

EVALUACION DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA EN LA ZONA METROPOLITANA DE LIMA-CALLAO/ABRIL-2007

Por: *Ing. José Silva Cotrina*
Ing. Zarela Montoya Cabrera
SO1 FAP Rigoberto Duránd Montes

INDICE GENERAL**RESUMEN**

1.	Calidad del aire en la Zona Metropolitana de Lima-Callao.	3
2.	Metodología.	7
3.	Resultados del monitoreo ambiental.	9
4.	Conclusiones.	21

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1-	Red de estaciones meteorológicas y de muestreo del polvo atmosférico sedimentable en la zona metropolitana de Lima-Callao.	9
Fig. 2-	Totales mensuales de polvo atmosférico sedimentable registrados en marzo y abril 2007 en Lima-Callao.	10
Fig. 3-	Análisis espacial de la concentración del polvo atmosférico Sedimentable en la cuenca atmosférica de Lima-Callao durante el mes de abril del 2007.	12
Fig. 4-	Variación temporal horaria de la Nubosidad en la estación A.I. Jorge Chávez abril 2007.	16
Fig.5a-	Variación horaria de la temperatura y humedad relativa durante el mes de abril del 2007 Ancón y Comas.	16
Fig.5b-	Variación horaria de la temperatura y humedad relativa durante el mes de abril del 2007 El Callao, El cercado y la Molina.	17
Fig.5c-	Variación horaria de la temperatura y humedad relativa durante el mes de abril del 2007 en Jesús María y Santiago de Surco.	18
Fig.6a-	Rosas de viento en las estaciones de Ancón, Comas, Callao y El Cercado Abril 2007.	19
Fig.6b-	Rosas de viento en las estaciones de Ancón, La Molina, Jesús María y Surco Abril 2007.	20

INDICE DE CUADROS

Cuadro N ° 1. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.	4
Cuadro N ° 2. Valores de tránsito.	4
Cuadro N ° 3. Valores referenciales.	4
Cuadro N ° 4. Concentraciones de polvo atmosférico sedimentable o contaminantes sólidos sedimentables: marzo y abril 2007.	10

EVALUACION DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA EN LA ZONA METROPOLITANA DE LIMA-CALLAO/ABRIL-2007

RESUMEN

El boletín del mes de abril muestra los resultados de la evaluación del polvo atmosférico sedimentable (PAS) en la zona metropolitana de Lima-Callao, en relación a las condiciones meteorológicas registradas en la red automática. Así, el 76 % de las estaciones de muestreo superaron el valor referencial permisible de la OMS, con una concentración media de PAS para la z.m. de Lima-Callao de 11,5 t/km².mes. En lo referente a las condiciones meteorológicas del mes, la intensificación de la nubosidad horaria baja y media de tipo estratus y estratocúmulos, propia del desarrollo de la estación otoñal, con días con brillo solar cada vez más limitado, pero aún presente; el paulatino descenso de la temperatura media del aire; y vientos del cuadrante S y SW de intensidad predominantemente débil, favorecieron en conjunto procesos de re-suspensión y limitaron la dispersión, por lo que las concentraciones del polvo atmosférico sedimentable fueron aún altas en los núcleos de las principales zonas críticas y en promedio, ligeramente superiores al mes anterior.

1. Calidad del aire en la Zona Metropolitana de Lima-Callao

De acuerdo a lo citado por Silva *et al* (2004)¹, la calidad del aire puede definirse como las concentraciones de contaminantes que permiten caracterizar el aire de una región con respecto a concentraciones patrón, señaladas con el fin de preservar la salud y bienestar de las personas. Otras definiciones refieren que es el estado de la atmósfera con respecto a la presencia de contaminantes potenciales.

Una adecuada calidad del aire sólo podrá ser alcanzada a través de la aplicación de instrumentos de gestión ambiental comprendidos en la Ley general del Ambiente N° 28611, entre los que se disponen sistemas de gestión ambiental nacionales, sectoriales, regionales o locales; el ordenamiento territorial ambiental; la evaluación de impacto ambiental; la fiscalización de los estándares nacionales de calidad ambiental del aire; los sistemas de información ambiental; entre otros.

Para proteger la salud, el Decreto Supremo N° 074-2001-PCM², establece los estándares de calidad ambiental del aire y los lineamientos para alcanzarlos. Así mismo, dentro de los principios que considera la presente norma se encuentran que,

- a). La protección de la calidad del aire es obligación de todos,
- b). Las medidas de mejoramiento de la calidad del aire se basan en análisis costo-beneficio.
- c). La información y educación a la población respecto de las prácticas que mejoran o deterioran la calidad del aire serán constantes, confiables y oportunas.

¹ Silva J.; Concepción, E.; Montoya, Z. 2004. Evaluación de la Contaminación Atmosférica en la Zona Metropolitana de Lima-Callao. Boletín Meteorológico e Hidrológico del SENAMHI. Cap. IV. Ambiente. Lima, Perú.

² CONAM. 2001. Reglamento Nacional de Estándares de la Calidad Ambiental del Aire. Lima, Perú.

En su Artículo 4 establece los estándares primarios de calidad del aire y los niveles de concentración máxima para los siguientes contaminantes criterio (ver cuadros n ° 1, 2 y 3):

Cuadro N ° 1. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire

Contaminante	Periodo	Forma del estándar		Método de análisis ¹
		Valor	Formato	
Dióxido de azufre	Anual	80	Media aritmética anual	Fluorescencia UV (método automático)
	24 horas	365	NE más de 1 vez al año	
PM-10	Anual	50	Media aritmética anual	Separación inercial / filtración (gravimetría)
	24 horas	150	NE más de 3 veces/año	
Monóxido de carbono	8 horas	10000	Promedio móvil	Infrarrojo no dispersivo IRND (método automático)
	1 hora	30000	NE más de 1 vez al año	
Dióxido de nitrógeno	Anual	100	Promedio aritmético anual	Quimiluminiscencia (método automático)
	1 hora	200	NE más de 24 veces/año	
Ozono	8 horas	120	NE más de 24 veces/año	Fotometría UV (método automático)
Plomo	Anual ²	0.5	Promedio aritmético mensual	Método PM-10 (espectrofotometría de absorción atómica)
	Mensual	1.5	NE más de 4 veces/año	
Sulfuro de hidrógeno	24 horas			Fluorescencia UV (método automático)

¹ O método equivalente aprobado ² Determinado en el D.S. N° 069-2003-PCM

Fuente: Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.2001

Cuadro N ° 2. Valores de tránsito

Contaminante	Periodo	Forma del estándar		Método de análisis ¹
		Valor	Formato	
Dióxido de azufre	Anual	100	Media aritmética anual	Fluorescencia UV (método automático)
PM-10	Anual	80	Media aritmética anual	Separación inercial / filtración (gravimetría)
	24 horas	200	NE más de 3 veces/año	
Dióxido de nitrógeno	1 hora	250	NE más de 24 veces/año	Quimiluminiscencia (método automático)
Ozono	8 horas	160	NE más de 24 veces/año	Fotometría UV (método automático)
Plomo	anual	1.0	Promedio aritmético mensual	Método PM-10 (espectrofotometría de absorción atómica)

¹ O método equivalente aprobado

Fuente: Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.2001

Cuadro N ° 3. Valores referenciales

Contaminante	Periodo	Forma del estándar		Método de análisis ¹
		Valor	Formato	
PM-2.5	Anual	15		Separación inercial / filtración (gravimetría)
	24 horas	65		

¹ O método equivalente aprobado

Fuente: Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.2001

Todos los valores son concentraciones en microgramos por metro cúbico, NE significa no exceder. El método de análisis puede también ser un método equivalente aprobado.

La actividad antropogénica conjugada con los factores naturales climáticos de permanente aridez de la costa peruana donde se ubica geográficamente la capital, han ocasionado que la calidad del aire, se haya convertido en uno de los mayores riesgos para la salud de la población de la Zona Metropolitana de Lima y Callao³. Así, la primera de las 10 causas de atención hospitalaria en Lima-Callao, corresponde a las infecciones respiratorias agudas. Se ha establecido que la contaminación por partículas aún en mínimas concentraciones causa a corto y largo plazo, disminución de la función pulmonar, lo que ocasiona la presencia de enfermedades crónicas respiratorias y la muerte prematura⁴.

Es importante conocer que dependiendo de su tamaño, las partículas pueden sedimentar o flotar. Los contaminantes sólidos sedimentables, polvo atmosférico o deposición ácida seca incluyen al grupo de partículas de hasta un diámetro de aproximadamente 100 μ , considerando que el polvo de mayor tamaño tiende a sedimentar rápidamente; de este grupo, las partículas más finas, son las más peligrosas ya que tienen una mayor penetración en el sistema respiratorio. Abundantes trabajos de investigación demuestran la relación directa entre el polvo atmosférico y partículas respirables con enfermedades respiratorias, digestivas, dermatológicas, reumáticas, nerviosas y oculares⁵.

La evaluación de las concentraciones en el aire de uno u otro contaminante es denominado monitoreo atmosférico, para el cual de acuerdo a Martínez *et al* (1997)⁶, significa disponer de una red de monitoreo óptima implica con un número mínimo de estaciones con localizaciones precisas, las mismas que deben permitir obtener un adecuado análisis de la distribución de la contaminación.

Dentro de la implementación del Plan nacional "A limpiar el aire", el SENAMHI, en cumplimiento a lo establecido en el D.S. 074-2001-PCM sobre el Reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental del aire, lideró y concluyó los trabajos de delimitación de la cuenca atmosférica para cada una de las 13 zonas de atención prioritaria a nivel nacional reconocidas por dicho decreto dentro del marco de elaboración del diagnóstico de línea base, el cual contempla el monitoreo de la calidad del aire, inventario de emisiones y estudios epidemiológicos.

La delimitación de la cuenca atmosférica de la zona metropolitana (z.m.) de Lima-Callao se ha realizado en base al comportamiento de los flujos de viento locales y a las configuraciones topográficas, teniendo como límites la curva de nivel de 800 msnm y en la cuenca del Rímac la de 1000 msnm considerando el criterio de crecimiento poblacional hasta esa altitud.

³ Silva J. 2000 Factores meteorológicos que influyen en la dispersión de la contaminación del aire en la ciudad de Lima. Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima. Vol.Nº113:2000. Lima, Perú.

⁴ 10González, A. ; Vega, F.; Abarca, S. 2000. Programa para mejorar la Calidad del Aire. Tijuana Rosarito. 2000-2005. México D.F.

⁵ Vizcarra Andreu, M. 1992. Tecnósfera. La Atmósfera contaminada y sus relaciones con el público. 246pp. Lima, Perú.

⁶ Martínez, A. Romieu, I. 1997. Introducción al Monitoreo atmosférico. 217pp. México D.F., México.

En la z.m. de Lima-Callao se ha identificado tres cuencas hidrográficas con sus respectivas microcuencas atmosféricas (ver **figura 1**) que son las siguientes:

Cuenca del río Chillón

La cuenca del río Chillón abarca los distritos de Ancón, Santa Rosa, Ventanilla, Puente Piedra, Carabaylo, Comas, zona norte-centro de San Martín de Porres, Los Olivos, Independencia y norte del distrito del Callao. Dentro de la cuenca, se configuran las siguientes microcuencas atmosféricas:

Microcuenca de Ancón: distrito de Ancón

Microcuenca de Carabaylo: distrito de Carabaylo

Microcuenca de Collique: distrito de Comas

Cuenca del río Rímac

La Cuenca del río Rímac se extiende a los distritos de San Juan de Lurigancho, Lurigancho, zona centro-sur del Callao, Carmen de la Legua Reynoso, Bellavista, La Punta, Cercado de Lima, Rímac, San Juan de Lurigancho, Lurigancho, Ate Vitarte, El Agustino, Santa Anita, Breña, Pueblo Libre, Jesús María, La Victoria, San Luis, Lince, La Perla, San Miguel, Magdalena del Mar, San Isidro, San Borja, La Molina, Miraflores, Surquillo, Santiago de Surco, Barranco, Chorrillos, San Juan de Miraflores y zona noroeste del distrito de Villa María del Triunfo. Las microcuencas atmosféricas que han sido determinadas son:

Microcuenca de San Juan de Lurigancho: distrito de San Juan de Lurigancho.

Microcuenca de Huaycoloro: distrito de Lurigancho

Microcuenca de Huaycán: distrito de Ate Vitarte

Microcuenca de La Molina: distrito de La Molina

Cuenca del río Lurín

La cuenca del río Lurín abarca los distritos de Cieneguilla, Pachacamac, V. María del Triunfo, Villa El Salvador, Lurín, noroeste de Punta Hermosa, considerando las microcuencas de:

Microcuenca de Manchay: distrito de Pachacamac

Microcuenca de Portillo Grande: distrito de Lurín

Microcuenca por identificar: distrito de Pachacamac

El clima de la cuenca atmosférica de Lima- Callao, como consecuencia de la interacción de tres factores climáticos semipermanentes: a) el Anticiclón del océano Pacífico suroriental, b) la cordillera de los Andes y c) la corriente de Humboldt (fría), es de permanente aridez debido de lo siguiente:

- Establecimiento de un fenómeno de inversión térmica durante todo el año en los niveles bajos de la tropósfera de la costa peruana, por lo general con menor altitud, espesor e intensidad durante los meses de verano (la base a 255 msnm. y el tope a 596 msnm. y muy débil intensidad), evoluciona hasta alcanzar su mayor altitud, espesor e

intensidad al final del invierno (con base a 675 msnm. y tope a 1490 msnm. e intensidad de 5°C).

- Temperatura anual multianual, durante el verano, en las zonas cercanas a la costa, oscila entre 20,2 a 25,8°C y entre 19,8 a 28,2°C en los distritos del este. En el invierno varía entre los 15,5 a 18,3°C en las zonas cercanas a la costa y entre 13,1 a 18,6°C en los distritos del este.
- Precipitación media mensual multianual que varía desde 10 mm/año cerca de la línea costera a 40 mm/año en los distritos del este.
- La velocidad del viento superficial varía entre 3 y 5 m/s con 4 a 8% de calmas, de direcciones S, SSW y SSE en la zona costera; en la parte central el viento varía entre 2 y 4 m/s, de direcciones SSW y WSW, con calmas entre 21 a 42%; y en el lado oriental el viento varía entre 3 y 5 m/s, de direcciones W, SSW y WSW con calmas en porcentaje de 20 y 40%.
- En la estación de verano los días tienen más de 50% de horas de sol; y en el periodo promedio desde inicios de otoño hasta finales de primavera, menos de 20%, debido a la nubosidad estratiforme que se debilita solamente durante la estación de verano.

2. Metodología

2.1 Del monitoreo de los contaminantes sólidos sedimentables

La información empleada para el análisis corresponde a la obtenida de la red de muestreo de polvo atmosférico compuesta por 38 estaciones ubicadas en el ámbito de la cuenca atmosférica de la zona metropolitana de Lima-Callao (**figura 1**), red que se ha ampliado hacia la zona de Huaycán. El método de muestreo pasivo desarrollado es el que se describe a continuación:

- **Fase preliminar de gabinete:** consiste en la preparación en laboratorio de las placas receptoras que serán empleadas en campo.
- **Fase de campo:** consiste en el reemplazo de las placas receptoras impregnadas de contaminantes por las que recién han sido pesadas, y su posterior evaluación en laboratorio. Observaciones tales como actividades de construcción cercana a la estación, manipulación por terceros, mantenimiento, paralización, entre otras, son anotadas en una bitácora para la validación posterior de la calidad de la información.
- **Fase de laboratorio:** por el método gravimétrico se determinan las concentraciones correspondientes a cada una de las estaciones de observación.
- **Fase de gabinete:** involucra el procesamiento, análisis e interpretación de la información, salida de reportes preliminares, cuadros, mapas, gráficos y la elaboración del boletín mensual.

2.2 De la Información Meteorológica

Para la evaluación de las condiciones meteorológicas de la zona metropolitana de Lima-Callao en el presente informe se ha utilizado la información proveniente de los siguientes lugares de observación: estación automática Ancón (Ancón), automática Collique (Comas), automática y radiosondaje del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez (Callao), automática Cercado II (El Cercado / lado este), automática Lima Este (La Molina), estación automática Campo de Marte (Jesús María) y automática Las Palmas (Surco) las mismas que son presentadas en la **figura 1**. La metodología de trabajo es la siguiente:

- **Fase de recopilación:** involucra el proceso de obtención y concentración de la información meteorológica de las estaciones señaladas.
- **Fase de control de calidad y consistencia:** involucra la revisión de los datos, eliminación de inconsistencias y completación de la data a través de herramientas estadísticas.
- **Fase de procesamiento, análisis e interpretación:** involucra el procesamiento numérico, gráfico, análisis e interpretación de los resultados.

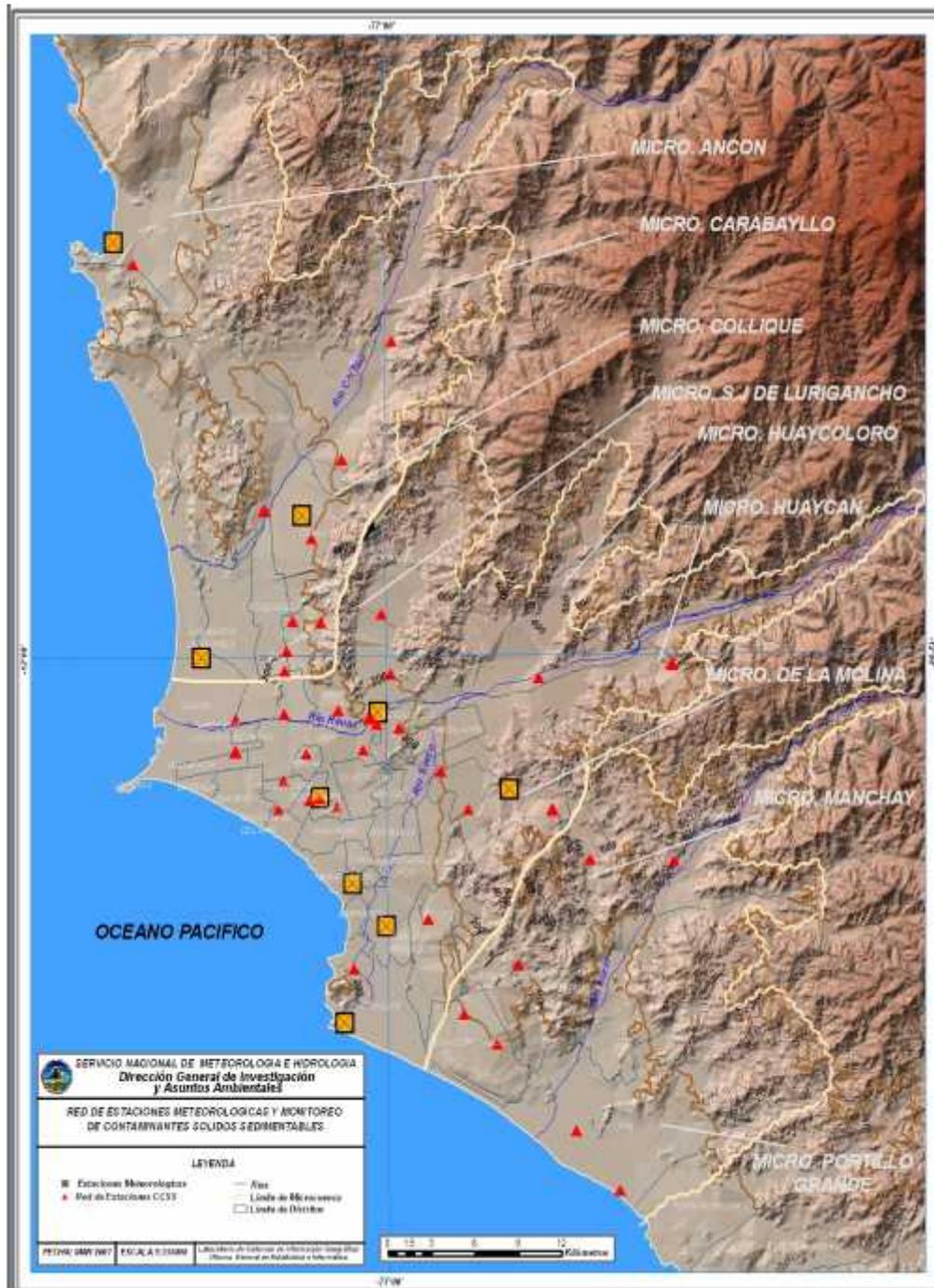


Fig. 1 - Red de estaciones meteorológicas y de muestreo del polvo atmosférico sedimentable (PAS) en la zona metropolitana de Lima-Callao

3. Resultados del monitoreo ambiental

3.1 Del Polvo Atmosférico Sedimentable

La evaluación del polvo atmosférico sedimentable se realiza en el ámbito de la cuenca atmosférica de Lima-Callao. La red de 38 estaciones de muestreo es presentada en la **figura 1**.

Durante el mes de abril 2007, el 76 % de las estaciones superaron el nivel referencial permisible de la Organización Mundial de la Salud (OMS) de 5 t/km².mes, con una media de 11,5 t/km².mes, ligeramente superior a la del mes anterior.

De acuerdo a lo observado en el **cuadro N° 4**, los niveles de contaminación en los principales núcleos durante el mes de abril fueron en promedio similares a los registrados en el mes anterior. En cuanto a los valores extremos, el máximo se registró en el distrito de Puente Piedra con 32,9 t/km².mes, y el mínimo de 3,0 t/km².mes en el Callao. La dirección predominante de los vientos de S, SSW y SW de intensidad predominantemente débil, en interacción con la rugosidad natural y artificial impuesta por las edificaciones, determinaron niveles aún altos de deposición de los contaminantes en las zonas críticas, particularmente en Lima norte.

Cuadro N°4. Concentraciones de polvo atmosférico sedimentable o contaminantes sólidos sedimentables: marzo y abril 2007 (t/km².mes)

Conc t/km ² .mes	N° est.	% de estaciones Sobrepasan nivel ref.	Núcleos principales (puntuales y promedios)				X t/km ² .mes	Máx t/km ² .mes	Min t/km ² .mes
			Cono Norte	Cono Centro-este	Cono Sur-este	Cono Sur			
Marzo 2007	37	65	32,1 (Pte. Piedra)	24,9 (El agustino, El Cercado, Lurigancho)	23,1 (Pachacamac)	28,0 (V.M.T.; Lurín)	11,3	32,1 (P. Piedra)	2,8 (Chorr.)
Abril 2007	38	76	32,9 (Pte. Piedra)	23,3 (El agustino, El Cercado, Lurigancho)	25,1 (Pachacamac)	25,1 (V.M.T.; Lurín)	11,3	32,9 (P. Piedra)	3,0 (Callao)

En la **figura 2** se muestran las concentraciones registradas en los meses de marzo y abril 2007.

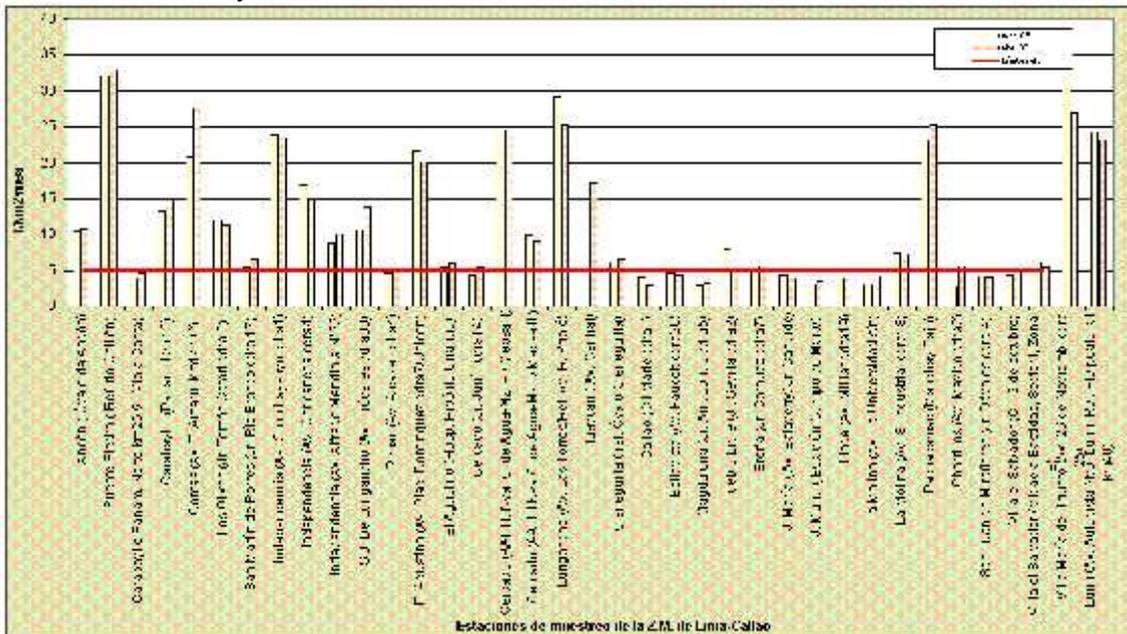


Fig.2-Totales mensuales de polvo atmosférico sedimentable (contaminantes sólidos sedimentables) registrados en marzo y abril 2007 en Lima-Callao

La configuración urbana local, el incremento tanto del tráfico vehicular y de una red vial con deficiente mantenimiento, así como de las actividades industriales, comerciales y de servicios sin una política nacional de ordenamiento territorial, en interacción con las condiciones meteorológicas que se presentaron durante abril, facilitaron la configuración de persistentes zonas críticas de alta contaminación en Lima-Callao, mostrando en el presente mes, una media similar a la del mes anterior, aunque con valores elevados en los núcleos. De acuerdo a lo descrito, en la **figura 3**, para abril, las 4 principales zonas críticas son: hacia Lima norte (cuenca del río Chillón) se observa el primer centro, extendiéndose hacia la jurisdicción de los distritos de Independencia, Comas, Carabaylo, Pte. Piedra, Ancón, Sta. Rosa, Ventanilla, Los Olivos y San Martín de Porres, cuyo núcleo en el distrito de Puente Piedra tiene un valor de 32,9 t/km².mes. El segundo centro abarca Lima centro-este (cuenca del río Rímac y microcuencas de San Juan de Lurigancho y Huaycán, y comprende los distritos de San Juan de Lurigancho, Lurigancho, Chaclacayo, Ate-Vitarte, Sta. Anita, el Agustino, y el Cercado (lado este), con núcleos fraccionados en: El Agustino, El Cercado y Lurigancho equivalentes a 20,0; 24,6; y 25,2 t/km².mes, respectivamente. El tercer centro ubicado en Lima sur-este tiene su núcleo en el distrito de Pachacamac (microcuenca de Manchay) con valor de 25,1 t/km².mes; mientras que el cuarto centro en Lima sur que comprende los distritos de Villa El Salvador, Villa María del Triunfo y Lurín, se presenta también fraccionado en Villa María del Triunfo y Lurín con valores de 26,9 y 23,2 t/km².mes, respectivamente. Los distritos cercanos al litoral costero y parte de algunos residenciales, comprendidos dentro de la estrecha franja amarilla, se mantuvieron por debajo del límite (5 t/km².mes), favorecidos por la influencia de las brisas marinas y políticas de gestión municipal saludables.



Fig. 3- Análisis espacial de la concentración del polvo atmosférico sedimentable en la cuenca atmosférica de Lima-Callao durante el mes de abril del 2007

3.2 De las condiciones meteorológicas

El análisis de las condiciones meteorológicas para la zona metropolitana de Lima-Callao durante el mes de abril 2007, se ha realizado en base a información derivada disponible sobre la evolución sinóptica de los sistemas meteorológicos que influyen en el clima de la costa central, y de la información recopilada de la red de estaciones automáticas descrita en el acápite 2.2. A

continuación se presentan las variables analizadas durante el período de muestreo del polvo atmosférico sedimentable.

a. De la Nubosidad

De acuerdo a lo presentado en la **figura 4**, durante el mes de abril se observó la persistente presencia de nubosidad horaria baja de tipo estratiforme alrededor de 500 m.s.n.m. y nubosidad media de tipo estratocúmulos entre 3000 y 5500 m.s.n.m. dando condiciones de cielo nublado parcial a nubes dispersas, alternados con escasos días despejados. Las condiciones de insolación estuvieron generalmente limitadas en las primeras horas de la mañana y hacia horas de la tarde.

b. De la Temperatura y Humedad Relativa

- Del análisis de la variación temporal diaria de la temperatura (°C) y humedad relativa (%) extremas se observa lo siguiente: la temperatura máxima fluctuó entre los valores de 20,4 °C en Ancón a 29,0 °C en El Callao y la mínima fluctuó entre 16 °C a 20,7 °C en La Molina; la temperatura media del mes, considerando las estaciones analizadas, fue de 21,0 °C. En cuanto a las humedades relativas, la máxima fluctuó entre 72 % en El Cercado a 100 % en El Callao y La Palmas; y la mínima osciló entre 46 % en El Cercado a 85 % en Ancón. Ver **figuras 5 a, b y c**; la humedad relativa media fue de 78 %. Las temperaturas máximas se presentaron principalmente durante la primera década del mes de abril; la estación otoñal se hizo más evidente, en horas de la madrugada y con días con escaso brillo solar.
- Con respecto al análisis horario de la información, los valores mínimos de la temperatura del aire se registraron de manera predominante entre las 4:00 y 5:00 am mientras que las máximas se presentaron alrededor de las 11:00 y 15:00 horas. Con respecto a las humedades relativas, la máxima se registró en forma muy variable pero predominantemente en los rangos de 4:00 a 5:00 am; similar comportamiento se presentó en las mínimas con registros entre las 11:00 am. y 17:00 pm.
- El análisis medio de las variables temperatura y humedad relativa de las estaciones analizadas: automática Ancón, automática Collique, automática sinóptica y de radiosondaje A.I. Jorge Chávez, automática El Cercado II, automática Lima Este, automática Campo de Marte y automática Las Palmas, señala el día 10 de abril como el más cálido con una máxima media de 22,4 ° C y el día 30 como el más frío con un valor de 18,8 ° C. Con respecto a la humedad relativa, el día más seco fue el 10 con la mínima media de 71 %, y el más húmedo el 30 de abril (85 %).

c. Del viento superficial

La información horaria de viento superficial (velocidad, dirección y frecuencia) correspondiente al mes de abril es presentada en las **figuras 6 a y b** para el período diurno (07:00 – 18:00) y nocturno (19:00 – 06:00), respectivamente.

- Durante el período diurno (7:00 a 18:00 horas), predominaron vientos de intensidad media débil (0,5 – 3 m/s) en los distritos de Ancón, El Callao, El Cercado, Jesús María y Surco provenientes del NW y WNW (25 y 22 %); S y SSW (41 y 10 %), SSW y SW (50 y 24 %), WSW y SW (72 y 11 %) y del WSW y S (30 y 27 %), respectivamente. Mientras que, intensidades medias moderadas (3,0 – 6,0 m/s) se presentaron en Comas de componentes SW y SSW (65 y 16 %) e intensidades medias fuertes ($= > 6,0$ m/s) en La Molina, provenientes del WNW y W (54 y 37 %), respectivamente. Se registraron ocurrencias de calmas superiores al 10%, en El Callao (26 %),

Las distribuciones de frecuencias de intensidades del viento superficial son presentadas también en la **figura 6**. Así, predominaron intensidades principalmente débiles, con excepción de Comas (moderadas) y La Molina (fuertes).

- Durante el período nocturno (19:00 a 6:00 horas) se registraron vientos de intensidad media débil (menor a 3,0 m/s) en todas las estaciones analizadas como son Ancón, Comas, El Callao, El Cercado, La Molina, Jesús María y Surco donde vientos fueron de componentes NNW y NW (21 y 16 %), SW y WSW (49 y 19 %), S y SSW (69 y 11 %), SSW y S (52 y 20 %), WNW y W (25 y 17 %), WSW y W (54 y 5 %) y del SSE y S (53 y 30 %). En el Callao, se registraron vientos medios moderados de componentes S y SSE (72 y 15%). Ocurrencia significativa de calmas (> 10 %) se registraron, en Ancón (11%), El Cercado (15 %) y Jesús María (12 %).

Las distribuciones de frecuencias de intensidades del viento superficial se presentan también en la **figura 6**. Predominaron intensidades en promedio débiles en las estaciones analizadas.

D. Del perfil de la tropósfera

Climáticamente, en la Costa Central del Perú, la base de la capa de inversión térmica por subsidencia, correspondiente al mes de abril se configura muy débilmente en horas de la mañana alrededor de los 450 m.s.n.m y desaparece desde antes del mediodía. Sin embargo, durante el presente mes de abril 2007, de acuerdo a información disponible sobre la evolución sinóptica de los sistemas meteorológicos que influyen en el clima de la costa central de Perú, se observó un ligero desplazamiento del anticiclón del Pacífico sur hacia el sur de su posición normal y un comportamiento de su intensidad oscilando alrededor de sus promedios históricos con cierta intensificación en algunos días como para ocasionar la presencia de vientos Paracas y un afloramiento marítimo siempre activo; incremento de la nubosidad horaria media y baja de tipo estratus y estratocúmulos, respectivamente, en especial de esta última a

partir del día 22, dando paso a días nublados variando a nublado parcial, brillo solar cada vez más limitado y el paulatino descenso de la temperatura media del aire; manifestaciones que en conjunto constituyen indicativos de la presencia con mayor frecuencia de la inversión térmica por subsidencia y su gradual intensificación. Las condiciones descritas y sus interacciones, influyeron sobre el campo de vientos locales dentro de la cuenca atmosférica de Lima-Callao que se caracterizó por presentar intensidades predominantemente débiles y calmás mayores a 10 %; condiciones que en conjunto por un lado favorecieron los fenómenos de suspensión y re-suspensión, y por otro limitaron la dispersión por lo que las concentraciones del polvo atmosférico sedimentable fueron aún altas en los núcleos de las zonas críticas, en promedio ligeramente superiores al mes anterior y con perspectivas a presentar un descenso en el próximo mes de mayo.

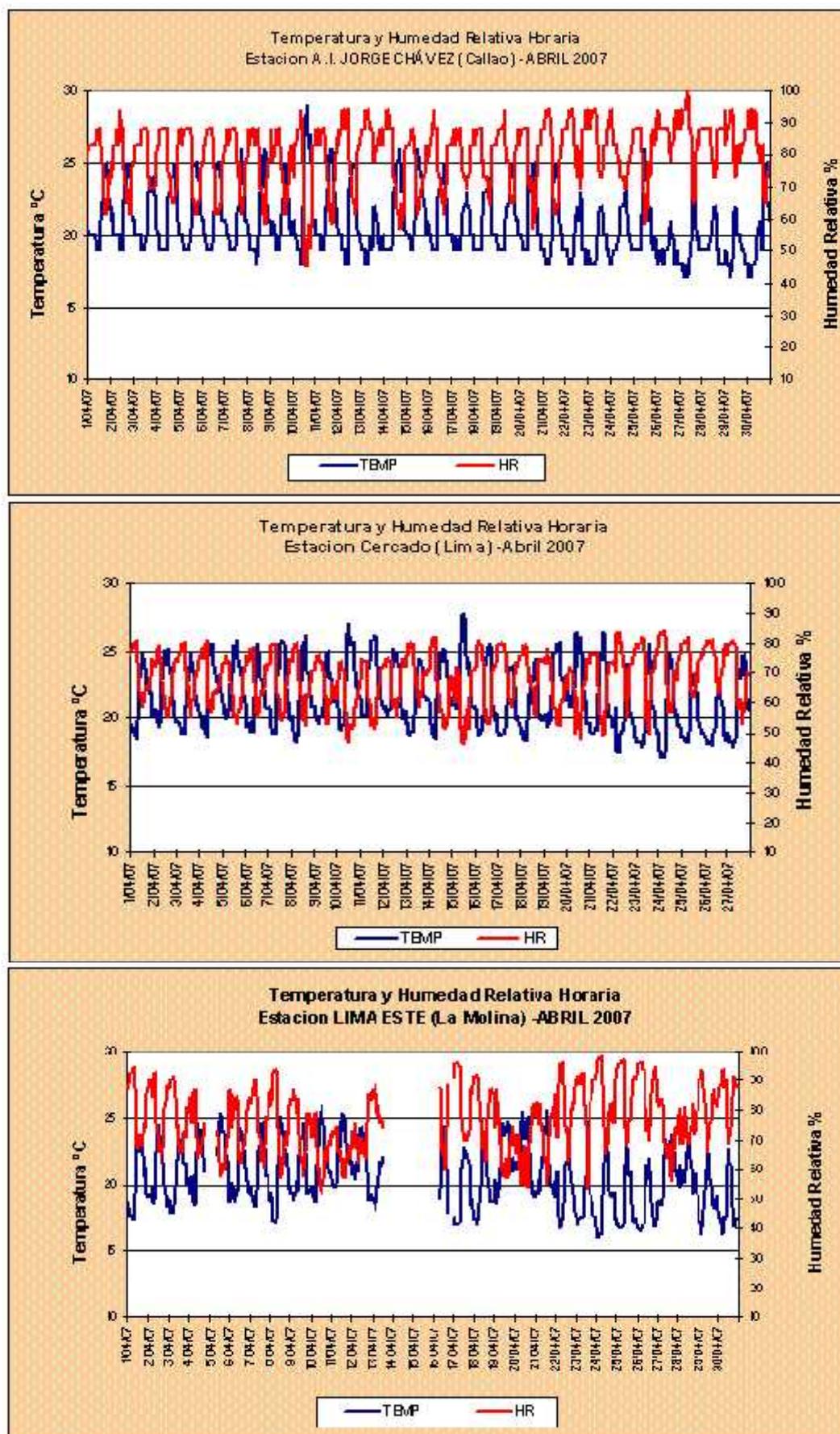


Fig.5b.- Variación horaria de la temperatura y humedad relativa durante el mes de abril del 2007 El Callao, El cercado y la Molina

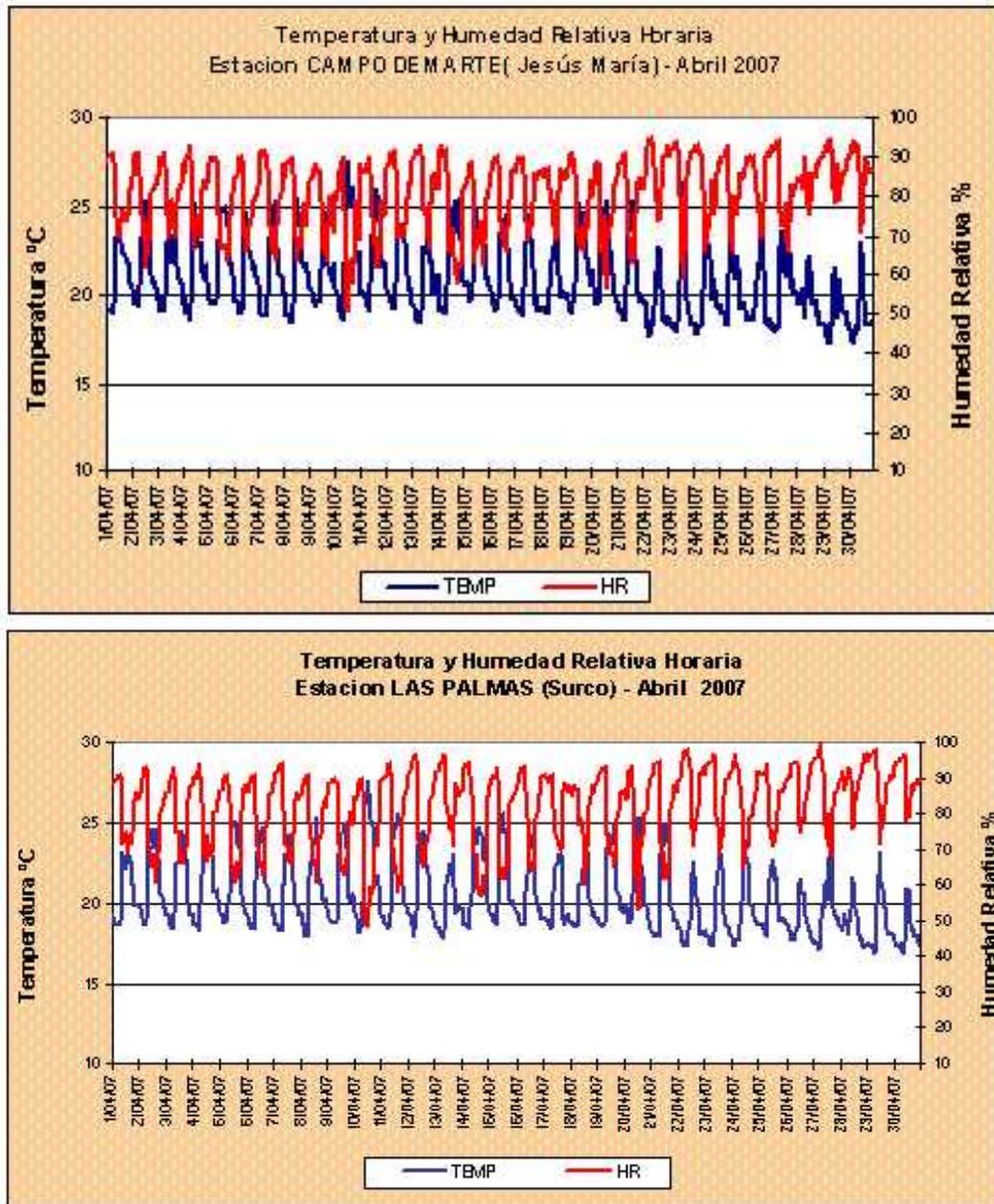
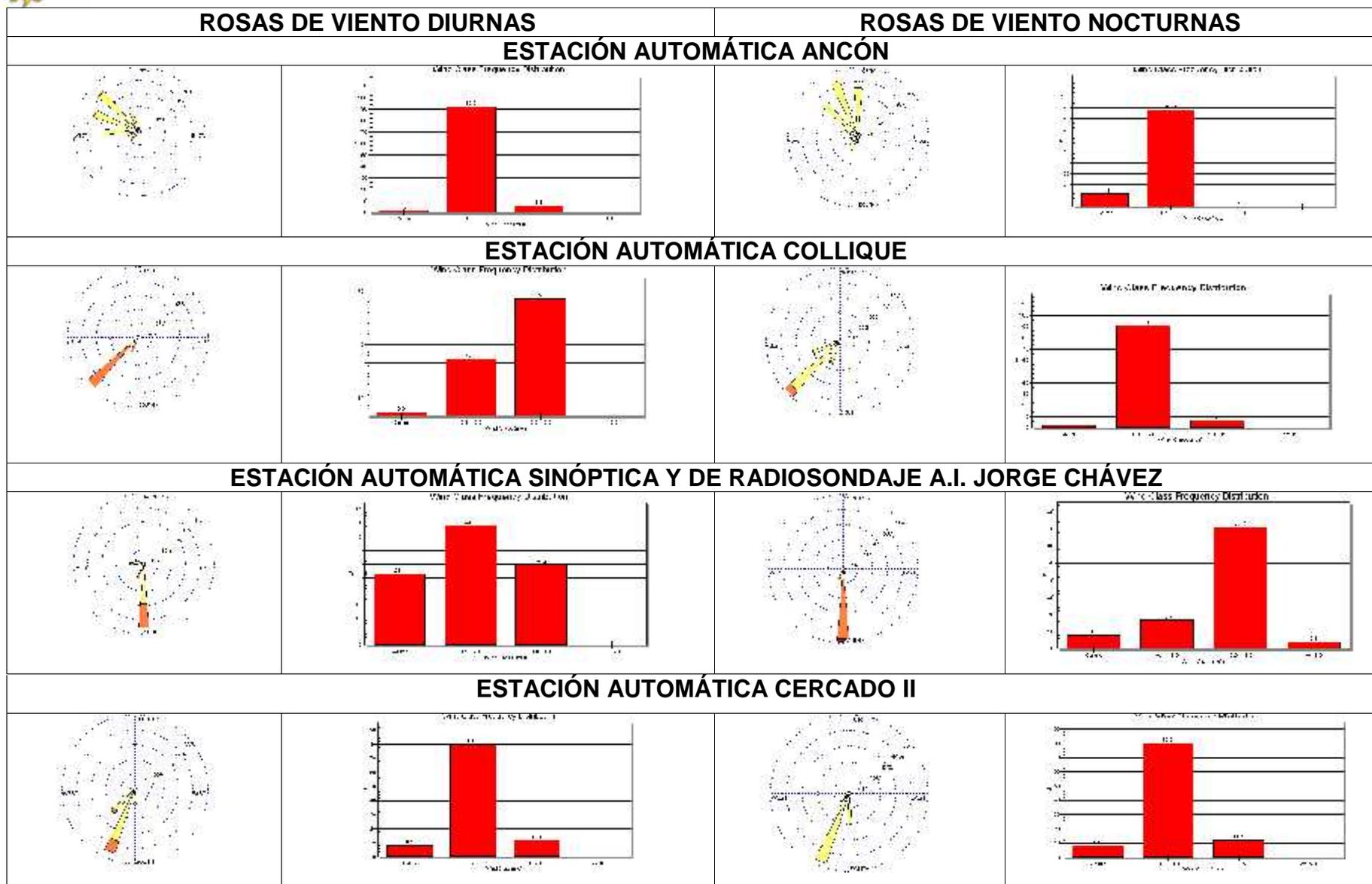


Fig.5c.- Variación horaria de la temperatura y humedad relativa durante el mes de abril del 2007 en Jesús María y Santiago de Surco



**Fig6a – Rosas de viento (m/s) en las estaciones de Ancón, Comas, Callao y El Cercado
Abril 2007**

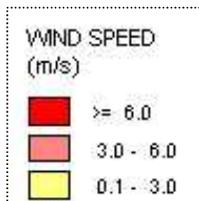
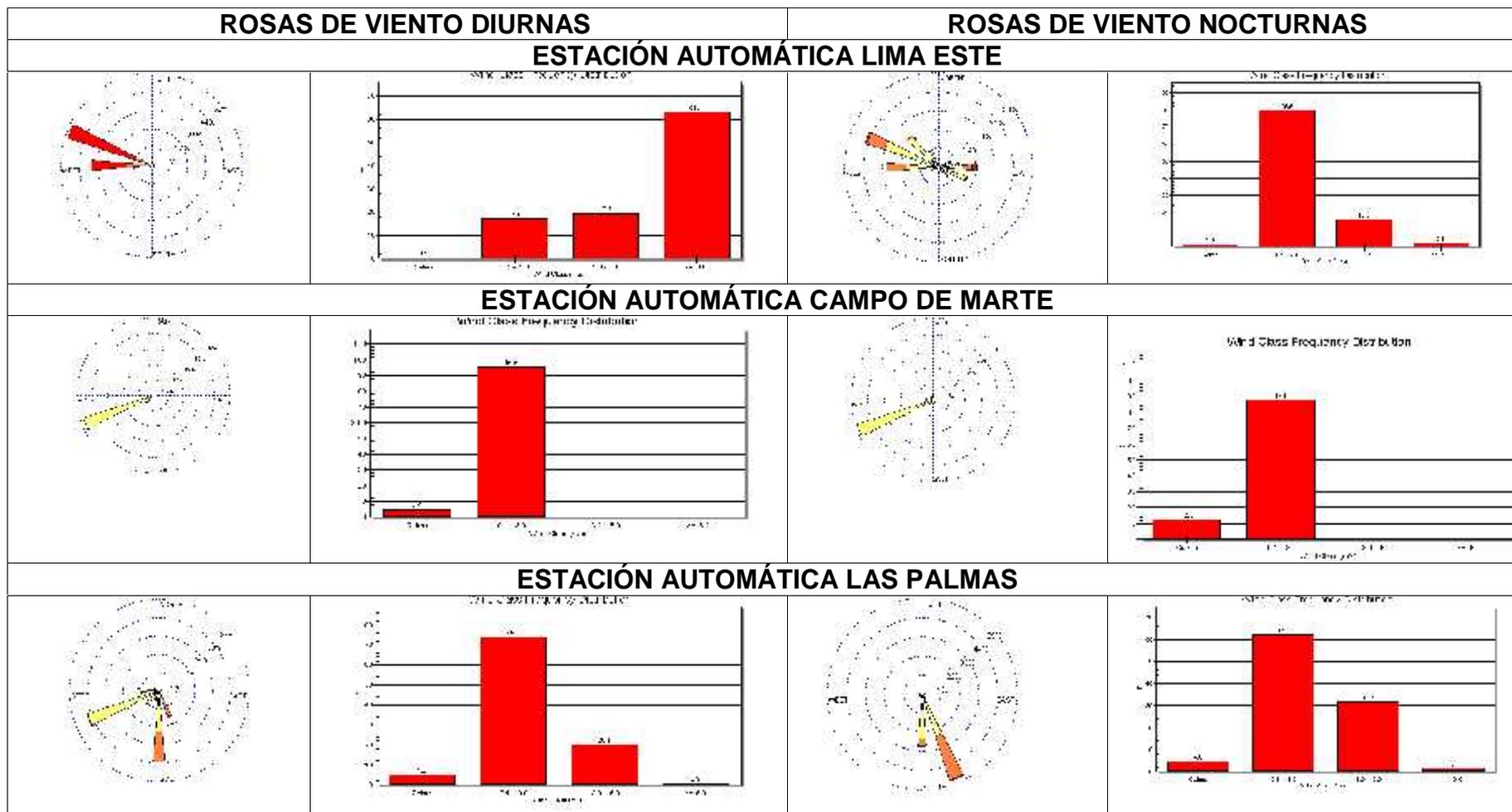


Fig6b – Rosas de viento (m/s) en las estaciones de Ancón, La Molina, Jesús María y Surco Abril 2007

4. Conclusiones

- ✓ Para el mes de abril, las concentraciones del polvo atmosférico sedimentable fueron en promedio similares en los principales núcleos a los registros del mes de marzo. La configuración resultante muestra 4 centros de alta contaminación: el primer núcleo se presentó en Lima norte de la ciudad con 32,9 t/km².mes; el segundo en Lima centro-este con un valor medio de 23,3 t/km².mes; el tercero en Lima sur-este con 25,1 t/km².mes; y el cuarto en Lima sur con una media de 25,1 t/km².mes.
- ✓ El 76 % de las estaciones sobrepasaron el nivel referencial establecido por la Organización Mundial de la Salud. La media mensual para las estaciones evaluadas fue de 11,3 t/km².mes, valor ligeramente superior al del mes anterior; el valor máximo registrado fue de 32,9 t/km².mes en Puente Piedra y el mínimo de 3,0 t/km².mes en El Callao.
- ✓ En cuanto al comportamiento de la temperatura y humedad relativa del aire, las medias de las estaciones analizadas en abril fueron de 21 °C y 78 %. Así mismo, el día más cálido fue el 10 con una máxima media de 22,4 °C; y el 30 el más frío con una mínima media de 18,8 °C. Con respecto a la humedad relativa, el día más seco fue el 10 con la mínima media de 71 %, y el más húmedo el día 30 (85 %).
- ✓ En cuanto a la nubosidad horaria, fue predominante la nubosidad baja, de tipo estratiforme, alrededor de 500 m.s.n.m, y media de tipo stratocúmulos; favoreciendo condiciones de cielo nublado parcial, con escasos días despejados.
- ✓ Con respecto al análisis del viento superficial en los períodos analizados, la intensidad media de los vientos fue principalmente débil (< 3,0 m/s) de componente predominantemente del S, SSW y SW.
- ✓ La evolución sinóptica de los sistemas meteorológicos que influyen en el clima de la costa central de Perú, permitió observar, un ligero desplazamiento del anticiclón del Pacífico sur hacia el sur de su posición normal e intensidades oscilando alrededor de sus normales, afloramiento activo que generó nubosidad baja; descenso de la temperatura media del aire; vientos locales de intensidades débiles y calmas; condiciones que propiciaron que las concentraciones del polvo atmosférico sedimentable fueran aún altas en los núcleos de las zonas críticas, en promedio ligeramente superiores al mes anterior y con perspectivas a presentar un descenso en el próximo mes de mayo.