


Fig.10 Variación Media Movil 8 horas de O₃ – Estaciones SBJ y STA - Mayo 2014

En la **fig.10** se muestra que las máximas concentraciones de O₃ (promedio móvil de 8 horas) fueron de la siguiente manera:

En la estación Lima Sur 1 - San Borja, el máximo valor obtenido fue de 39.3 µg/m³ que se dio el día 27 a las 18:00 h que correspondió al 22.8% del ECA; en la estación Lima Este 2 - Santa Anita, el máximo valor obtenido fue de 41.1 µg/m³ el cual se registró el día 2 a las 18:00 y correspondió al 34.3% del estándar.

2.3. MATERIAL PARTICULADO MENOR A 10 MICRÓMETROS (PM₁₀)

El comportamiento promedio horario de las concentraciones de PM₁₀ a lo largo del día, obedece a la influencia de la intensidad del tráfico vehicular, emisiones de procesos industriales y erosión del suelo, que al interactuar con parámetros meteorológicos propios de cada zona como la velocidad del viento, inversión térmica y precipitaciones, que en conjunto determinan el comportamiento de las concentraciones de las partículas en la atmósfera principalmente en las horas de actividad antropogénica y exposición de las personas a este contaminante especialmente en horas diurnas (7h a 11h) y vespertinas (12h a 18h); se detalla a continuación:

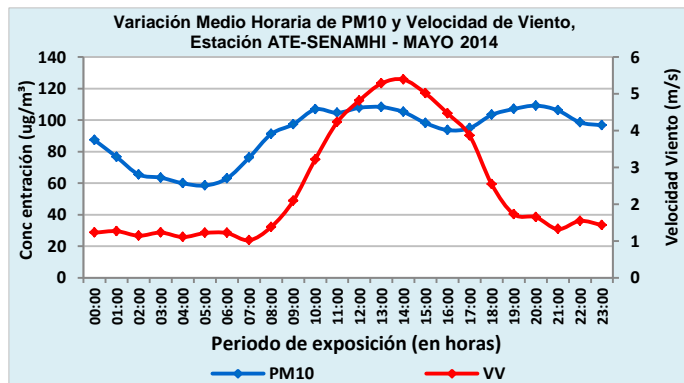


Fig.11 Variación Media Horaria PM₁₀ y Vel. Viento - ATE Mayo 2014

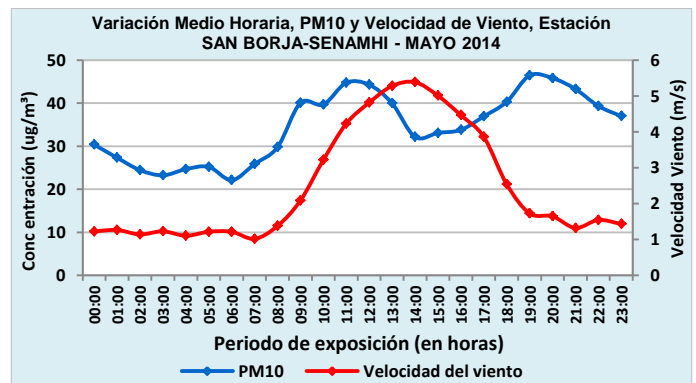


Fig.12 Variación Media Horaria PM₁₀ y Vel. Viento - SBJ Mayo 2014

En la estación Lima Este 1 - Ate (**fig.11**), se aprecia un incremento gradual en las primeras horas de la mañana a partir de las 5:00h, hasta llegar a una máxima media horaria de 108.2 µg/m³ a las 13:00 h, para luego descender, por efecto del viento que dispersa las partículas, hasta presentar una concentración mínima de 93.6 µg/m³ en las horas vespertinas (12h - 18h) exactamente a las 16:00 h, cuando horas previas la velocidad del viento alcanzó su máximo valor de 5.4 m/s a las 14:00 h.

En la estación Lima Sur 1 - San Borja (**fig.12**), se aprecia un incremento progresivo en las primeras horas de la mañana desde 6:00h, hasta llegar a un máximo media horaria de 44.7 µg/m³ a las 11:00 h, para luego descender, por efecto del viento que dispersa las partículas, hasta presentar una concentración mínima de 32.2 µg/m³ en las horas vespertinas (12h - 18h), a las 14:00h, cuando horas precedentes la velocidad del viento alcanzó su máximo valor de 5.4 m/s a las 14:00 h.

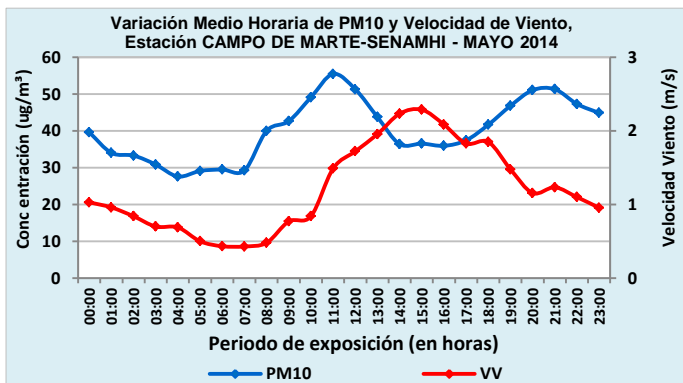


Fig.13 Variación Media Horaria PM₁₀ y Vel. Viento - CDM Mayo 2014

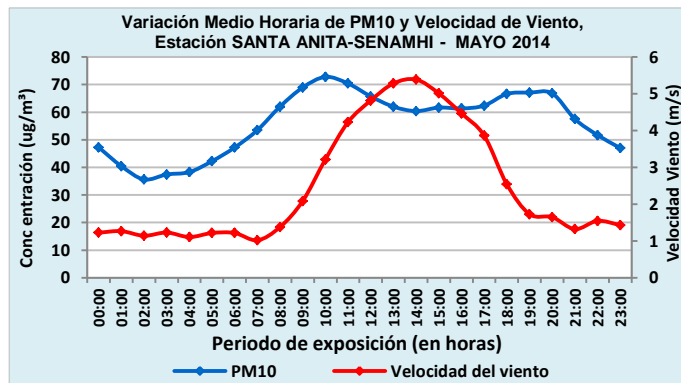


Fig.14 Variación Media Horaria PM₁₀ y Vel. Viento - STA Mayo 2014

En la estación Lima Centro - Campo de Marte (**fig.13**), se aprecia un incremento progresivo en las primeras horas desde las 7:00 h hasta llegar a un máximo media horaria de $55.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a las 11:00 h, para luego descender gradualmente, por efecto del viento que dispersa las partículas, hasta presentar una concentración mínima de las horas vespertinas (12h a 18h) de $35.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a las 16:00 h, cuando horas previas la velocidad del viento alcanzó su máximo valor de 2.3 m/s a las 15:00 h.

En la estación Lima Este 2 - Santa Anita (**fig.14**), se aprecia un incremento gradual en las primeras horas desde las 2:00 h hasta llegar a un máximo media horaria de $72.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a las 10:00 h, para luego descender, por efecto del viento que dispersa las partículas, hasta presentar una concentración mínima de $60.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de las horas vespertinas a las 14:00 h, cuando horas previas la velocidad del viento alcanzó su máximo valor de 5.4 m/s a las 14:00 h.

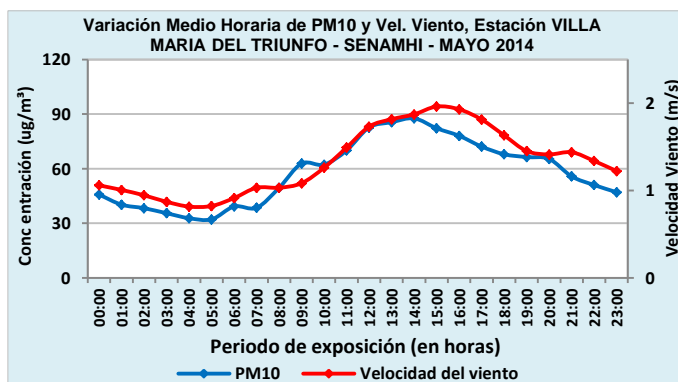


Fig.15 Variación Media Horaria PM₁₀ y Vel. Viento - VMT Mayo 2014

En la estación Lima Sur 2 - Villa Maria del Triunfo (**fig.15**), se aprecia un incremento progresivo en las primeras horas de la mañana desde las 7:00 h hasta llegar a un máximo media horaria de $87.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a las 14:00 h, para luego descender, por efecto del viento que dispersa las partículas, hasta presentar una concentración mínima de las horas vespertinas de $67.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a las 18:00h, cuando horas previas la velocidad del viento alcanzó su máximo valor de 2.0 m/s a las 15:00 h.

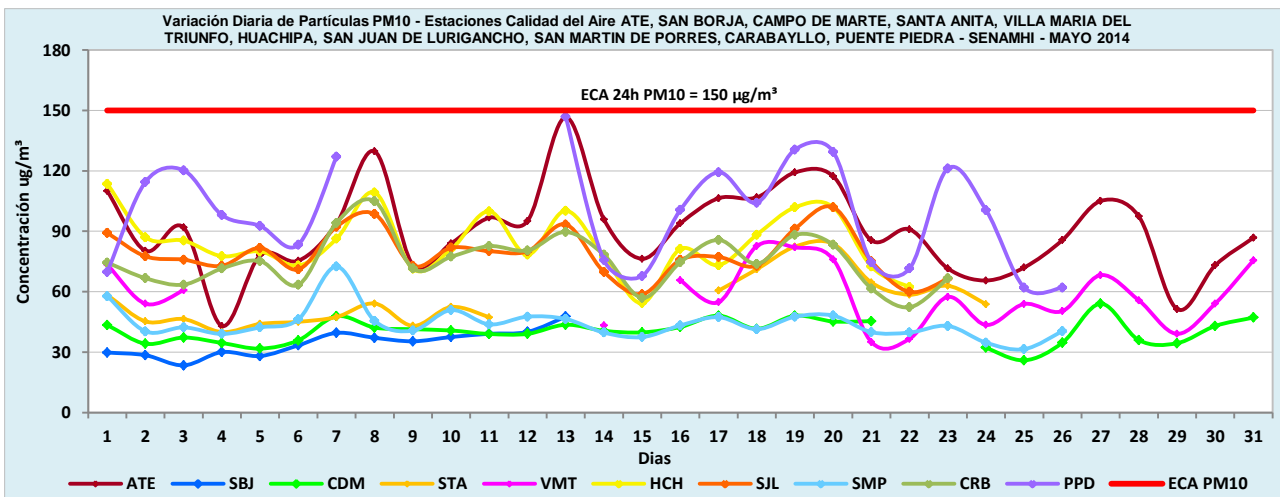


Fig.16 Variación Media Diaria de PM₁₀ - Estación ATE, SBJ, CDM, STA, VMT, HCH, SJL, SMP, CRB y PPD - Mayo 2014

Con referencia a las concentraciones media diaria, de PM₁₀ en la **fig.16** se observa:

En Lima Centro - Campo de Marte (Jesús María), el martes 27 se registró la máxima concentración diaria con 54.0 µg/m³ equivalente solo 36% del ECA, no se superó el estándar en los 29 días monitoreados

En Lima Sur 1 - San Borja, el martes 13 se registró la máxima concentración diaria en el mes con 47.6 µg/m³ que equivale al 31.7% del ECA, no se superó el estándar en los 13 días monitoreados.

En Lima Sur 2 - V.M.T., el domingo 18 se registró el máximo valor diario del mes con 82.6 µg/m³ el cual equivale al ECA en 55.1% y no se superó al estándar en los 20 días monitoreados.

En Lima Este 1 - Ate, el martes 13 se registró la máxima concentración diaria en el mes con 146.6 µg/m³ que equivale al ECA en 97.7%, no se superó el estándar en los 31 días monitoreados.

En Lima Este 2 - Santa Anita, el martes 20 presentó la máxima concentración diaria con 83.8 µg/m³ equivalente al ECA en 55.9% y no se superó el estándar en los 19 días monitoreados.

En Lima Este 3 - Huachipa, el jueves 01 se registró el máximo valor diario del mes con 113.6 µg/m³ equivalente al 75.7% del ECA y no se superó al estándar en los 22 días monitoreados.

En Lima Este 4 - S.J.L., el martes 20 se registró la máxima concentración diaria del mes con 101.9 µg/m³ que equivale al 67.9% del ECA, el cual no supero al estándar en los 23 días monitoreados.

En Lima Norte 1 - S.M.P., el miércoles 07 registro el máximo valor diario del mes con 72.5 µg/m³ equivalente al 48.3% del ECA, no superando al estándar en los 26 días monitoreados.

En Lima Norte 2 - Carabayllo, el martes 13 registro la concentración máxima diaria del mes con 89.7 µg/m³ equivalente al 59.8% del ECA, el cual no supero al estándar en los 23 días monitoreados.

En Lima Norte 3 - Puente Piedra, el martes 13 registro el máximo valor diario del mes con 147.0 µg/m³ equivalente al 98% del ECA, no superando al estándar en los 21 días monitoreados.

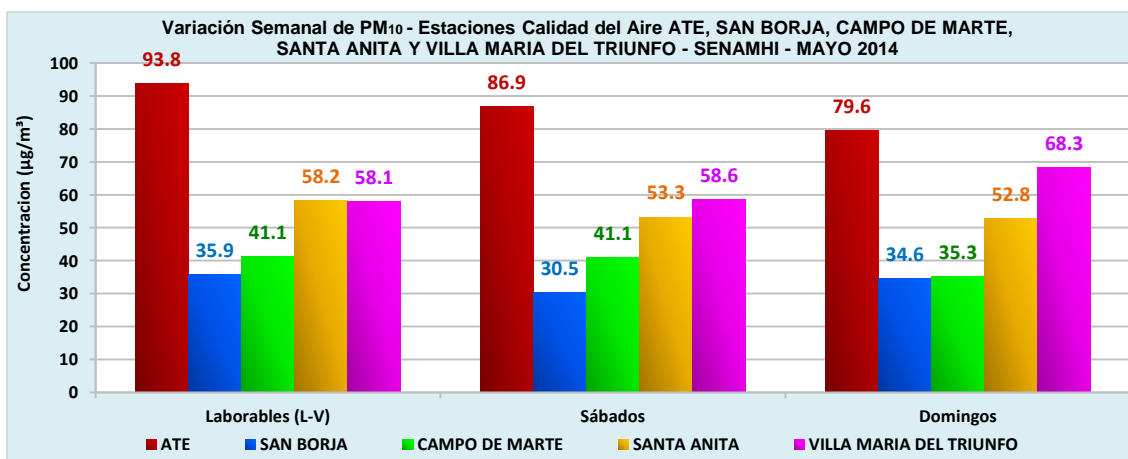


Fig.17 Variación Semanal de PM₁₀ - Estaciones ATE, SBJ, CDM, STA y VMT - Mayo 2014

En la **fig.17** se puede observar la variación semanal de las concentraciones del material particulado menor a 10 micrómetros durante los diferentes días de la semana agrupados en: laborables (lunes - viernes), sábados y domingos. Para el presente mes se aprecia el comportamiento que se dio en la red de monitoreo:

En las estaciones Lima Este 1 - Ate, Lima Centro - Campo de Marte, Lima Este 2 - Santa Anita, presentaron el comportamiento habitual esperado durante el mes, con las mayores concentraciones en los días laborables para luego descender las concentraciones en los días sábados y presentar las mínimas en los días domingos. En Lima Sur 1 - San Borja, presentó un comportamiento poco esperado, las mínimas se presentaron los días sábado y en Lima Sur 2 - Villa María del Triunfo, las mayores concentraciones se dieron en los días domingos y las mínimas concentraciones en los días laborales, esto nos indica que los fines de semana se dan actividades antropogénicas propias de la zona.

2.4. VARIACIÓN DIARIA HISTÓRICA DE MATERIAL PARTICULADO MENOR A 10 MICRÓMETROS (PM₁₀)

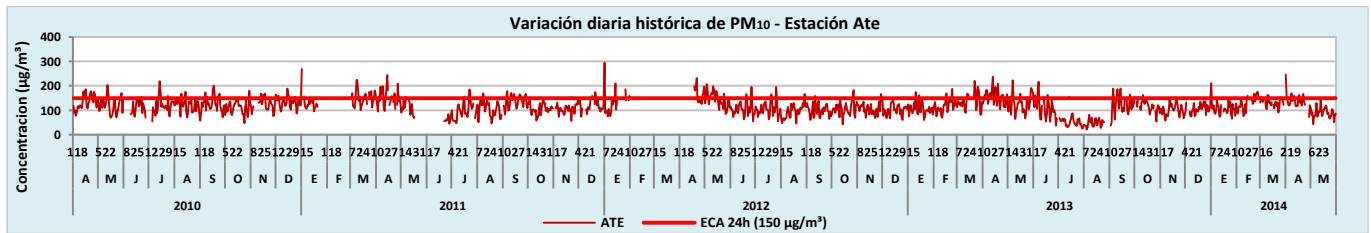


Fig.18 Variación diaria histórica de PM₁₀ - estación Ate

En la **fig.18** se detalla la variación diaria histórica de las concentraciones del PM₁₀ de la estación Lima Este 1 - Ate; así, se observa que desde el inicio del funcionamiento de la estación en abril del 2010 se ha superado al ECA en 44 días de los 256 días monitoreados. Durante el 2011 se aprecia claramente que el 1 de enero (año nuevo) se dio el segundo pico máximo histórico de 268.4 µg/m³ y para ese año se superó al ECA en 48 días de los 275 días monitoreados. En el 2012 resalta sobre todo el primer pico máximo histórico de 294.8 µg/m³ que se dio de igual forma el 1 de enero (año nuevo), la superación al ECA disminuyó a 36 de los 283 días monitoreados, debido principalmente a que no se cuenta con datos en tres meses (febrero-abril) del año. En el año nuevo del 2013 la concentración diaria bajó considerablemente a 125.2 µg/m³ debido principalmente a las garuas que se dio en ese día, la superación al estándar aumentó a 56 días de los 345 días de monitoreo. En el año nuevo 2014 nuevamente ocurrió lo esperado a los años anteriores, superando al estándar al registrar una concentración de 211.6 µg/m³ y hasta la fecha se ha superado al ECA en 23 días de los 137 días monitoreados.

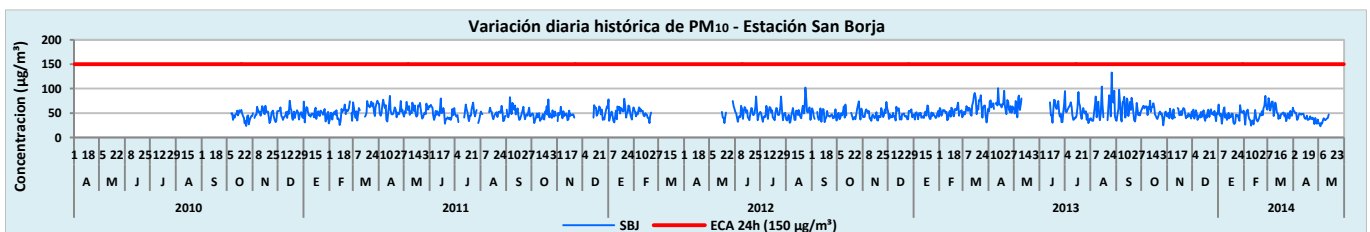


Fig.19 Variación diaria histórica de PM₁₀ - estación San Borja

En la **fig.19** se detalla la variación diaria histórica del PM₁₀ de la estación Lima Sur 1 - San Borja; se observa que desde el inicio hasta la actualidad no ha superado al ECA; se identifican como picos máximos diarios en los días del mes de agosto 2013 con 132.8 µg/m³ y 104.4 µg/m³. En el año 2010 las concentraciones diarias oscilaron entre 40 y 70 µg/m³, en el 2011 las concentraciones oscilaron entre 30 y 80 µg/m³; durante el 2012 oscilaron entre 30 y 90 µg/m³, y en el 2013 la oscilación fue entre 30 y 100 µg/m³; en el 2014 las concentraciones se vienen oscilando entre 20 y 80 µg/m³, muy por debajo del ECA.

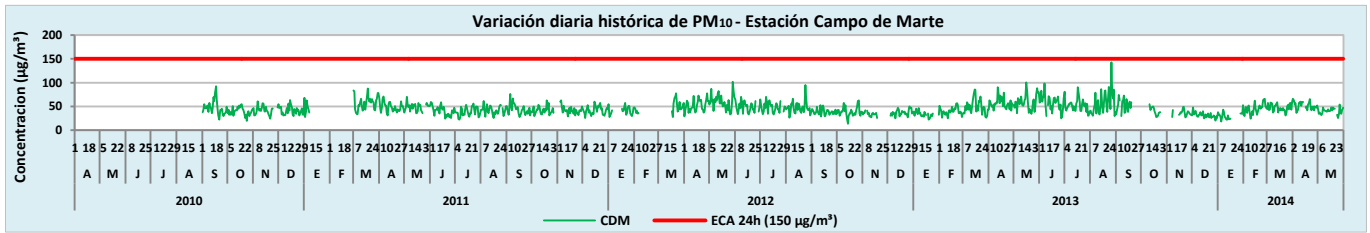


Fig.20 Variación diaria histórica de PM₁₀ - estación Campo de Marte

En la **fig.20** se detalla la variación diaria histórica del PM₁₀ de la estación Lima Centro - Campo de Marte, distrito de Jesús María; se aprecia también que desde el inicio del funcionamiento de la estación a la actualidad no se ha superado al ECA; se tiene como picos máximos diarios de 142.4 µg/m³ y 101.4 µg/m³ en agosto 2013 y mayo 2012 respectivamente. En el 2010 las concentraciones oscilaron entre 20 y 70 µg/m³; en 2011 entre 20 y 70 µg/m³; en el 2012 osciló entre 30 y 80 µg/m³; y en el 2013 la oscilación fue entre 30 y 90 µg/m³; en el 2014 las concentraciones vienen oscilando entre 20 y 60 µg/m³, evidenciando de esta manera que es la estación donde se registra los más bajos niveles de material particulado en la ciudad capital.

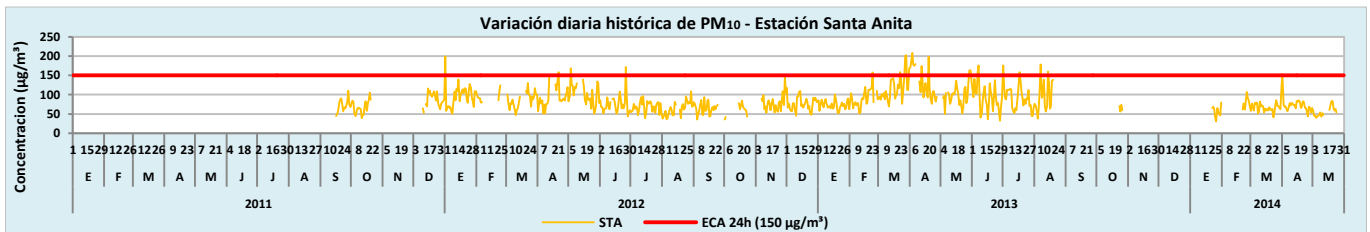


Fig.21 Variación diaria histórica de PM₁₀ - estación Santa Anita

En la **fig.21** se detalla la variación diaria histórica del PM₁₀ de la estación Lima Este 2 - Santa Anita; se aprecia los picos máximos diarios históricos de 208.3 y 202.2 µg/m³ en los meses de marzo y abril 2013 debido a la fuerte estabilidad atmosférica (**Fig. N° 2**). Se aprecia un pico notable en el año nuevo 2012 de 199.1 µg/m³ que supero al ECA, caso contrario en el día del año nuevo 2013 solo registro 85.6 µg/m³ debido principalmente a las garuas que se dio ese día. Se observa también que desde la puesta en funcionamiento la estación en setiembre 2011 a la actualidad, se ha superado al ECA en diversos días de cada año como se detalla a continuación; en el año 2012 se superó al ECA en 4 días de los 295 días monitoreados y para el 2013 la superación al estándar aumento considerablemente al presentar 21 días de los 225 días monitoreados; en el 2014 hasta la fecha se ha superado al ECA en 1 día de los 98 días monitoreados.

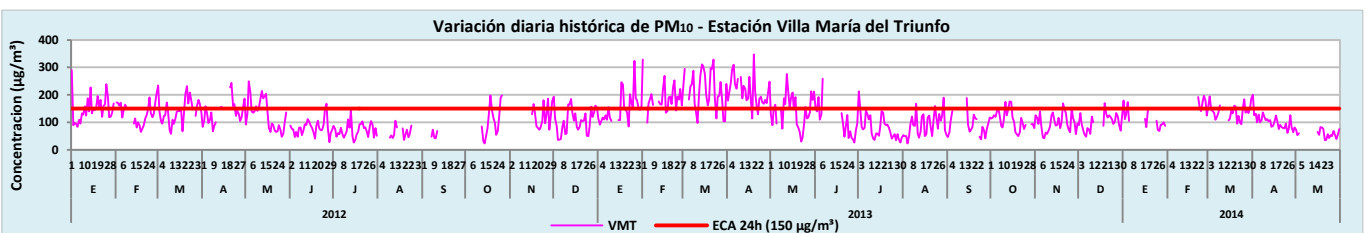


Fig.22 Variación diaria histórica de PM₁₀ - estación Villa María del Triunfo

En la **fig.22** se detalla la variación diaria histórica del PM₁₀ de la estación Lima Sur 2 - Villa María del Triunfo; se aprecia los picos máximos diarios históricos de 347.3 y 328.8 µg/m³ en los meses de febrero y marzo del 2013 por la fuerte estabilidad atmosférica (**Fig. N° 2**); respecto a los años nuevos se aprecia solo un pico notable de lo esperado, que fue en el año nuevo 2012 con 289.8 µg/m³ a diferencia del año nuevo 2013 que está por debajo del ECA con 113.6 µg/m³ debido a las garuas presentadas en ese día, para nuevamente superar el ECA en el año nuevo 2014 con 179.6 µg/m³. Desde la puesta en funcionamiento de la estación a la actualidad, se observa claramente la superación al ECA en diversos días de la variación histórica, como se detalla a continuación: en el 2012 se superó al ECA en 66 días de los 277 días monitoreados y para el 2013 la superación al ECA subió ampliamente en 110 días de los 320 días monitoreados. En el 2014 hasta la fecha se han superado 17 días de los 98 días monitoreados en lo que va del año.

2.5. VARIACIÓN DIARIA HISTÓRICA DE DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂)

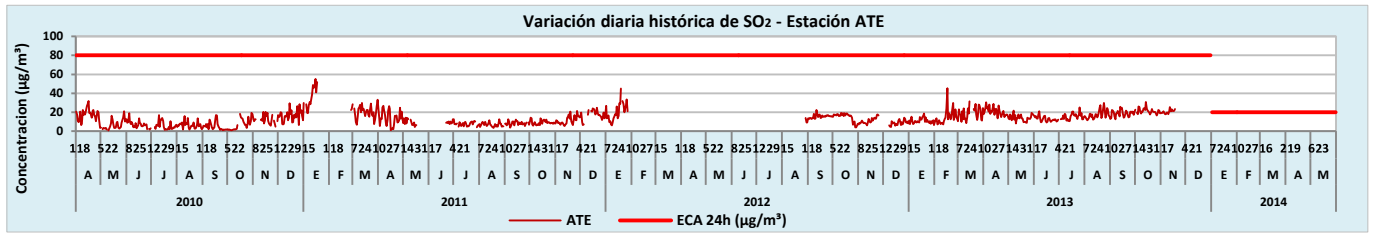


Fig.23 Variación diaria histórica de SO₂ - estación Ate

Según se muestra en la **fig.23**, la concentración media diaria histórica del SO₂ en la estación Lima Este 1 - Ate, oscila entre un mínimo de 0.9 µg/m³ el 10 de Mayo del 2010 y un máximo de 55.7 µg/m³ el 25 de Febrero del 2011, notándose que los valores más elevados se presentan durante los meses de verano. Sin embargo no se superó el ECA de 80 µg/m³, viente hasta en 31 de diciembre del 2013. Hasta la fecha en el 2014 no se cuenta con información.

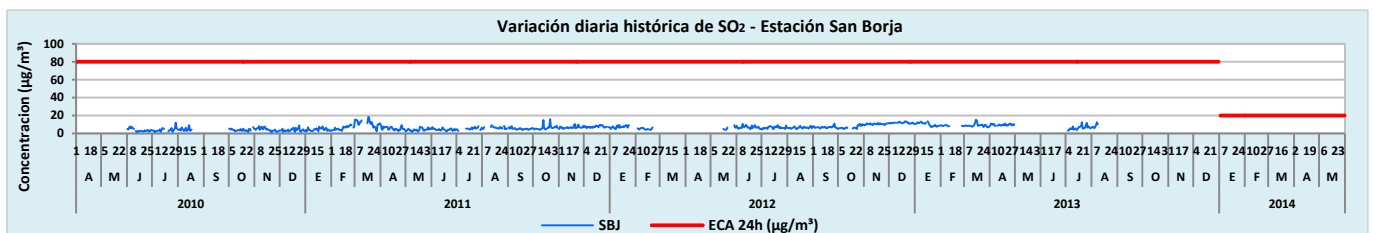


Fig.24 Variación diaria histórica de SO₂ - estación San Borja

En el caso de la estación Lima Sur 1 - San Borja, tal como se indica en la **fig.24**, los valores históricos de la concentración diaria no superaron el ECA para SO₂ (80 µg/m³ hasta el 31 de diciembre 2013) oscilando entre 1.1 µg/m³ el 21 de Noviembre del 2010 y 28.4 µg/m³ el 10 de Octubre del 2013. Hasta la fecha en el 2014 no se cuenta con información.

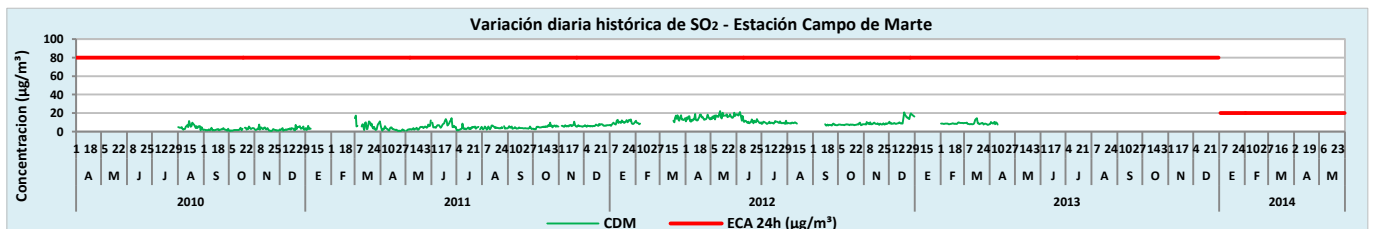


Fig.25 Variación diaria histórica de SO₂ - estación Campo de Marte

En la **fig.25**, se puede observar en la estación Lima Este Centro - Campo de Marte, distrito de Jesús María, la concentración histórica del SO₂, presentó valores promedio diarios que variaron entre un mínimo de 0.5 µg/m³ el 22 de Abril del 2011 y un máximo de 22.2 µg/m³ el 12 de Mayo del 2012. Asimismo, se puede apreciar que las concentraciones se elevaron de manera más significativa a partir del año 2012. Ningún promedio diario histórico rebasó el límite de 80 µg/m³ al 31 de diciembre de 2013. Hasta la fecha en el 2014 no se cuenta con información.

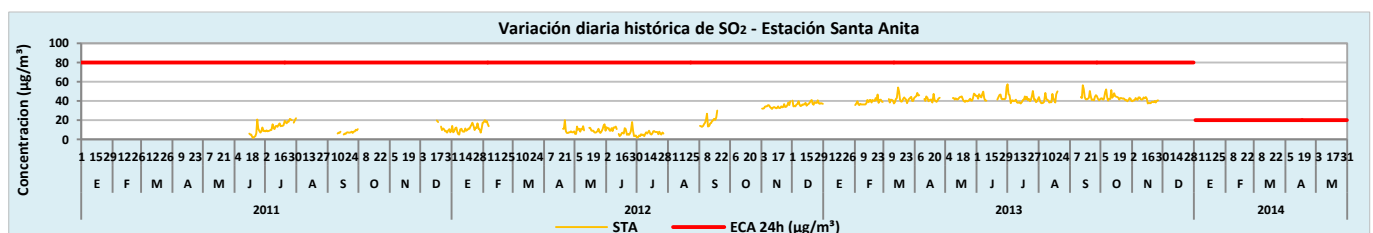


Fig.26 Variación diaria histórica de SO₂ - estación Santa Anita

En la **fig.26** se puede apreciar que la concentración promedio diaria histórica de la estación Lima Este 2 - Santa Anita osciló entre 1.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (19 de Junio del 2011) y 57.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1 de Julio del 2013). Además, se observa un progresivo incremento de la concentración a partir de fines del 2012, encontrándose en todo momento por debajo del ECA para SO_2 de 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Hasta la fecha en el 2014 no se cuenta con información.

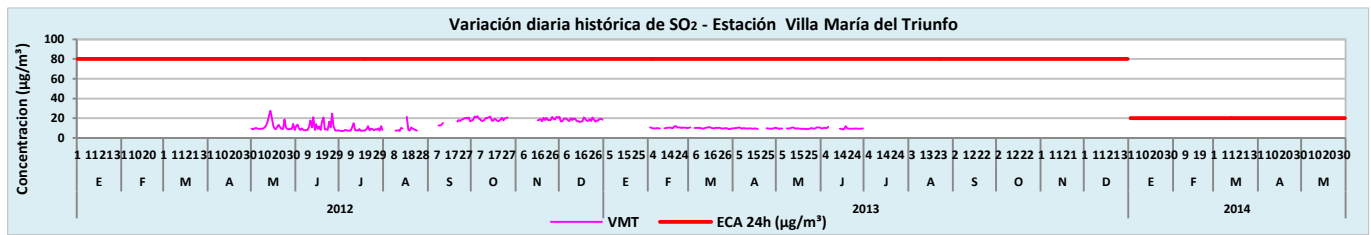


Fig.27 Variación diaria histórica de SO_2 - estación Villa María del Triunfo

Tal como se puede observar en la **fig.27** en la estación Lima Sur 2 - Villa María del Triunfo, los valores de la concentración diaria de SO_2 varían entre un mínimo de 8.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ el 23 de Marzo del 2013 y un máximo de 12.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ el 20 de Febrero del 2013. También se puede apreciar que ninguno de los valores sobrepasó el límite de 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Hasta la fecha en el 2014 no se cuenta con información.

III. ESTADO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA ZONA METROPOLITANA DE LIMA Y CALLAO

Cuadro N° 3: Estados de la Calidad del Aire y su Implicancia en la Salud

ESTADO	VALORES	EFFECTOS EN LA SALUD	PREVENCION
Bueno	0 - 50	La calidad del aire se considera satisfactoria, y la contaminación del aire no representa ningún riesgo.	Toda la población puede realizar sus actividades cotidianas al aire libre sin ninguna restricción.
Moderado	>50 - 100	La gente de los grupos sensibles (niños, ancianos y personas con enfermedades respiratorias y cardíacas), pueden presentar síntomas tales como tos y cansancio. La población en general no se ve afectada.	Personas particularmente sensitivas a la contaminación del aire: Planeen actividades vigorosas al aire libre cuando mejore la calidad del aire.
Malo	>100 - 200	Toda la población puede padecer de síntomas tales como tos seca, ojos cansados, ardor en la nariz y garganta. Las personas de grupos vulnerables (niños, ancianos y personas con enfermedades respiratorias y cardíacas) los efectos podrían ser más graves para la salud.	Grupos sensitivos: Reduzcan o pospongan actividades vigorosas al aire libre cuando se detecte la presencia de: Contaminación por partículas: Personas con enfermedades cardíacas o pulmonares (incluyendo a los diabéticos), adultos de edad avanzada y niños.
Muy Malo	>200 - 300	Toda la población puede presentar agravamiento de los síntomas tales como tos seca, ojos cansados, ardor en nariz y garganta. Efectos aún más graves en la salud de los grupos sensibles (niños, ancianos y personas con problemas cardiovasculares).	Todos: Reduzcan o pospongan las actividades vigorosas al aire libre. Grupos sensitivos: Eviten las actividades vigorosas al aire libre.
Alerta Máxima	> 300	Toda la población puede padecer riesgos graves y manifestaciones de enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Aumento de las muertes prematuras en personas de los grupos más sensibles.	Todos: Reduzcan considerablemente las actividades físicas al aire libre. Grupos sensitivos: Eviten todas las actividades físicas al aire libre.

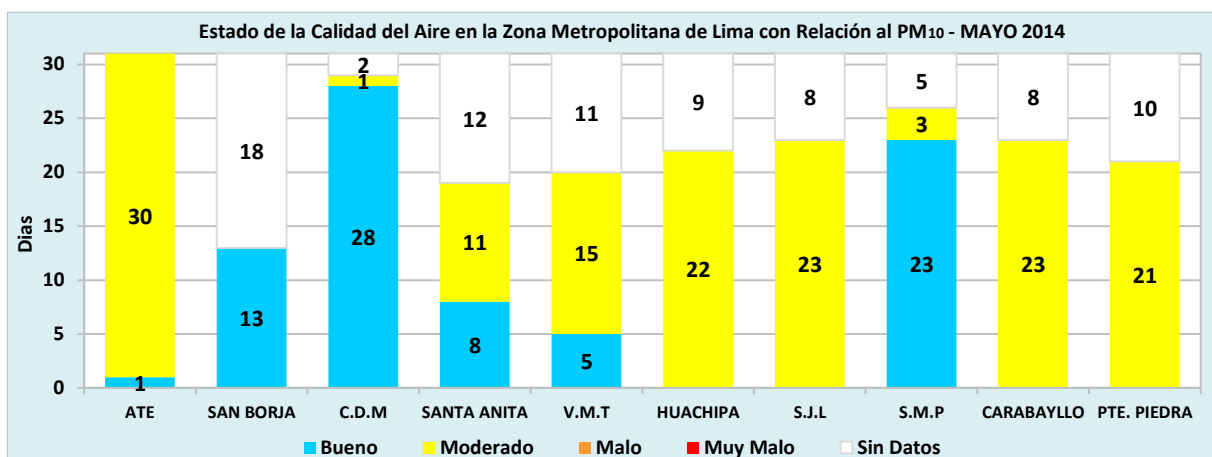


Fig.28 Estados de la Calidad del Aire respecto al PM_{10} - Todas las Estaciones

En la **Fig.28**, se ilustra la distribución de los días monitoreados en **Mayo 2014** de los Estados de la Calidad del Aire que se clasifican en: **BUENO, MODERADO, MALO y MUY MALO (Cuadro N° 3)**, relacionado con las concentraciones de PM_{10} , de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire en la ciudad de Lima Metropolitana.

En Lima Centro - Campo de Marte, se monitorearon solo 29 días del mes, de los cuales 28 días presentaron condiciones de estado **BUENO** y solo 1 día con estado **MODERADO**; el día martes 27 y el sábado 17 se identificaron los máximos índices diarios del mes equivalentes a 53 y 48, respectivamente.

En Lima Sur 1 - San Borja, se monitorearon solo 13 días del mes, los cuales todos esos días presentaron condiciones de estado **BUENO**; el día martes 13 y el lunes 12 se presentó los máximos índices diarios equivalentes a 48 y 40, respectivamente.

En Lima Sur 2 - Villa María del Triunfo, se monitorearon solo 20 días del mes, de los cuales 05 días presentaron condiciones de estado **BUENO** y 15 días con estado **MODERADO**; se identificó al día domingo 18 y el lunes 19 con los máximos índices equivalentes a 67.

En Lima Este 1 - Ate, se monitorearon los 31 días del mes, de los cuales solo 1 día presentó condiciones de estado **BUENO** y 30 días con estado **MODERADO**; el día martes 13 y el jueves 08 se identificó como los máximos índices del mes equivalentes a 98 y 90, respectivamente.

En Lima Este 2 - Santa Anita, se monitorearon solo 19 días del mes, de los cuales 8 días presentó condiciones de estado **BUENO** y 11 días con estado **MODERADO**; se identificó el día martes 20 y el lunes 19 como los máximos índices diarios cuyos índices equivalen a 68 y 67, respectivamente.

En Lima Este 3 - Huachipa, se monitorearon solo 22 días del mes, de los cuales solo presento condiciones de estado **MODERADO** y se identificó al día jueves 01 y jueves 08 las máximas concentraciones con índices equivalentes a 82 y 80, respectivamente.

En Lima Este 4 - S.J.L., se monitorearon solo 23 días del mes, entre los cuales solo presentaron condiciones de estado **MODERADO** y se identificó al martes 20 y jueves 08 los máximos índices diarios equivalentes a 76 y 75 respectivamente.

En Lima Norte 1 - S.M.P, se monitorearon solo 26 días del mes, presentando 23 días de estado **BUENO** y 03 días con estado **MODERADO**; se identificó al miércoles 07 y jueves 01 con los máximos índices diarios del mes equivalente a 62 y 55, respectivamente.

En Lima Norte 2 - Carabayllo, se monitorearon solo 23 días del mes, presentando solo condiciones de estado **MODERADO** y se identificó al martes 13 y lunes 19 los máximos índices diarios del mes equivalentes a 70.

En Lima Norte 3 - Puente Piedra, se monitorearon solo 21 días del mes presentando solo condiciones de estado **MODERADO** y se identificó al martes 13 y lunes 19 como los máximos índices diarios del mes equivalentes a 99 y 90, respectivamente.

IV. PERSPECTIVAS PARA EL MES DE JUNIO 2014

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 2014, como consecuencia que la Temperatura Superficial del Mar (TSM), muestra condiciones de anomalías positivas respecto a su promedio histórico en latitudes tropicales y alrededor de sus normales en altas latitudes del S y SW del océano Pacífico sur oriental; las condiciones océano atmosféricas, mostrarán: el comportamiento variable del anticiclón del Pacífico suroriental con ligera tendencia a las anomalías positivas y por lo tanto, generando vientos entre débiles y moderados del S y SE que a su vez mantendrán un afloramiento activo de la corriente fría de Humboldt cercano al litoral; la inversión térmica por subsidencia, media mensual, mostrará condiciones atmosféricas moderadamente estables, como consecuencia de la interacción entre la altura de su base por sobre la superficie del suelo y su gradiente; la nubosidad estratiforme baja continuará su gradual intensificación, lo que ocasionará que las garúas muestren un gradual incremento de su frecuencia e intensidad sobre la ciudad capital y la insolación continuará su gradual declinación. La nubosidad media y alta también, como manifestación de la menor intensidad de trasvases de masas de aire húmedo desde la Amazonía, continuará su gradual declinación. La temperatura media del aire y la humedad relativa media, oscilando alrededor de sus normales históricas, continuarán con su gradual descenso y ascenso, respectivamente. Bajo tales condiciones, para el caso de las partículas contaminantes del aire menores a PM_{10} , del ozono troposférico y la intensidad de la radiación solar, en promedio continuarán en gradual descenso, oscilando alrededor de su variabilidad normal.

V. CONCLUSIONES:

- Las condiciones atmosféricas y oceánicas que determinaron el comportamiento climático durante el mes de mayo en la costa central de Perú, muestra el comportamiento variable del Anticiclón del Pacífico suroriental con valores medios de su núcleo de 1020 hPa en los 27 °S y 98 °W al E de su posición normal; la TSM presentó anomalías oscilando entre su promedio histórico y 2.5 °C en latitudes tropicales y entre condiciones normales y 1.0 °C en altas latitudes del S y SW.
- Presencia de vientos superficiales predominantemente del S, SW y SE variando entre débiles y moderados, que mantuvieron un afloramiento activo de la corriente fría de Humboldt cerca a la costa y la presencia de una Inversión Térmica por subsidencia, con altura promedio de su base a 1036.9 m.s.n.m., espesor de 323.3 m y gradiente medio de 2.0 °C/100 m, manifestada en unas condiciones atmosféricas moderadamente estables en la costa central de Perú.
- La nubosidad estratiforme baja (base < 500 m.s.n.m.) continúa con su incremento dentro del ciclo anual, contribuyendo a una disminución en la insolación y ocasionando el incremento de las garúas, especialmente en los distritos costeros, siendo éstas esporádicas y de baja intensidad.
- Respecto a las concentraciones de material particulado PM₁₀, en Lima Este 1 - Ate, el martes 13 se registró la máxima concentración diaria en el mes con 146.6 µg/m³ equivalente al ECA en 97.7%, no superando al ECA en los 31 días monitoreados. En Lima Sur 1 - San Borja, el martes 13 se registró la máxima concentración diaria en el mes con 47.6 µg/m³ que equivale al 31.7% del ECA, no superando al estándar de los 13 días monitoreados. En Lima Centro - Campo de Marte (Jesús María), el martes 37 se registró la máxima concentración diaria con 54.0 µg/m³ equivalente al 36% del ECA, no se superó el estándar en los 29 días monitoreados. En Lima Este 2 - Santa Anita, el martes 20 presentó la máxima concentración diaria con 83.8 µg/m³ equivalente al ECA en 55.9% y no se superó el estándar de los 19 días monitoreados. En Lima Sur 2 - V.M.T., el domingo 18 registró el máximo valor diario del mes con 82.6 µg/m³ equivalente al 55.1% del ECA y no se superó al estándar de los 20 días monitoreados.
- Respecto a los estados de la calidad del aire de PM₁₀, en Lima Centro - Campo de Marte (Jesús María), mejoró considerablemente por presentar mayor número de días con estado BUENO respecto al mes anterior y se considera como la zona con las mejores condiciones de calidad del aire. En Lima Sur 1 - San Borja, la calidad del aire se mantiene similar al mes anterior. En Lima Sur 2 - Villa María del Triunfo, las condiciones de la calidad del aire mejoró respecto al mes anterior por presentar días con estado BUENO. En la estación Lima Este 1 - Ate, las condiciones de la calidad del aire mejoró respecto a meses anteriores al presentar días con estado BUENO y MODERADO, sin embargo se identifica como una de las zonas donde se presenta las más altas concentraciones. En Lima Este 2 - Santa Anita, la calidad del aire mejoró respecto al mes anterior al presentar días con estado BUENO. En Lima Este 3 - Huachipa, en Lima Este 4 - S.J.L. y Lima Norte 2 - Carabayllo presentaron solo condiciones de estado MODERADO y en Lima Norte 3 - Puente Piedra, se identifica como la zona con los índices de calidad del aire más altos, es decir las máximas concentraciones de PM₁₀.
- Las concentraciones de los contaminantes atmosféricos en Mayo 2014 mostraron que en horas diurnas y vespertinas 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 la radiación solar debido a los mayores procesos fotoquímicos que ocurren en la atmósfera y en relación al ECA ninguna de las estaciones superó el estándar respecto a los contaminantes gaseosos NO₂ y O₃.

- ∞ -