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

INDICE GENERAL

RESUMEN

1. Calidad del Aire en La zona Metropolitana de Lima y 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 contaminantes sólidos sedimentables en la zona metropolitana de Lima-Callao 9

Fig. 2 -. Totales mensuales de polvo atmosférico (contaminantes sólidos sedimentables) registrados durante los meses de enero 2006 y febrero 2007 en Lima-Callao. 10

Fig. 3a -.Variación horaria de la temperatura y humedad en Ancón, Comas y El Callao en el mes de febrero del 2007 en Lima-Callao. 13

Fig. 3b -.Variación horaria de la temperatura y humedad en El Cercado, La Molina y Jesús María en el mes de febrero del 2007 en Lima-Callao. 14

Fig. 3c -.Variación horaria de la temperatura y humedad en Miraflores y Santiago de Surco en el mes de febrero del 2007 en Lima-Callao. 15

Fig. 4a-.Rosas de viento e histogramas de frecuencia: Ancón, Comas y El Callao. 16

Fig. 4b- .Rosas de viento e histogramas de frecuencia: El Cercado, y La Molina y Miraflores. 17

Fig. 4c- .Rosas de viento e histogramas de frecuencia: Surco y Jesús María 18

Fig. 5 -. Distribución espacial de la concentración de sólidos sedimentables en Lima-Callao durante el mes de febrero del 2007. 20

INDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire – ECA´s 4

Cuadro N° 2Valores de tránsito – ECA´S 4

Cuadro N° 3Valores referenciales – ECA´S 4

Cuadro N° 4 Concentraciones de los contaminantes sólidos sedimentables. Meses de enero y febrero 2007. 10

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

RESUMEN

El boletín del mes de febrero muestra los resultados de la evaluación del polvo atmosférico o contaminantes sólidos sedimentables en la zona metropolitana de Lima-Callao, en relación a las condiciones meteorológicas. Así, el 68 % de las estaciones superaron el valor referencial permisible de la OMS, con una concentración media de CSS para la z.m. de Lima-Callao fue de 11,5 t/km^2.mes, inferior a la media de diciembre que fue de 11,8 t/km^2.mes. Respecto a la evaluación meteorológica, hubo una disminución de la nubosidad, incremento de la radiación y temperatura del aire, vientos locales y de las brisas marinas de débiles a moderados; condiciones que en conjunto, favorecieron los fenómenos de suspensión y re-suspensión, por lo que las concentraciones del polvo atmosférico fueron similares 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[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[2], 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.
En su Artículo 4 establece los estándares primarios de calidad del aire y los niveles de concentración máxima para los siguientes contaminantes criterio

[1] Silva J.; Concepción, E.; Montoya, Z.2004. Evaluación de la Contaminación Atmosférica en la Zona Metropolitana de Lima-Callao. Boletin 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.

(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 Callao[3]. 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 prematura[4].

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 100u, 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 oculares[5].

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.

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:

[3] Silva J. 2000 Factores meteorológicos que influyen en la dispersión de la contaminación del aire en la ciudad de Lima. Boletin de la Sociedad Geográfica de Lima. Vol.N°113:2000. 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.

Cuenca del río Chillón

La cuenca del río Chillón abarca los distritos de Ancón, Santa Rosa,Ventanilla, Puente Piedra, Carabayllo, 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 Carabayllo: distrito de Carabayllo
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 25,8ºC y entre 19,8 a 28,2ºC en los distritos del este. En el invierno varía entre los 15,5 a 18,3ºC en la zonas cercanas a la costa y entre 13,1 a 18,6ºC 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 37 estaciones ubicadas en el ámbito de la cuenca atmosférica de la zona metropolitana de Lima-Callao (**figura 1**). 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), automática HCFAP (Miraflores) 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.

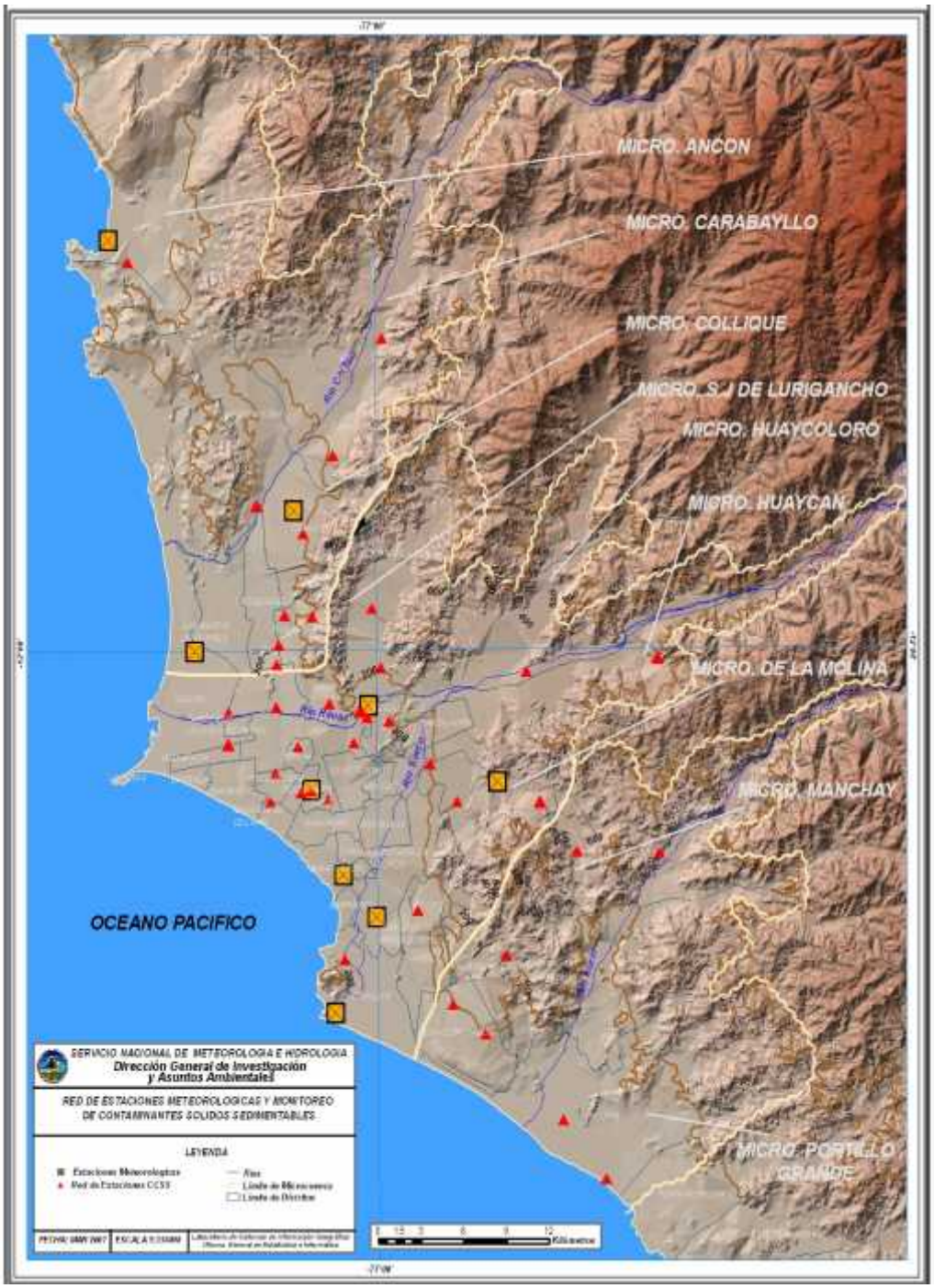


Fig. 1 - Red de estaciones meteorológicas y de contaminantes sólidos sedimentables en la zona metropolitana de Lima-Callao

3. Resultados del monitoreo del polvo atmosférico sedimentable

La evaluación del polvo atmosférico o contaminante sólido sedimentable se realiza en el ámbito de la cuenca atmosférica de la zona metropolitana de Lima-Callao. La red de 37 estaciones de monitoreo es presentada en la **figura 1**.

Durante el mes de febrero 2007, el 68 % de las estaciones superaron el nivel referencial permisible de la Organización Mundial de la Salud

(OMS) de 5 t/km^2.mes, con una media de 11,5 t/km^2.mes, ligeramente inferior a la del mes anterior que fue de 11,8 t/km^2.mes.

De acuerdo a lo observado en el **cuadro N° 4**, los niveles de contaminación en los principales núcleos en febrero fueron en promedio superiores a los registros del mes anterior. En cuanto a los valores extremos, el máximo se registró en el distrito de Puente Piedra con 30,7 t/km^2.mes, y el mínimo de 1,5 t/km^2.mes en Bellavista. La dirección predominante de los vientos de WSW, SW, S y SE y su intensidad entre débil a moderada y fuerte en interacción con la rugosidad del terreno debido tanto al paisaje colinoso y presencia de las edificaciones, propiciaron altos niveles de deposición de los contaminantes en las zonas críticas, particularmente en Lima norte.

Cuadro N°4. *Concentraciones de polvo atmosférico o contaminantes sólidos sedimentables: enero y febrero (t/km^2.mes)*

Conc t/km².mes	Nº est.	% de estaciones Sobrepasan nivel ref.	Núcleos principales (puntuales y promedios)				X t/km².mes	Máx t/km².mes	Mín t/km².mes
			Cono Norte	*Cono Centro-este*	*Cono Sur-este*	*Cono Sur*			
Enero 2007	37	70	35,1 (Pte. Piedra)	25,5 (El agustino, El Cercado; Lurigancho)	19,9 (Pachacamac)	24,3 (V.M.T.; Lurín)	11,8	35,1 (P. Piedra)	1,5 (Chorr.)
Febrero 2007	37	70	30,7 (Pte. Piedra)	26,7 (El agustino, El Cercado; Lurigancho)	21,6 (Pachacamac)	25,7 (V.M.T.; Lurín)	11,7	30,7 (P. Piedra)	1,7 (Bellav.)

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

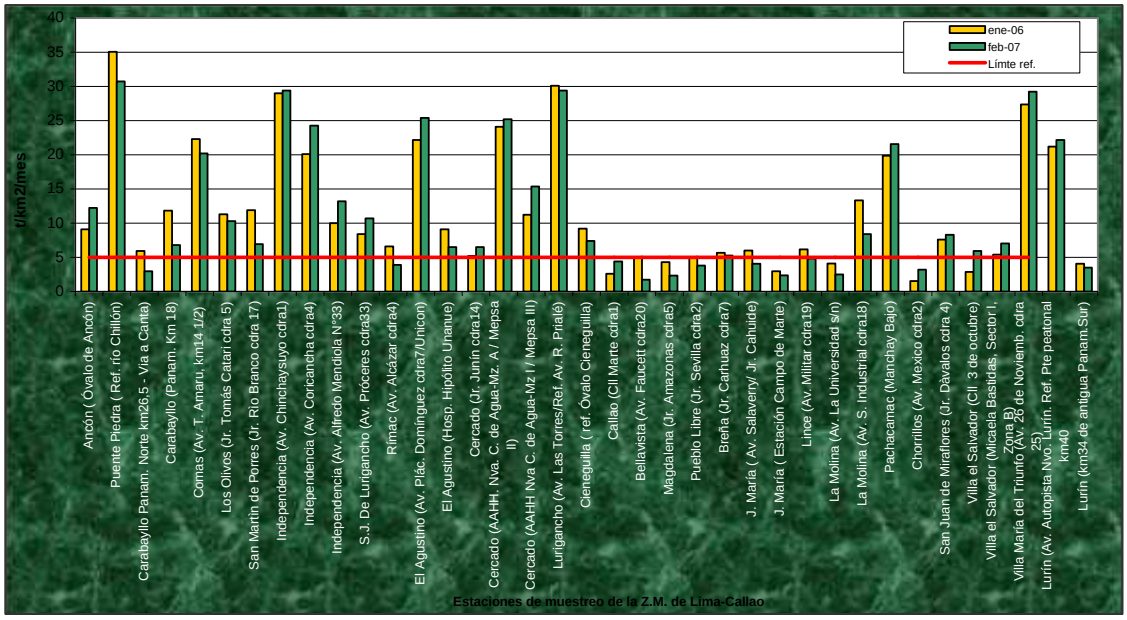


Fig.2-Totales mensuales de polvo atmosférico (contaminantes sólidos sedimentables) registrados en enero y febrero 2007 en Lima-Callao

El análisis de las condiciones meteorológicas para la zona metropolitana de Lima-Callao, durante el mes de febrero 2007, se ha realizado en base a la información recopilada de las siguientes estaciones de la red meteorológica urbana: 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), automática HCFAP (Miraflores) y automática Las Palmas (Surco)

a. 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 23,1 °C en Ancón a 30,4 °C en Comas y la mínima fluctuó entre 18,3 °C en La Molina a 23,7 °C en Miraflores; la temperatura media del mes, considerando las estaciones analizadas, fue de 23,7 °C. En cuanto a las humedades relativas, la máxima fluctuó entre 75 % en Comas a 97 % en La Molina; y la mínima osciló entre 76 % en Comas y La Molina a 78 % en Ancón. Ver **figuras 3 a, b**; la humedad relativa media fue de 75 %. Este mes se caracterizó por presentarse las máximas temperaturas de lo que va de la estación de verano, aunque desde fines de la segunda y durante la tercera década predominaron principalmente días nublados. No se registraron lloviznas durante el período de análisis.

- 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 13:00 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 12:00 y 16:00 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, automática Miraflores y automática Las Palmas, señala el día 7 de febrero como el más cálido con una máxima media de 25,3 ° C y el día 25 como el más frío con un valor de 22,0 ° C. Con respecto a la humedad relativa, el día más seco fue el 4 con la mínima media de 68 %, y el más húmedo el 20 de febrero (81%); es decir, en la primera década del presente mes en la zona metropolitana de Lima-Callao, la temperatura alcanzó los valores máximos de la estación y en relación inversa la humedad relativa alcanzó sus valores mínimos pera el periodo.

b. Del viento superficial

La información horaria de viento superficial (velocidad, dirección y frecuencia) correspondiente al mes de febrero es presentada en las **figuras 4 a,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 (1,4 – 3 m/s) en los distritos de Ancón, El Cercado, Jesús María, Miraflores y Surco provenientes del NW y WNW (23 y 16 %), SSW y SW (40 y 33 %), WSW y SW (68 y 10 %), WSW y

SW (68 y 13 %) y del WSW y S (31 y 23 %), respectivamente. Intensidades medias moderadas se presentaron en Comas y El Callao de direcciones SW y SSW (56 y 23 %) y del S y SSW (44 y 15%); mientras que intensidades fuertes se registraron en La Molina provenientes del W y WNW (48 y 36 %), respectivamente. No hubo ocurrencia significativa de calmas.

Las distribuciones de frecuencias de intensidades del viento superficial son presentadas también en la **figura 4**. Así, predominaron intensidades entre débiles; aunque también se reportaron moderadas y fuertes en promedio en las estaciones.

- Durante el período nocturno (19:00 a 6:00 horas) se registró vientos de intensidad media débil en todas las estaciones analizadas; así, en Ancón, Comas, El Callao, El Cercado, La Molina, Jesús María, Miraflores y Surco se presentaron de direcciones NNW y NW (13 y 10 %), SW y WSW (37 y 32 %), S y SSE (67 y 14 %), SSW y S (53 y 16 %), W; WNW y E (20 y 19 %), WSW y W (36 y 16 %), WSW y S (31 y 23 %) y del SSE y S (58 y 19 %). Hubo ocurrencia significativa de calmas en Ancón (41 %).

  La distribución de frecuencias de intensidades del viento superficial son presentadas también en la **figura 4**. Predominaron intensidades en promedio débiles en las estaciones analizadas.

C. Condiciones meteorológicas en el 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 febrero se configura muy débilmente en horas de la mañana alrededor de los 300 m.s.n.m y desaparece desde antes del mediodía. Así, durante el presente mes, las condiciones meteorológicas en la costa central, se caracterizaron por una disminución de la nubosidad media y alta proveniente de los trasvases desde la cuenca Amazónica con respecto al mes anterior, con el consiguiente incremento de la insolación y temperatura del aire; sin embargo, como consecuencia del paso del sol por la ciudad de Lima en su viaje al Hemisferio norte, ocasionó que este último parámetro, alcance sus máximos valores de la temporada de verano en la primera década y a partir de mediados de la segunda, definitivamente inició su descenso hacia la estación de otoño que por convención se ha fijado para inicios de la tercera década del mes de marzo. Las características descritas, sumadas a la presencia en algunos días de la inversión térmica mayormente por irradiación, vientos locales y brisas marinas de débiles a moderadas mayormente de direcciones WSW, SW, S y SE, así como los cambios espaciales bruscos de temperatura del aire por las diferencias en el calentamiento de las superficies, propiciaron procesos de turbulencia, resuspensión y por lo tanto, concentraciones del polvo atmosférico en el presente mes igualmente altas y muy similares a las del mes anterior

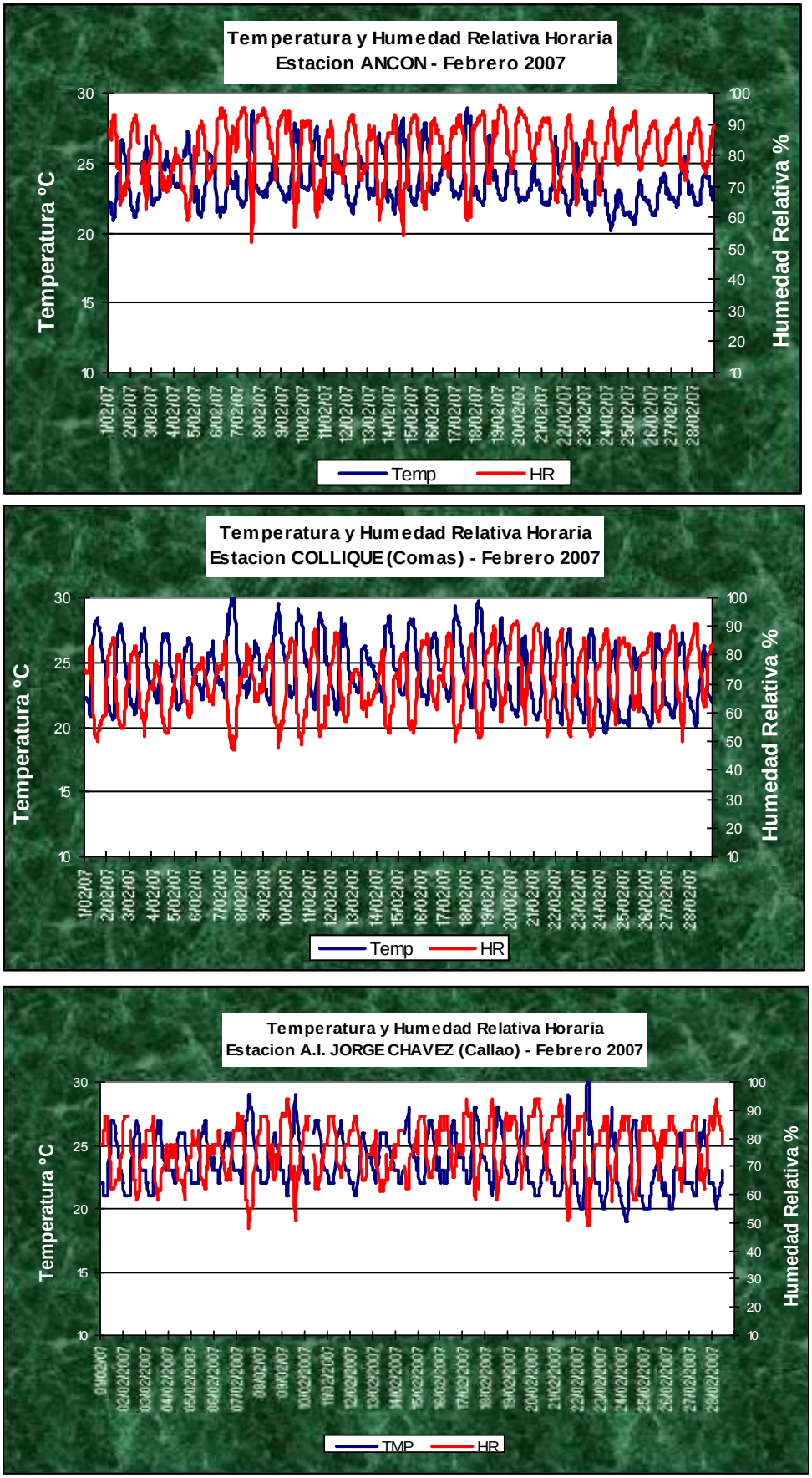


Fig.3a.- Variación horaria de la temperatura y humedad relativa durante el mes de febrero del 2007 Ancón, Comas y El Callao

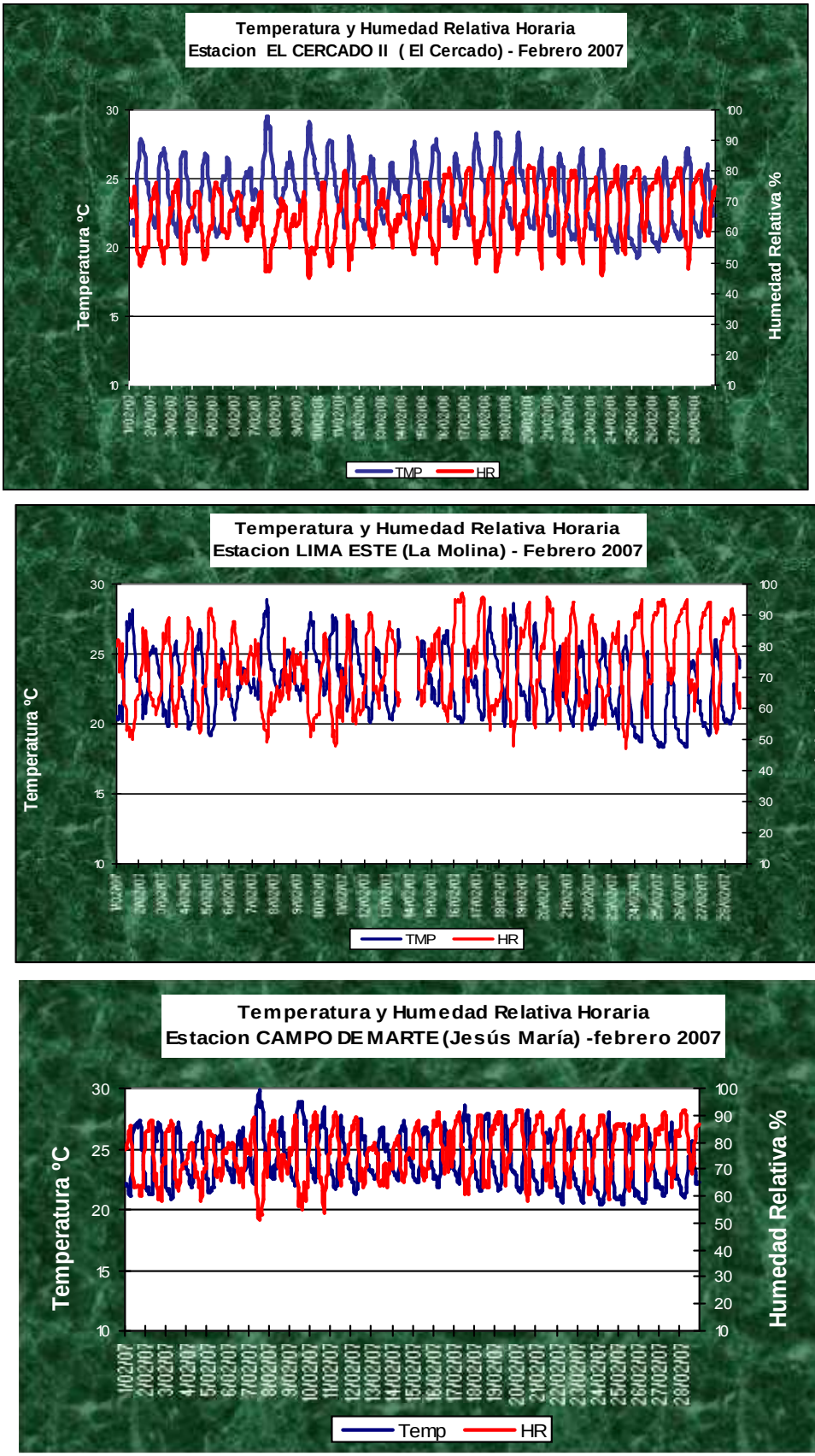
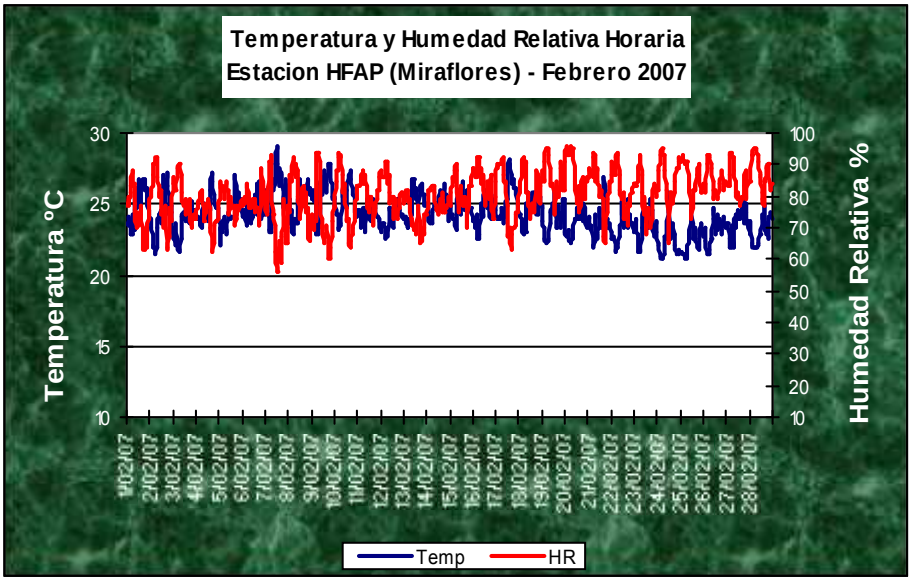


Fig.3b.- Variación horaria de la temperatura y humedad relativa durante el mes de febrero del 2007 en El Cercado, La Molina y Jesús María



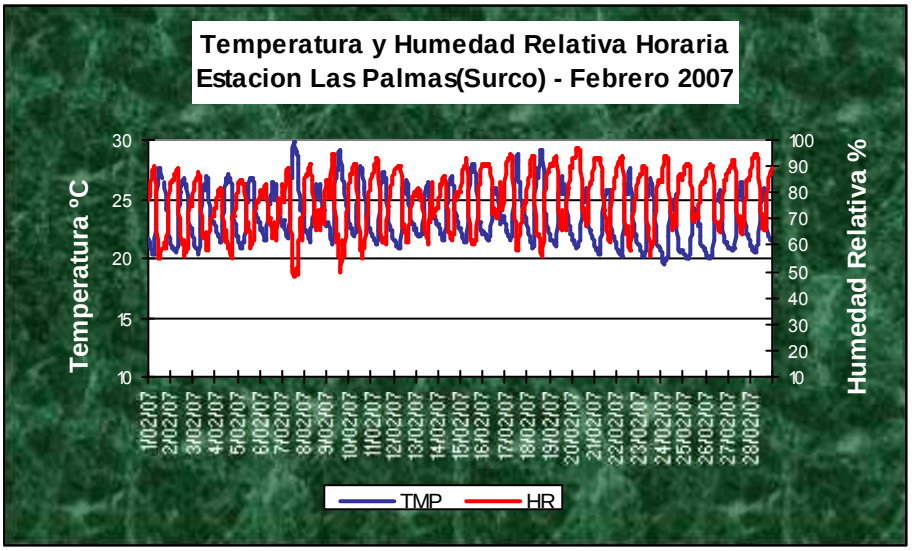


Fig.3c.- Variación horaria de la temperatura y humedad relativa durante el mes de febrero del 2007 en Miraflores y Santiago de Surco

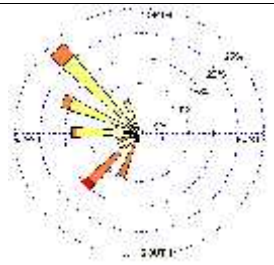
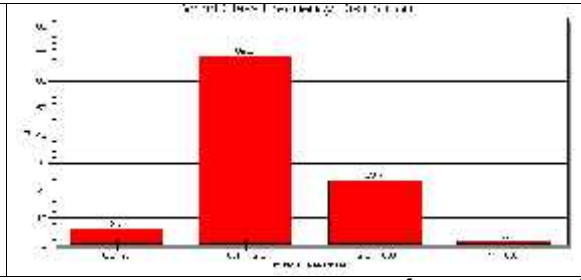
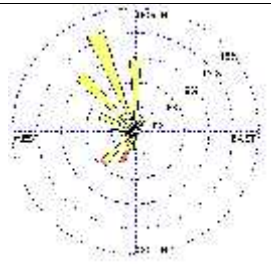
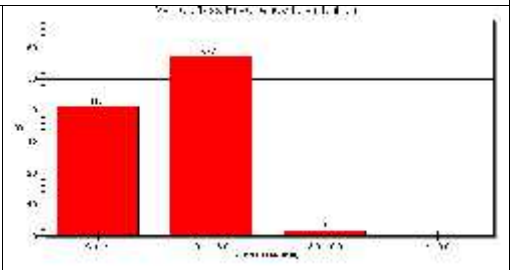
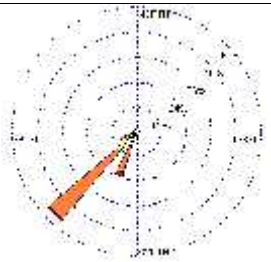
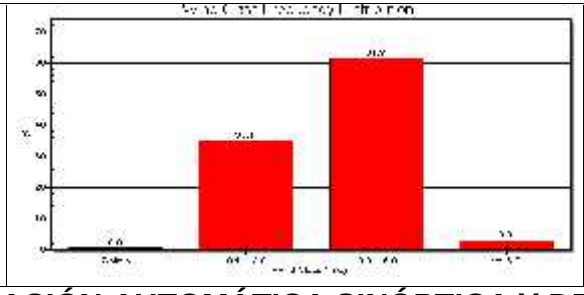
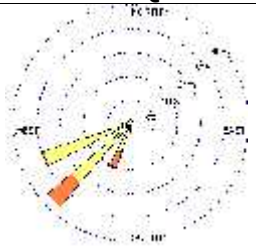
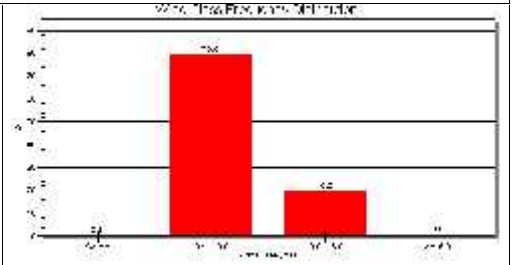
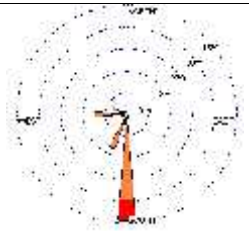
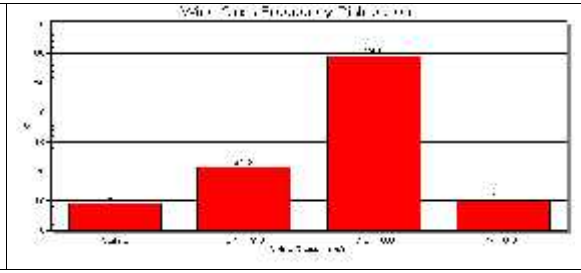
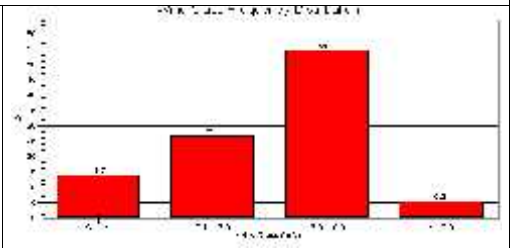
ROSAS DE VIENTO DIURNAS		ROSAS DE VIENTO NOCTURNAS	
ESTACIÓN AUTOMÁTICA ANCÓN			
			
ESTACIÓN AUTOMÁTICA COLLIQUE			
			
ESTACIÓN AUTOMÁTICA SINÓPTICA Y DE RADIOSONDAJE A.I. JORGE CHÁVEZ			
			

Fig4a – Rosas de viento (m/s) e histogramas de frecuencia de las estaciones de Ancón, Comas y Jorge Chávez - Febrero 2007

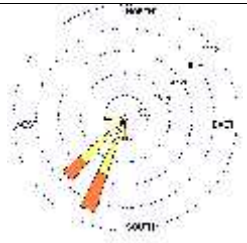
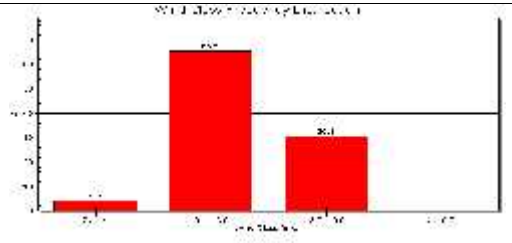
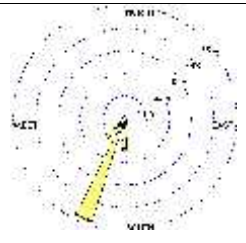
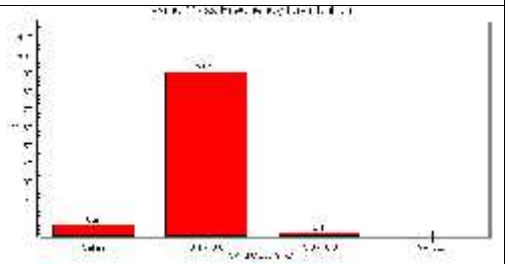
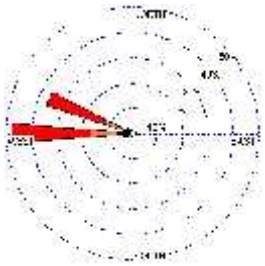
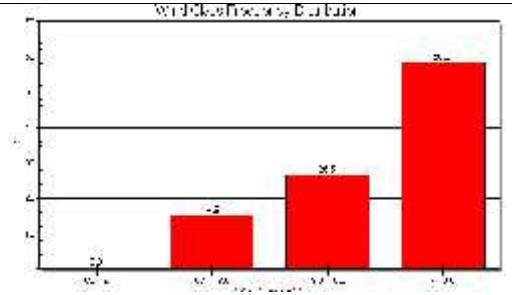
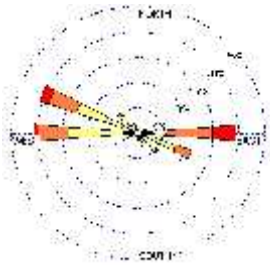
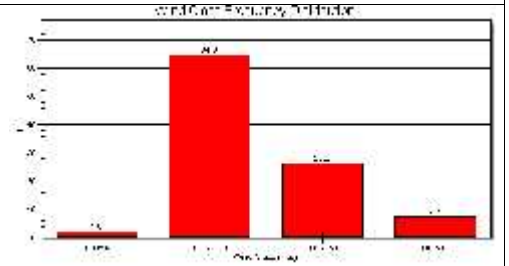
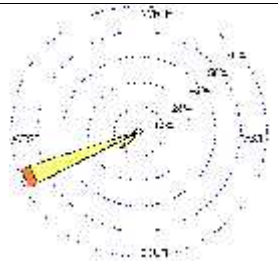
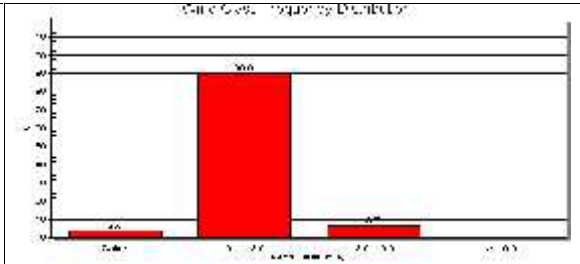
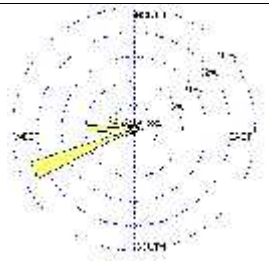
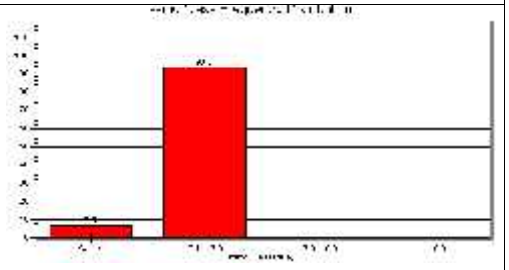
ROSAS DE VIENTO DIURNAS		ROSAS DE VIENTO NOCTURNAS	
ESTACIÓN AUTOMÁTICA CERCADO II			
			
ESTACIÓN AUTOMÁTICA LIMA ESTE			
			
ESTACIÓN AUTOMÁTICA HFAP			
			

Fig4b – Rosas de viento (m/s) e histogramas de frecuencia de las estaciones de El Cercado, La Molina y Miraflores- Febrero 2007

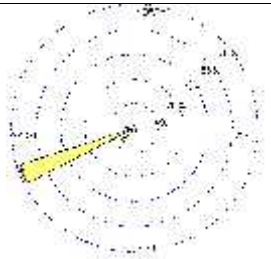
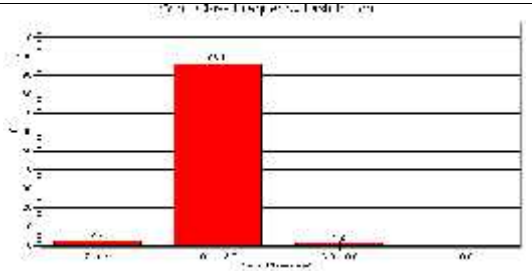
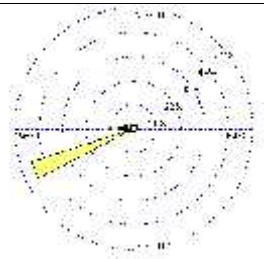
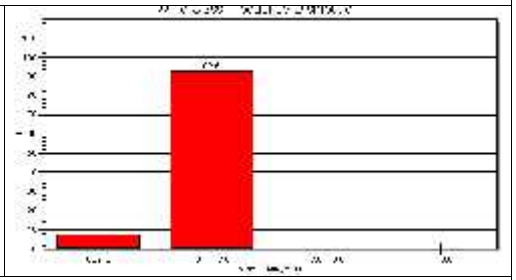
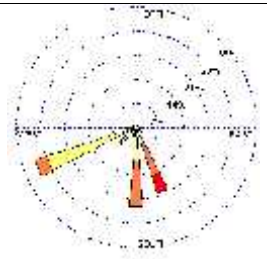
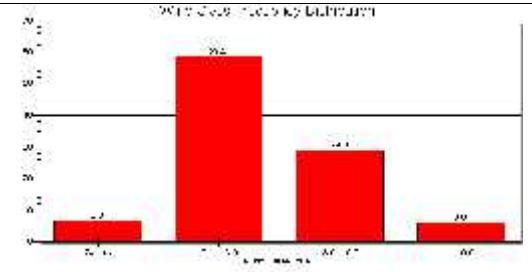
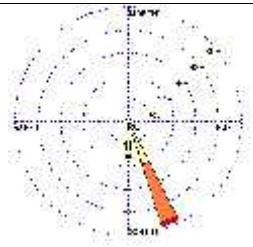
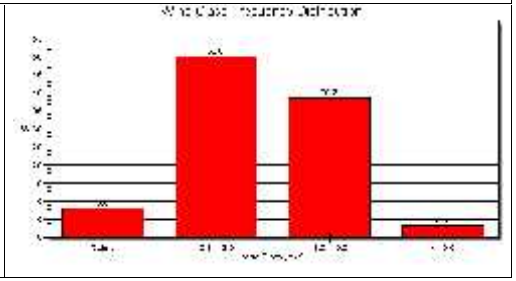
ROSAS DE VIENTO DIURNAS		ROSAS DE VIENTO NOCTURNAS	
ESTACIÓN AUTOMÁTICA CAMPO DE MARTE			
			
ESTACIÓN AUTOMÁTICA LAS PALMAS			
			

Fig4c Rosas de viento (m/s) e histogramas de frecuencia de las estaciones de Jesús María y Santiago de Surco. Febrero 2007

La configuración urbana local, la concentración de las fuentes puntuales de contaminación (comerciales, industriales y domésticas), el transporte vehicular, antiguo y desordenado, y las condiciones meteorológicas cambiantes que se presentaron durante febrero, entre las principales, dan lugar a la configuración de zonas de contaminación críticas en Lima-Callao, mostrando en el presente mes, una media similar a la del mes anterior, aunque con valores elevados en sus núcleos. De acuerdo a lo descrito, en la **figura 6**, para febrero, las 4 principales zonas o áreas críticas son: hacia Lima norte (cuenca del río Chillón) se observa el primer centro, extendiéndose hacia la jurisdicción de los distritos de Independencia, Comas, Carabayllo, 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 30,7 t/km^2.mes. El segundo centro abarca Lima centro-este (cuenca del río Rímac y microcuenca 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 25,4; 25,2; y 29,4 t/km^2.mes, respectivamente. El tercer centro ubicado en Lima sur-este tiene su núcleo en el distrito de Pachacamac (microcuenca de Manchay) con valor de 21,6 t/km^2.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 29,2 y 22,2 t/km^2.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/km^2.mes), favorecidos por la influencia de las brisas marinas y políticas de gestión municipal saludables.

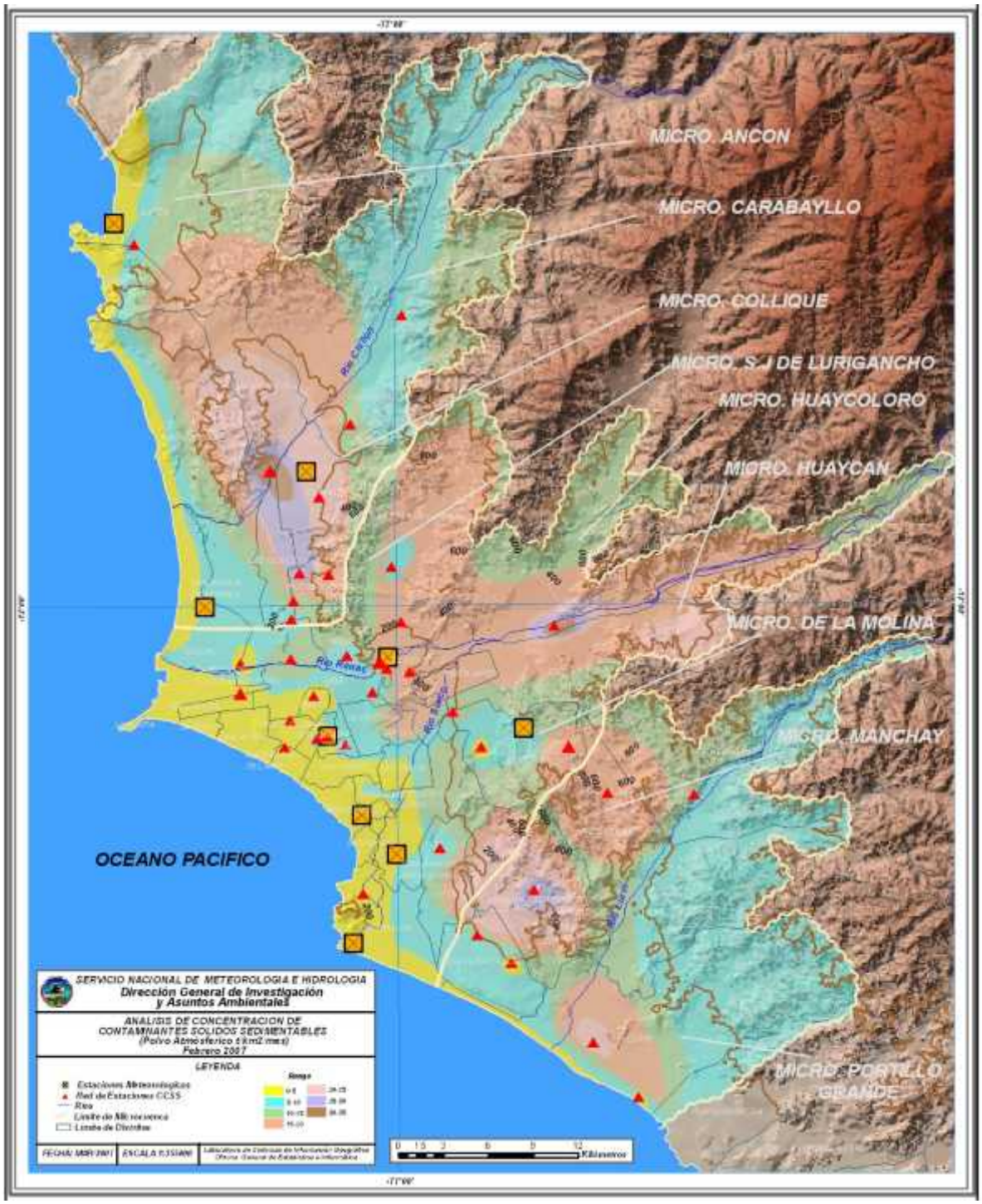


Fig. 5- Distribución espacial de la concentración de polvo atmosférico en el ámbito de la cuenca atmosférica de la z.m. de Lima-Callao durante el mes de febrero del 2007

4. Conclusiones

- ✓ Para el mes de febrero, las concentraciones del polvo atmosférico fueron en promedio superiores en los principales núcleos respecto a los registros del mes de enero. La configuración resultante muestra 4 centros de alta contaminación: el primer núcleo se presentó en Lima norte de la ciudad con 30,7 t/km^2.mes; el segundo en Lima centro-este con un valor medio de 26,7 t/km^2.mes; el tercero en Lima sur-este con 21,6 t/km^2.mes; y el cuarto en Lima sur con una media de 25,7 t/km^2.mes.

- ✓ El 68 % de las estaciones sobrepasaron el nivel referencial establecido por la Organización Mundial de la Salud. La media mensual para las estaciones evaluadas fue de 11,5 t/km^2.mes, valor ligeramente inferior al del mes anterior; el valor máximo registrado fue de 30,7 t/km^2.mes en Puente Piedra y el mínimo de 1,7 t/km^2.mes en Bellavista.

- ✓ En cuanto al comportamiento de la temperatura y humedad, las medias de las estaciones analizadas en febrero fueron de 23,7 °C y 75 %. Así mismo, el día más cálido fue el 7 con una máxima media de 25,3 ° C; y el 25 el más frío con una mínima media de 22,0 °C. Con respecto a la humedad relativa, el día más seco fue el 4 con la mínima media de 68 %, y el más húmedo el día 20 (81 %).

- ✓ Con respecto al análisis del viento superficial en los períodos analizados, la intensidad media de los vientos fue tanto débil como moderada y de direcciones predominantemente del S, WSW y SW.

- ✓ Climáticamente, en la Costa Central del Perú, la base de la capa de inversión térmica, correspondiente a febrero se configura muy débilmente en horas de la mañana alrededor de los 300 m.s.n.m y desaparece desde antes del mediodía. Así, durante el presente mes, se registró una disminución de la nubosidad, incremento de la insolación y temperatura del aire, alcanzando este último parámetro sus máximos valores de la estación. Las características descritas, propiciaron procesos de turbulencia, resuspensión y por lo tanto, concentraciones del polvo atmosférico en el presente mes igualmente altas y muy similares a las del mes anterior