

EVALUACION DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA EN LA ZONA METROPOLITANA DE LIMA-CALLAO/ENERO-2004

INDICE

RESUMEN	2
I. INTRODUCCIÓN	3
II. CUENCA ATMOSFERICA DE LIMA	5
III. METODOLOGÍA	6
IV. RESULTADOS	8
4.1 Distribución espacial de contaminantes sólidos sedimentables durante el mes de Enero del 2004 en la Zona Metropolitana de Lima- Callao.	8
4.2 Análisis del comportamiento temporal de los contaminantes gaseosos durante el mes de Enero del 2004 en el distrito de Jesús María.	11
4.3 Condiciones Meteorológicas durante el mes de Enero 2004	14
V. CONCLUSIONES	23

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Estaciones meteorológicas y de contaminantes sólidos sedimentables en la Zona Metropolitana de Lima-Callao	7
Fig. 2 - Totales mensuales de contaminantes sólidos sedimentables registrados durante el mes de Enero 2004 en Lima-Callao	9
Fig. 3 - Distribución espacial de la concentración de sólidos sedimentables en Lima-Callao durante el mes de Enero del 2004	10
Fig. 4a – Variación temporal de la concentración de Ozono Troposférico durante el mes de Enero del 2004	11
Fig. 4b – Variación media horaria de la concentración de Ozono Troposférico mes de Enero del 2004	12
Fig. 5a - Variación temporal de la concentración de Monóxido de Carbono durante el mes de Enero del 2004	13
Fig. 5b - Variación media horaria de la concentración de Monóxido de Carbono durante el mes de Enero 2004	13
Fig. 5c - Variación máxima de la concentración promedio cada 8 horas del Monóxido de Carbono durante el mes de Enero 2004	14
Fig. 6 a.- Variación diaria de la temperatura y humedad relativa extremas durante el mes de Enero del 2004 en Lima-Callao	17
Fig. 6 b.- Variación horaria de la temperatura y humedad relativa extremas durante el mes de Enero del 2004 en Jesús María y El Cercado	17
Fig. 7 – Rosas de viento (m/s) de las 07:00 horas	19
Fig.8 – Rosas de viento (m/s) de las 13:00 horas	20
Fig.9 – Rosas de viento (m/s) de las 19:00 horas	21
Fig.10 – Rosas de viento diurna de las estaciones automáticas volantes de Jesús María (a) y El Cercado (b)	22
Fig.11 – Rosas de viento nocturna de las estaciones automáticas volante de Jesús María (a) y El Cercado (b)	22

RESUMEN

Los resultados del monitoreo de los Contaminantes Sólidos Sedimentables (CSS) en la Zona Metropolitana de Lima y Callao correspondientes al mes de enero, muestran una configuración de tres centros de alta contaminación o zonas críticas, ubicados en los conos norte ($29 \text{ t/km}^2/\text{mes}$), este ($26,1 \text{ t/km}^2/\text{mes}$) y sur ($15 \text{ a } 25 \text{ t/km}^2/\text{mes}$) de la capital, como resultante de la interacción de los fenómenos atmosféricos de subsidencia y oceánico marino de afloramiento con unas condiciones meteorológicas y topográficas locales no muy favorables a los procesos de dispersión de los contaminantes del aire. Respecto al análisis de los contaminantes gaseosos, el valor máximo del Ozono troposférico $13,9 \text{ ppb}$ fue menor respecto a meses anteriores y su promedio de las 8 horas fue de $9,5 \text{ ppb}$ representando un 16% del ECA correspondiente establecido por el D.S. 074-PCM-2001 de $60,1 \text{ ppb}$ (120 ug/m^3). El Monóxido de carbono mantuvo sus registros normales, siendo el máximo promedio horario de $3,2 \text{ ppm}$ registrado en las primeras horas de la mañana asociado a la carga vehicular, y que representó el 12,4% del ECA ($25,8 \text{ ppm}$) establecido por la norma nacional para una hora, en cuanto al promedio cada 8 horas, se registró $2,3 \text{ ppm}$ correspondiendo a un 27% del ECA Nacional ($8,6 \text{ ppm}$).

Las registros meteorológicos de temperaturas extremas oscilaron desde $20,7^\circ\text{C}$ (Callao) a $31,5^\circ\text{C}$ (La Molina), mientras que la mínima estuvo entre $16,6^\circ\text{C}$ a $26,1^\circ\text{C}$, ambas en El Callao. En cuanto a la humedad relativa, las máximas fluctuaron entre 77% en Comas a 100% en El Callao, La Molina y Surco; y las mínimas desde 33% en La Molina a 90% en el distrito de Chorrillos.

Con respecto a los vientos de superficie, en horas de la mañana se observaron vientos con intensidades débiles ($<2 \text{ m/s}$) en Jesús María y Surco, con direcciones predominantes del SW (52%) y S (20%), respectivamente, además de vientos de intensidades moderadas en Comas con dirección SW (37%), el Callao y Chorrillos con dirección S y frecuencias de 63% y 75%, respectivamente. Al mediodía los vientos oscilaron desde débiles a moderados en Jesús María ($2,3 \text{ m/s}$) con dirección SW (90%), hasta vientos de fuerte intensidad ($>6 \text{ m/s}$) en La Molina con dirección predominante del W (73%) y en Chorrillos con direcciones S (50%) y SW (35%); mientras que hacia el anochecer, los vientos presentaron intensidades desde débiles en Jesús María (2 m/s) con dirección SW (68%) a fuertes con dirección predominante del SW (65%) y S (50%) en Comas y Chorrillos, respectivamente.

1. Introducción

Durante el mes de Enero, el SENAMHI a través de la Dirección General de Investigación y Asuntos Ambientales participó en la reunión ordinaria del Comité de Gestión de la Iniciativa de Aire Limpio para Lima y Callao donde se discutió y aprobó el Plan de Trabajo del Comité para el año 2004 que comprende: 1). Aprobación del Plan Integral de Saneamiento Atmosférico para Lima y Callao; 2). Coordinaciones para la aplicación de los Límites Máximos Permisibles (LMP's) para emisiones vehiculares y revisiones técnicas, y la aprobación de los Límites Máximos Permisibles del Sector Industria; 3). Implementación de la Red Automática de Monitoreo de Calidad del Aire de Lima y Callao; 4). Coordinaciones de propuestas para la mejora de la calidad de los combustibles; 5). Difusión sobre la gestión del Comité. Como una parte importante para el cumplimiento de dicho Plan, el SENAMHI es la institución coordinadora del Grupo de Trabajo: Implementación de la Red Automática de Monitoreo de la Calidad del Aire.

Relacionado a lo anterior, el presente Boletín muestra los resultados del monitoreo de los Contaminantes Sólidos Sedimentables y de los Contaminantes Gaseosos Monóxido de Carbono y Ozono Troposférico para el mes de enero 2004. A continuación se describen algunas de sus características más resaltantes.

De acuerdo a definiciones establecidas por la OMM, las partículas de diámetro mayor a $10\text{ }\mu\text{m}$, denominadas partículas gruesas y aquellas de diámetro menor a este valor, partículas finas, pueden ser generadas por fuentes tanto naturales como antropogénicas. Las partículas totales en suspensión involucran a las mencionadas y se definen como menores a $30\text{ }\mu\text{m}$. Las partículas sólidas sedimentables pueden llegar a tamaños mucho mayores e involucran a todas las anteriores.

Las partículas gruesas normalmente no experimentan ninguna transformación significativa en la atmósfera tal que su comportamiento entonces es gobernado por el transporte de los vientos y por procesos de remoción. Por ello, los procesos de remoción más importantes para éstas son la sedimentación (cuya importancia aumenta con el tamaño), el lavado atmosférico por precipitación y la deposición por impacto.

El tiempo de residencia en la atmósfera de partículas cuyo diámetro sea mayor a $10\text{ }\mu\text{m}$ o $20\text{ }\mu\text{m}$, se encuentra limitado por el mecanismo de sedimentación, a horas o tiempos menores, dependiendo de la altura efectiva de emisión. Por ejemplo, las partículas de polvo emitidas por una industria de cemento, son depositadas principalmente dentro de un área de un kilómetro de radio de ese lugar.

El proceso de sedimentación de las partículas más finas (de menor diámetro) es más complejo. Su remoción en la atmósfera se da mediante procesos de lavado atmosférico, por precipitación, así como por difusión hacia una superficie absorbente en el suelo. Para que estos procesos de sedimentación sean importantes, estas partículas tienen que crecer más de $1\text{ }\mu\text{m}$ en tamaño y esto está condicionado por la higroscopicidad de las partículas como por una humedad relativa suficientemente alta; por ello, el tiempo de residencia promedio es de unos cuantos días a semanas dependiendo de las condiciones climáticas.

El monóxido de carbono (CO) es un gas venenoso incoloro e inodoro formado como producto de la combustión incompleta del carbón presente en el combustible fósil. Este contaminante proviene de procesos industriales y combustión en calderos e incineradores y principalmente de emisiones vehiculares. Estas últimas son originadas cuando el índice aire-combustible es menor al ideal para la combustión completa, lo cual sucede en el arranque del motor o a elevada altitud.

El monóxido de carbono ingresa al torrente sanguíneo formando la carboxihemoglobina (COHb), una sustancia que inhibe y reduce el transporte de oxígeno en la sangre hacia las diferentes partes del cuerpo. La exposición al monóxido de carbono se hace mas crítica para aquellos que sufren problemas cardiovasculares. Los niveles típicos de CO en zonas urbanas oscilan entre 5 y 20 ppm, sin embargo se ha demostrado experimentalmente que bajos niveles de CO en la sangre pueden afectar la habilidad para estimar intervalos de tiempo, disminuir tiempos de reacción y reducir la sensibilidad visual en la oscuridad.

El monóxido de carbono sin embargo no es un contaminante acumulativo dado que la carboxihemoglobina es disociable, una vez que la exposición cesa, la hemoglobina revierte en oxihemoglobina y el CO es eliminado a través de los pulmones. La vida biológica del CO en la sangre para adultos sedentarios es de 2 a 5 hrs y su eliminación es lenta, conforme la concentración de CO decrece, solo una mínima fracción de CO es convertido a CO₂ por nuestro organismo.

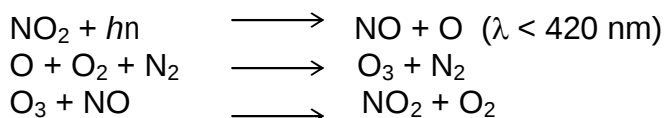
Caso contrario ocurre con el CO en la tropósfera, el cual tiene una permanencia promedio de 0,1 a 0,5 años, siendo transformado a CO₂ mediante reacción con radicales oxidrilo (OH).

Resultados del Programa Nacional de Vigilancia en la Calidad de Aire efectuado por DIGESA para el año 2001 en la Zona Metropolitana de Lima-Callao, muestran que en general los distritos que conforman la Zona Metropolitana, soportan niveles de contaminación máxima de CO para 1 hr de aproximadamente 7 ppm (8750 ug/m³) menor que los 25.8 ppm (30000 ug/m³) establecidos por el D.S. 074-2001-PCM y recomendados por la Organización Mundial de la Salud. La misma norma recomienda un estándar de calidad de aire para el promedio de 8 horas de 8.6 ppm (10000 ug/m³).

El constante incremento de la densidad vehicular es la mayor de las causas de que grandes cantidades de óxido de nitrógeno (NO) y dióxido de nitrógeno (NO₂) sean enviados a la atmósfera. Todo proceso de combustión a alta temperatura da como resultado la formación de monóxido de nitrógeno así como menores cantidades de dióxido de nitrógeno.

El ciclo de la formación de ozono troposférico inicia su camino con la descomposición de dióxido de nitrógeno (NO₂) a NO y O por la radiación solar incidente específicamente por debajo de los 420 nm. El átomo de oxígeno generalmente reacciona con gas oxígeno y forma ozono (O₃), además se considera que el NO en presencia de ozono vuelve a formar NO₂ y Oxígeno (O₂) produciendo mas NO₂ que vuelve a ser excitado en presencia de luz solar para disociar un átomo de oxígeno repitiendo el ciclo. El ciclo rápido es manejado por la

intensidad de la irradiación solar como un primer paso. Si existen hidrocarburos o llamados compuestos orgánicos volátiles (COV) en el aire, estos manifiestan reacciones que tienden a producir mas ozono fotoquímico.



Sus efectos en la salud humana por exposición continua se inicia desde los 80 a 120 ppb en el cual hay manifestaciones como tos y dolor de cabeza, se considera que una exposición desde 120-240 ppb por más de una hora disminuye la función pulmonar en niños y adultos. El ozono es el principal componente fotoquímico o niebla fotoquímica, la población de mayor riesgo son los enfermos, ancianos, así como los neonatos y nonatos. Además cuando se le compara con los otros contaminantes, es el que más daña a las plantas, se ha comprobado que a niveles de 30 ppb y una exposición mínima de 4 horas retarda su crecimiento y provoca decoloración.

Los resultados del Programa Nacional de Vigilancia en la Calidad de Aire efectuado por DIGESA para el año 2001 en la Zona Metropolitana de Lima-Callao, muestran que en general los distritos que la conforman, soportan niveles de contaminación máxima de ozono de 55 ug/m³ menores al establecido por el D.S. 074-2001-PCM de 120 ug/m³ promedio de 8 horas.

2. Cuenca atmosférica Lima-Callao

La cuenca atmosférica es una región geográfica, delimitada por los obstáculos topográficos de origen natural (líneas costeras, formaciones montañosas etc.), divisiones políticas y uso de la tierra, de tal manera que dentro de ésta se modifica la circulación general de la atmósfera sobre la superficie (capa límite de la atmósfera), dando lugar a la formación de un campo de vientos locales, diferentes del flujo de la atmósfera libre. Este campo de vientos es el responsable de los procesos de transporte y dispersión de los contaminantes del aire dentro de la cuenca.

Dentro de la implementación del Plan Nacional “A Limpiar el Aire”, el SENAMHI a través de su Dirección General de Investigación y Asuntos Ambientales (DGIA), 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 el 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. Para el caso de la Zona Metropolitana de Lima y Callao, ver **Figura 1**.

3. Metodología

A) Contaminantes Sólidos Sedimentables

Para la presente evaluación se ha utilizado información de la red de monitoreo de contaminantes sólidos sedimentables (CSS) compuesta inicialmente por 27 micro estaciones distribuidas en la Zona Metropolitana de Lima-Callao (**figura 1**), para lo cual se ha desarrollado el método de muestreo pasivo que se describe a continuación:

- **Fase preliminar de gabinete:** Se codifica y prepara todo el material que se lleva a campo para reemplazar las placas receptoras o de acumulación.
- **Fase de campo:** Mensualmente en cada una de las estaciones se reemplazan las placas receptoras impregnadas de contaminantes y se llevan al laboratorio para las evaluaciones respectivas.
- **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.



B) Contaminantes Gaseosos

La evaluación mensual de los gases contaminantes del aire (CO y O₃) en la Estación de Calidad de Aire ubicada en la Sede Central (**figura 1**) se realiza de acuerdo a la siguiente metodología :

- **Fase de campo:** Calibración según método aprobado por EPA, Operación continua de analizadores automáticos de Ozono troposférico modelo API 400A, Monóxido de Carbono API 300 y estación meteorológica automática Davis por el período de observación establecido. Descarga de la información in situ (downloading) mediante cable RS-232 y software API COM para analizadores y software Energy. para estación meteorológica automática. Cambio de filtros cada 15 días en promedio. Inspección de fugas en la línea de ingreso de muestra.
- **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.

4 Resultados del Monitoreo Ambiental

4.1 Distribución espacial de contaminantes sólidos sedimentables durante el mes de Enero del 2004 en la Zona Metropolitana de Lima- Callao.

En la **figura 1** se presenta la red de contaminantes sólidos sedimentables (CSS). Durante el mes de enero, se recopiló información de 22 estaciones de monitoreo, 18 de las cuales (81,8%) sobrepasaron el límite referencial permisible recomendado por la OMS equivalente a 5 t/km²/mes.

En la **figura 3** se muestra el análisis espacial de la concentración de CSS que se presenta en la **figura 2**. Se observa la conformación de tres importantes centros de altos niveles de concentración de contaminantes sólidos sedimentables (CSS), resultado de la generación en la zona como de los procesos de transporte por el viento desde otras zonas de la capital, que se distribuyen de la siguiente forma: Hacia el cono norte (Microcuenca atmosférica del Chillón) se observa el primero de ellos extendiéndose a lo largo de los distritos de Carabaylo, Comas, Los Olivos e Independencia, con núcleo en los distritos de Comas e Independencia con 29,0 t/km²/mes, explicado en la gran confluencia vehicular e importante actividad comercial formal e informal a lo largo de la Av. Túpac Amaru y que se ve agravado por el mal estado de las pistas y veredas así como por influencia del campo de vientos (**figuras 7, 8 y 9**). El segundo centro importante de contaminación abarca el cono centro-este (Microcuencas atmosféricas del Rímac y San Juan de Lurigancho) y comprende los distritos de San Juan de Lurigancho, Lurigancho, Chaclacayo, Ate-Vitarte, Santa Anita, el Agustino y el Cercado de Lima (zona este), con núcleo en el distrito de El Agustino, con una concentración de 26,1 t/km²/mes. Mientras que el tercer centro ubicado en el cono sur, se situó cerca al límite de los distritos de Villa María del Triunfo y Villa el Salvador con valores comprendidos entre los 15 a 25 t/km²/mes, por similares causas locales y la influencia de los vientos locales ya descrita.

Los valores de contaminación por material particulado, aquellos que no exceden el valor referencial establecido por la OMS, se extienden a lo largo de la franja paralela a la costa y comprenden sectores importantes de aquellos distritos cercanos a la línea costera y de algunos residenciales como son San Isidro, San Borja, Miraflores, parte de Santiago de Surco y Barranco en los cuales el alto índice de área verde por habitante, la presencia de los vientos que circulan paralelos a la costa, y las brisas marinas que fluyen hacia el este, limitan la generación de material particulado y favorecen la dispersión.

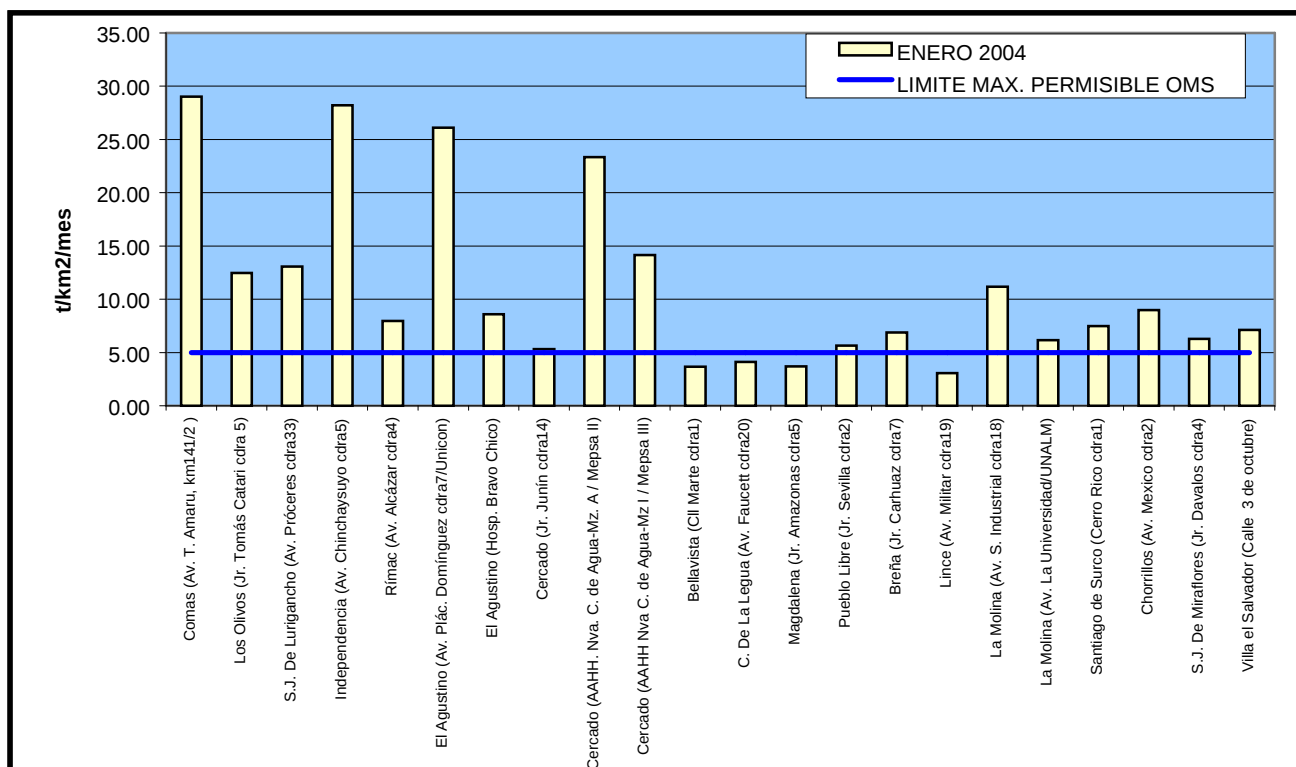


Fig. 2 - Totales mensuales de contaminantes sólidos sedimentables registrados durante el mes de Enero 2004 en Lima-Callao

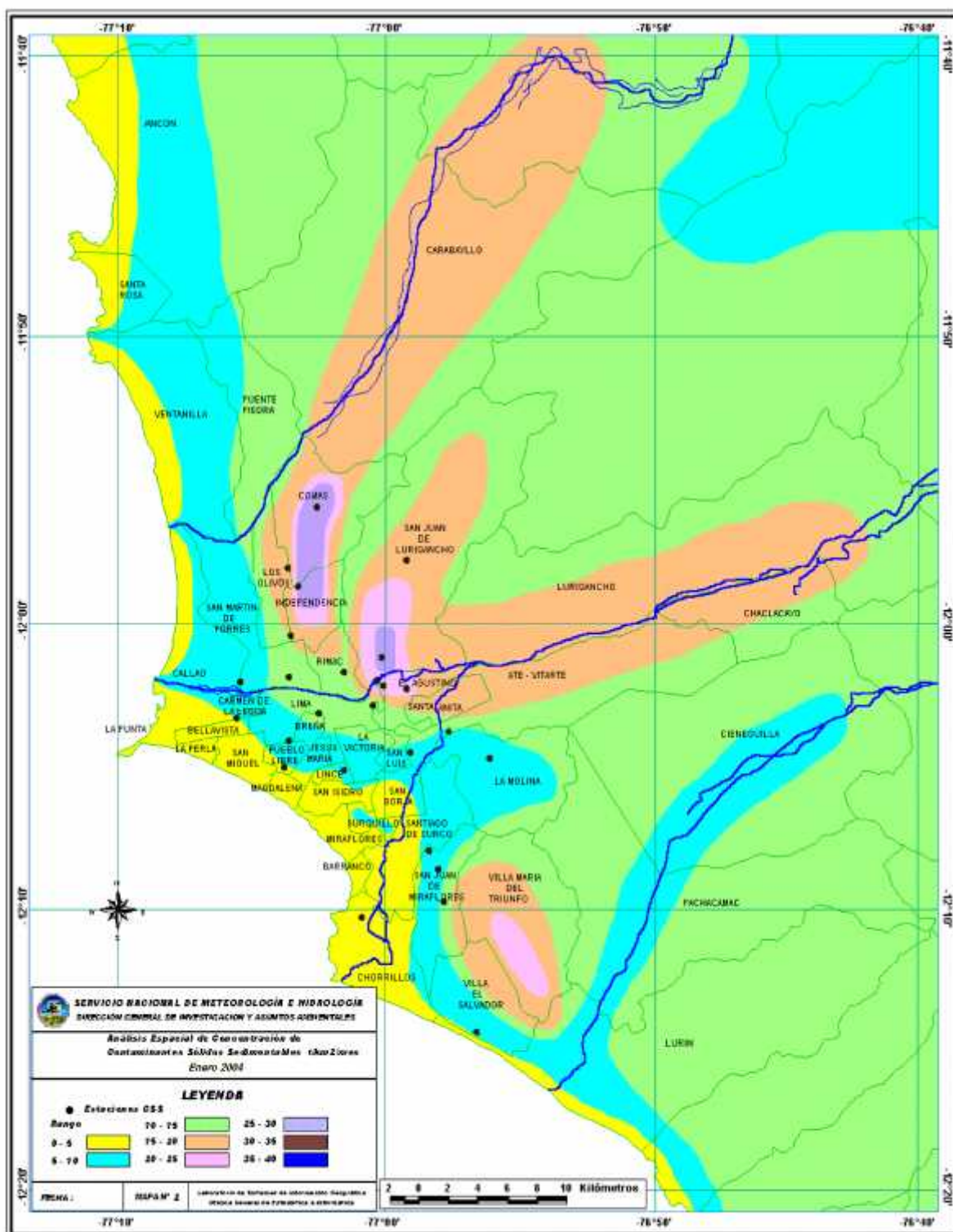


Fig. 3 - Distribución espacial de la concentración de sólidos sedimentables en Lima-Callao durante el mes de Enero del 2004

4.2 Análisis del comportamiento temporal de los contaminantes gaseosos durante el mes de Enero del 2004 en el distrito de Jesús María.

A. Ozono Troposférico

La información registrada por el analizador modelo API 400A en la estación de calidad de aire con Sede en el SENAMHI según la **figura 4a**, muestra para el presente mes un registro máximo horario de 13,9 ppb ocurrido el día 31 a las 13:00, el cual guarda relación directa con la tendencia del índice UV para el presente mes, donde alcanzó un máximo de 14. Asimismo el promedio de las 8 horas alcanzó un valor 9,54 ppb el día 25, representando un 16% del ECA correspondiente, establecido por el D.S. 074-PCM-2001 de 60,1 ppb (120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

En una comparación de la variación media horaria (**figura 4b**) con anteriores períodos reportados, se observa la repetición de episodios nocturnos de ozono troposférico en horas de la mañana (entre 3:00 a 6:00 a.m.). El valor máximo horario alcanzado de 13,9 ppb es menor a los períodos estacionales anteriormente analizados, lo cual refleja el impacto de otras variables meteorológicas como la disminución de la capa de inversión térmica durante este período.

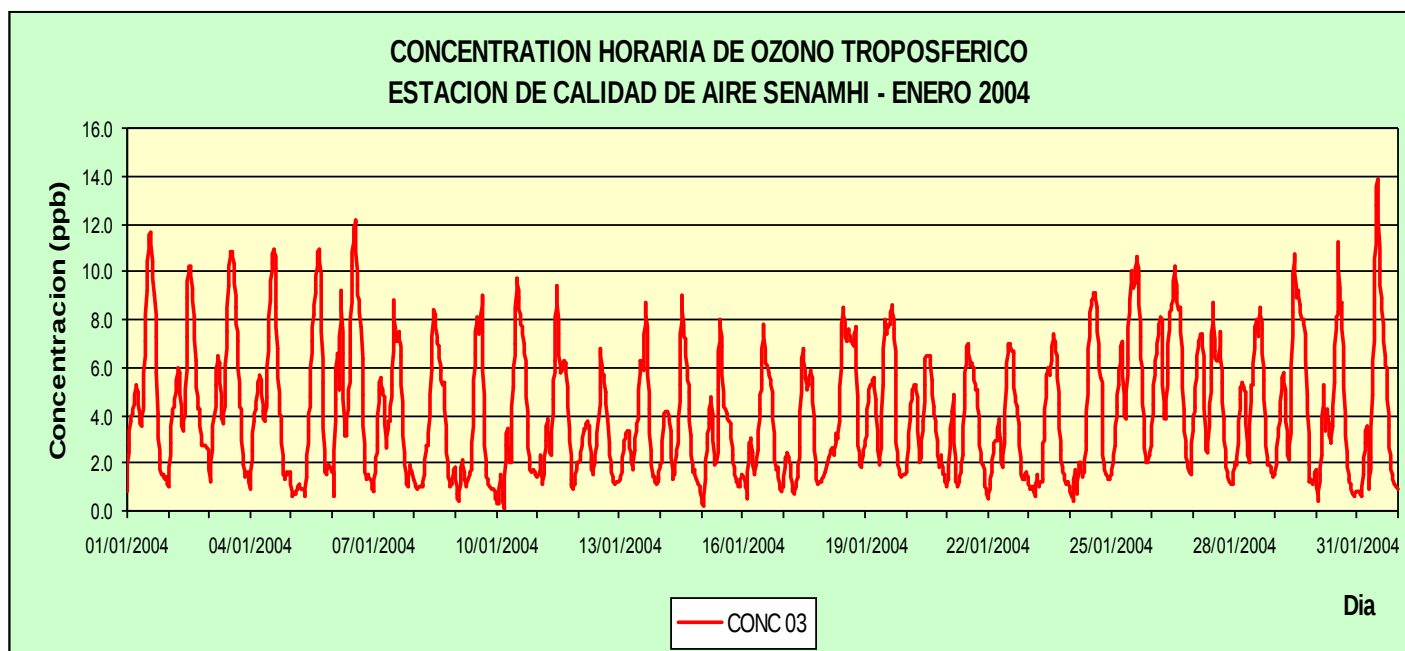


Fig. 4a – Variación temporal de la concentración de Ozono Troposférico durante el mes de Enero del 2004

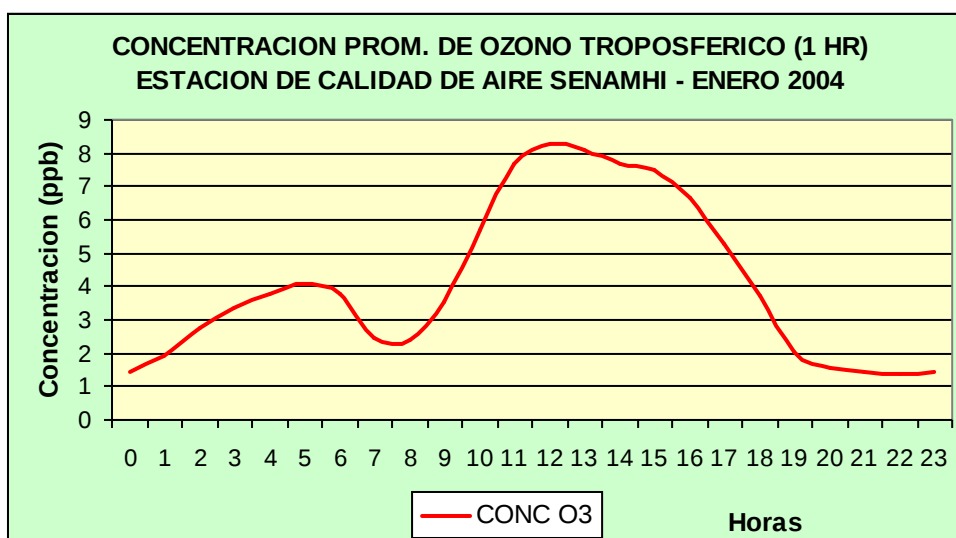


Fig. 4b – Variación media horaria de la concentración de Ozono Troposférico - mes de Enero del 2004

B. Monóxido de Carbono

La información registrada por el analizador modelo API 400A en la estación de calidad de aire instalado en la sede central del SENAMHI corresponde a un período corto de Enero (del 22 al 31).

De acuerdo a la información recopilada por nuestro equipo analizador API 300, que se muestra en la **figura 5a**, los mayores valores de contaminación se presentan durante las horas de mayor carga vehicular; siendo el máximo promedio horario para el período de 3,2 ppm alcanzado el día 23 a las 8:00 horas. Esto corresponde a un 12,4% del ECA (25,8 ppm) establecido por la norma nacional para una hora. La variación media horaria (**figura 5b**) muestra dos picos predominantes durante el día, los cuales varían en magnitud e importancia predominando el pico de la noche (que inicia desde las 19:00 hrs) sobre el correspondiente a la mañana.

El máximo del promedio cada 8 horas para el período (**figura 5c**) según establece el D.S. 074-PCM-2001 para el monóxido de carbono, se obtuvo el día 26 a 12:00, correspondiendo a un valor de 2,3 ppm que representa el 27% del ECA Nacional para las 8 horas (8,6 ppm).

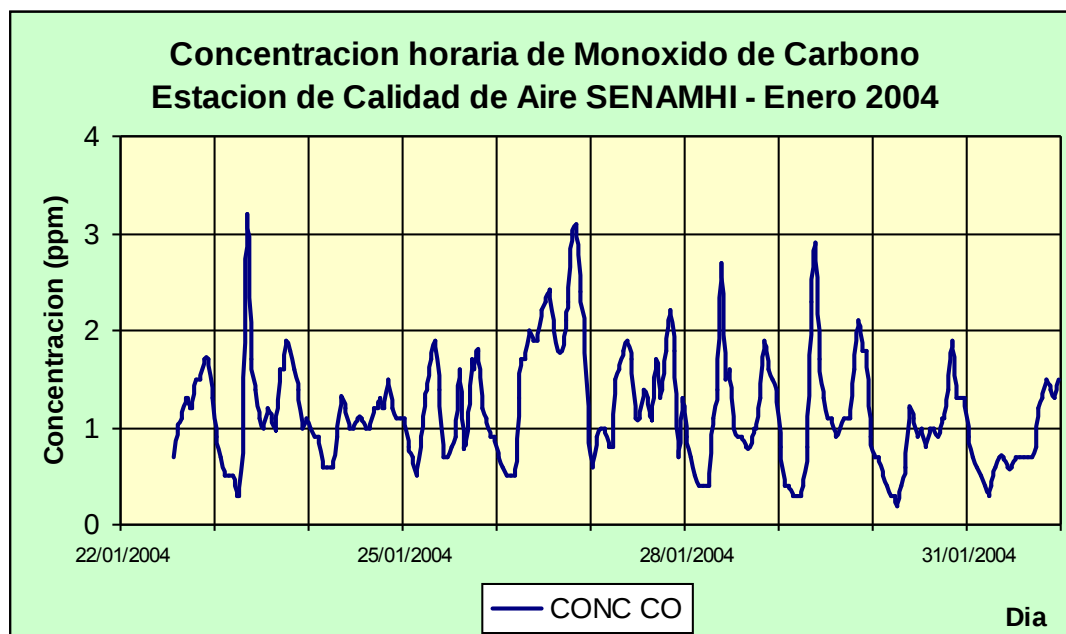


Fig. 5a - Variaci3n temporal de la concentraci3n de Mon3xido de Carbono durante el mes de Enero del 2004

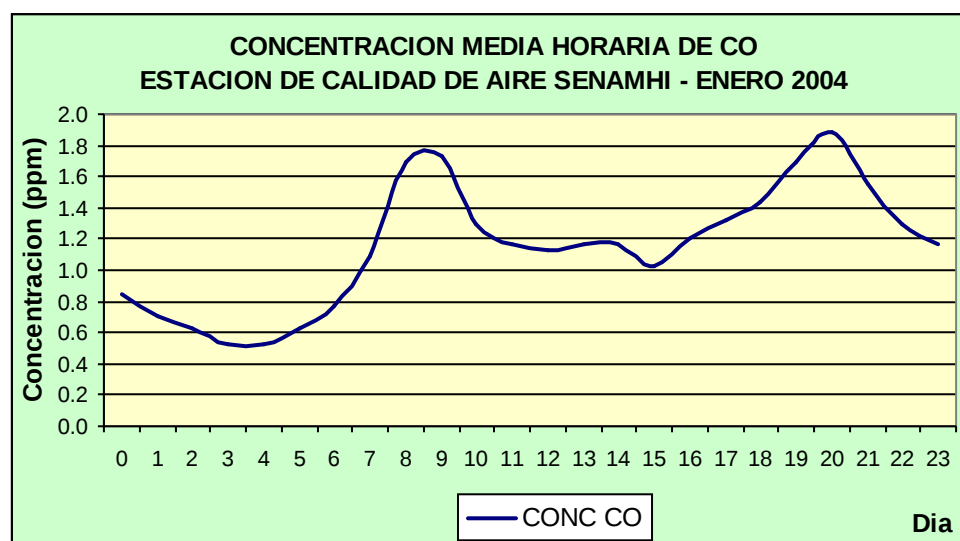


Fig. 5b - Variaci3n media horaria de la concentraci3n de Mon3xido de Carbono durante el mes de Enero 2004

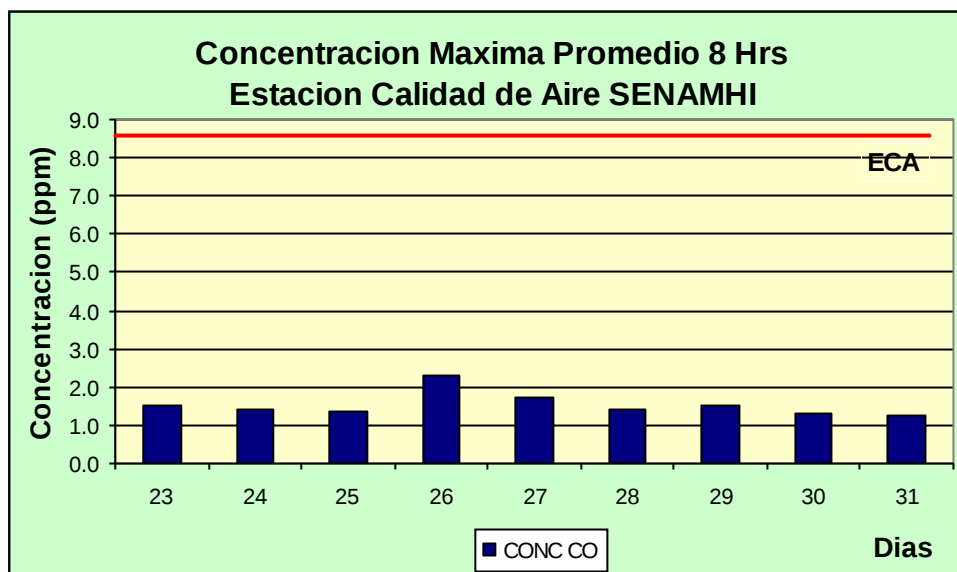


Fig. 5c - Variación máxima de la concentración promedio cada 8 horas del Monóxido de Carbono durante el mes de Enero 2004

4.3 Condiciones meteorológicas durante el mes de Enero del 2004

Para el presente mes, el análisis de las condiciones meteorológicas diarias para la Zona Metropolitana de Lima y Callao se ha basado en la información de 6 estaciones meteorológicas ordenadas de norte a sur que son las siguientes: Estación Meteorológica Automática Collique (Comas), Sinóptica y radiosondaje del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez (Callao), Estación CP. Campo de Marte (Jesús María), Estación Meteorológica Automática Lima Este (La Molina), Estación CP. Las Palmas (Santiago de Surco) y Estación CP Pantanos de Villa (Chorrillos). El análisis del comportamiento horario se ha basado en los registros de 2 estaciones meteorológicas automáticas volantes, las cuales se encuentran instaladas en la Sede Central del Servicio (Jesús María) y en el AA.HH. Nueva Caja de Agua (El Cercado). Estas estaciones conforman la red meteorológica presentada en la **figura 1**.

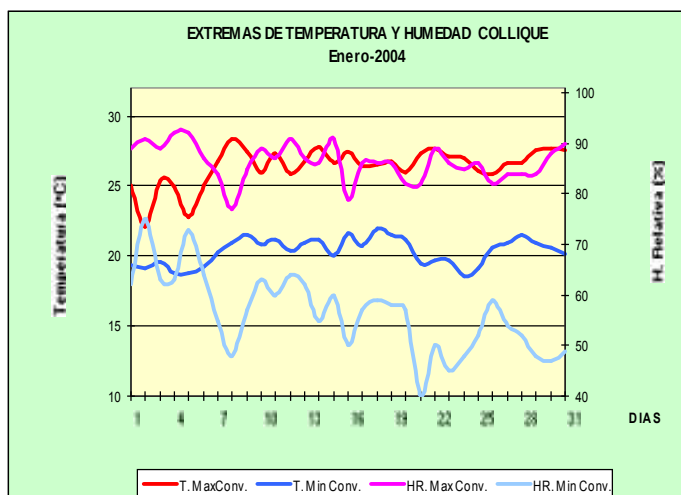
A. Análisis de Temperatura y Humedad Relativa Extremas

- Para este mes, el análisis de la variación temporal diaria de la temperatura (°C) y humedad relativa (%) extremas (**figura 6a.**) refieren que las temperaturas del aire registraron un continuo incremento en sus valores; mientras que lo inverso ocurrió con las humedades relativas donde sólo algunas estaciones cercanas al litoral costero (Jorge Chavez, Las Palmas) y al extremo Este de la ciudad (Lima Este) presentaron una saturación máxima. Del análisis de la información, se destaca lo siguiente: La temperatura máxima fluctuó entre los valores de 20,7°C (Callao) y 31,5°C (La Molina), mientras que la mínima osciló entre 16,6°C y 26,1°C ambas en el distrito de El Callao; en cuanto a la humedad relativa máxima, ésta osciló entre 77% (Comas) a 100% (Callao, La Molina, Surco) y la mínima

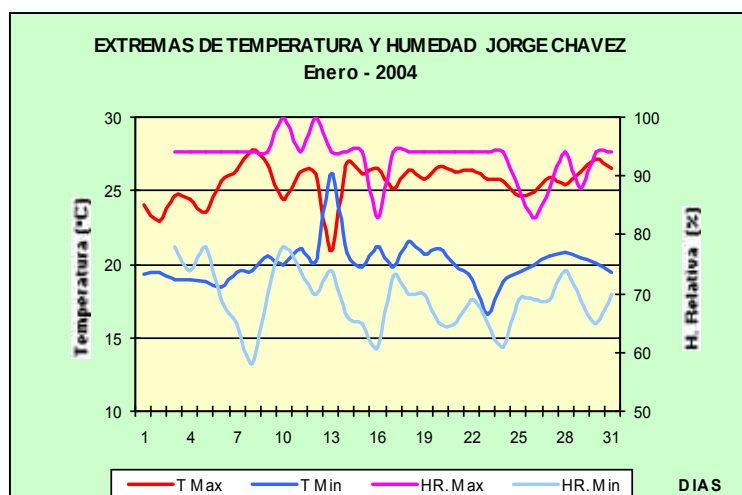
fluctuó entre 33% en el distrito de La Molina a 90% en Chorrillos. Las estaciones automáticas volantes con registros horarios han sido consideradas para este análisis.

- Asimismo, los valores mínimos de la temperatura del aire se registraron de manera predominante a las 6:00 am mientras que las máximas se presentaron alrededor de las 13:00 hrs en ambas estaciones automáticas volantes. Respecto a la humedad relativa máxima, esta se registró en forma muy variable pero predominantemente en los rangos de 3:00 a 6:00 am; similar comportamiento se presentó en las mínimas con registros entre las 12:00 y 15:00 pm. Ver **figura 6b**.

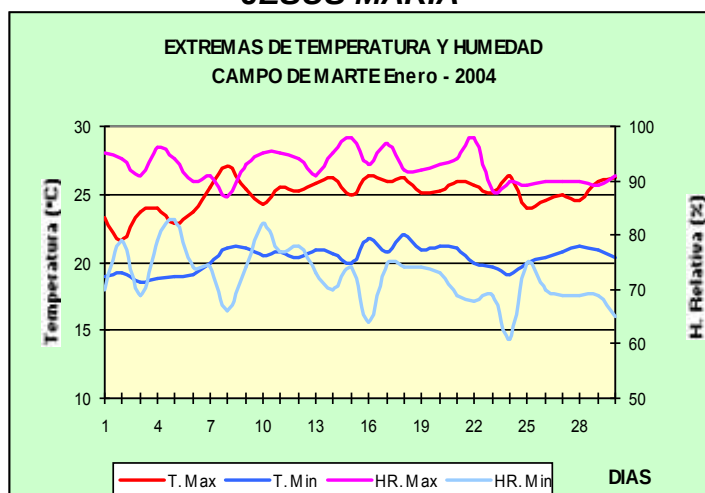
COMAS



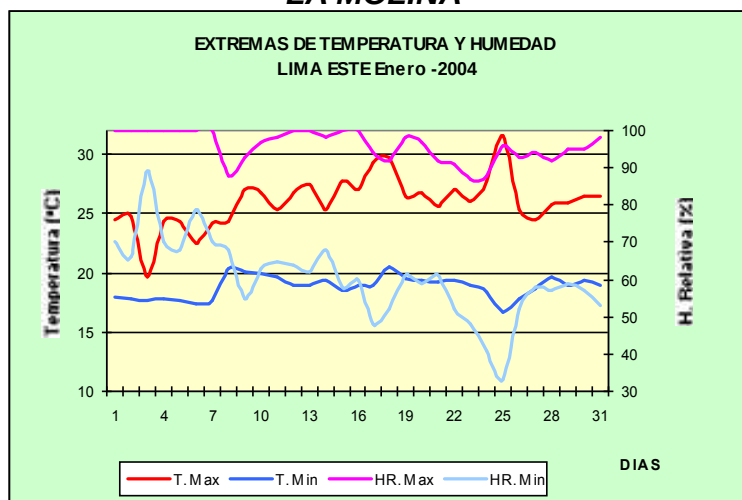
CALLAO



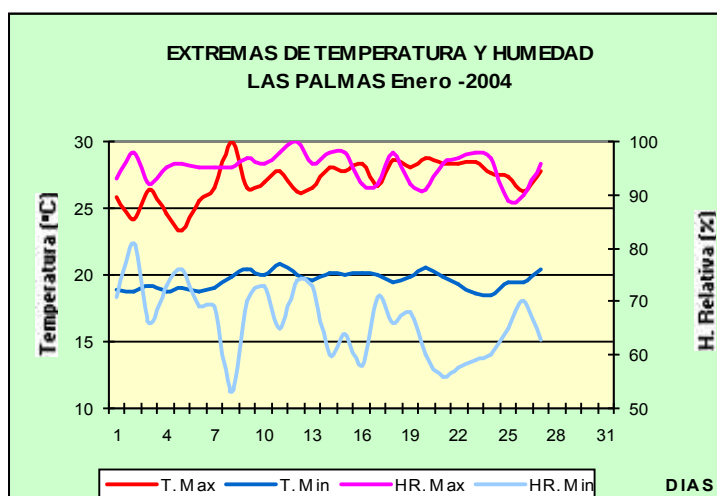
JESÚS MARIA



LA MOLINA



SANTIAGO DE SURCO



CHORRILLOS

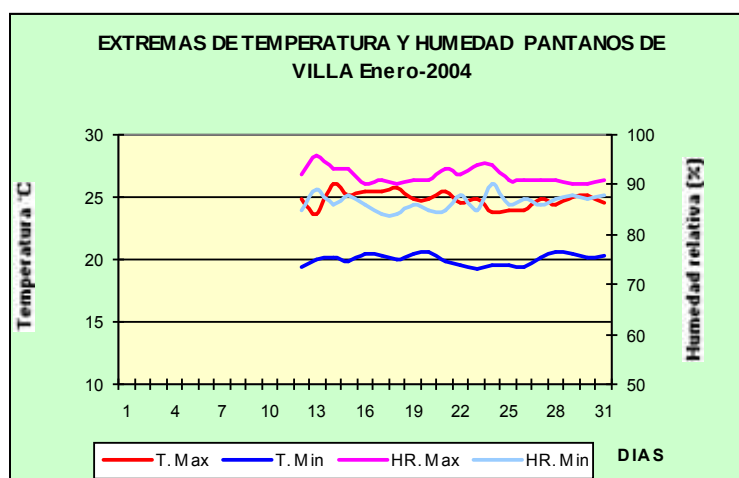


Fig. 6 a.- Variación diaria de la temperatura y humedad relativa extremas durante el mes de Enero del 2004 en Lima-Callao

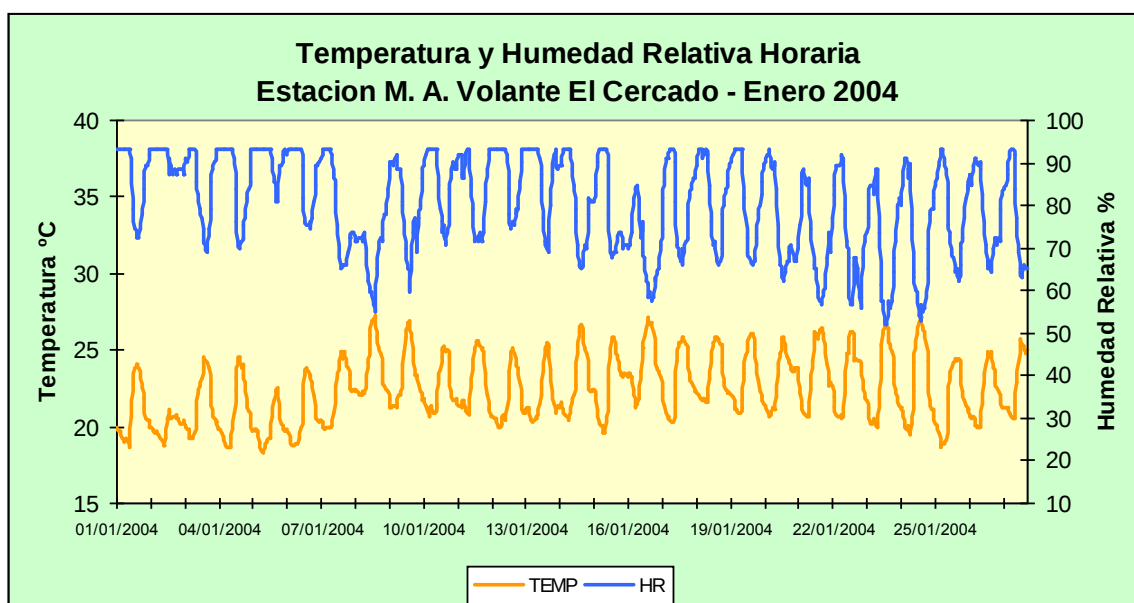
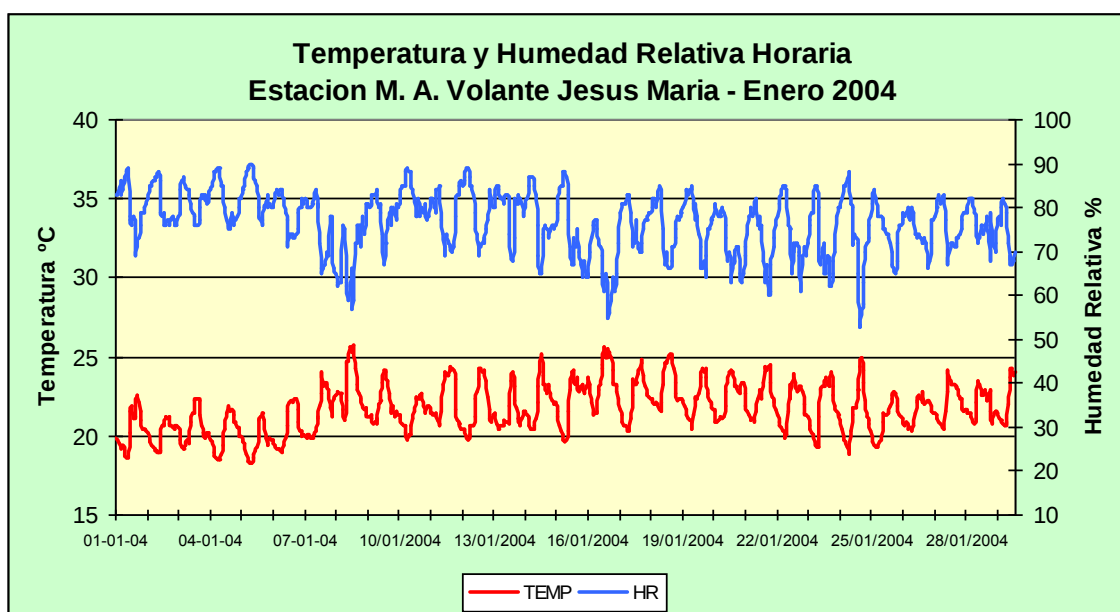


Fig. 6 b.- Variación horaria de la temperatura y humedad relativa extremas durante el mes de Enero del 2004 en Jesús María y El Cercado

B. Análisis del viento superficial en la Zona Metropolitana de Lima-Callao durante el mes de Enero del 2004.

El análisis del viento superficial (velocidad, dirección y frecuencia) correspondiente al mes de enero presentado en las **figuras 7, 8 y 9** para cada una de las tres horas sinópticas de observación (07, 13 y 19 horas) y el análisis de la información horaria provenientes de las estaciones meteorológicas volantes mostrado en las **figuras 10 y 11** es el siguiente:

- A las 7:00 horas se observaron vientos débiles con una velocidad media inferior a 2 m/s en los distritos de Jesús María y Santiago de Surco; de intensidad débil a moderada (2,8 m/s) en el distrito de La Molina; y de intensidad moderada en los distritos de Comas, El Callao y Chorrillos con velocidades alrededor de 3,7, 4,5 y 4,7 m/s. Con respecto a las direcciones, Collique (Comas) presentó direcciones SW (37%), SSW (16%) y S (15%); hacia la línea costera (Callao) se presentaron vientos de dirección S (63%) y hacia el centro de la ciudad (Jesús María), se registraron vientos provenientes del SW (52%) y del W (20%) con ocurrencia de calmas al 20%; hacia el lado este (La Molina) las direcciones fueron tanto del W y WNW (20%) como del E (15%) y del WSW (14%). Con respecto a los distritos ubicados al sur de la ciudad, en el distrito de Surco, los vientos tuvieron dirección S (21%), SSW y SSE (13%) con registros de calmas de 46%, mientras que en Chorrillos, la dirección predominante fue del S (75%).
- A las 13 horas, se presentaron vientos de intensidad débil a moderada (3 m/s) hacia el centro (Jesús María) de dirección SW (90%). De otro lado, hacia el norte de la ciudad (Comas), línea costera (Callao) y Sur, distrito de Santiago de Surco, se presentaron vientos moderados (3,5-5 m/s) de direcciones SW y SSW (44 y 21%), S y SSW (35 y 23%) principalmente, y del S (33%), SSW y SW (19%), respectivamente. Vientos de fuerte intensidad (>6 m/s) se presentaron hacia el este de la ciudad (La Molina) con direcciones W (73%), WNW (11%) y WSW (10%) y hacia el sur, distrito de Chorrillos, con direcciones predominantes del S (50%) y SW (35%).
- A las 19:00 horas se registraron vientos de intensidad débil en el distrito de Jesús María (2 m/s) con dirección SW (68%); de otro lado, vientos moderados se presentaron hacia el sur de la ciudad, distrito de Surco, con una velocidad media de 5,2 m/s y direcciones del S (48%), SSE (36%) y SSW (12%) y hacia el este, distrito de La Molina (4,7 m/s), con direcciones W (27%), WNW (26%) y E (22%). Mientras que vientos de fuerte intensidad (>6 m/s) se registraron hacia el norte y sur de la ciudad (distrito de Chorrillos), con direcciones provenientes del SW (65%) y SSW (26%) y del SW (80%) y del S (20%), respectivamente.
- La información horaria registrada en las estaciones volantes de El Cercado y Jesús María muestran una pequeña variación de la dirección del viento en horas de la mañana con el período nocturno; así se muestra una predominancia SW y S por las mañanas con frecuencias de 60 y 51% respectivamente, manteniéndose por las noches con dirección SW (66% de frecuencia) en El Cercado y variando a ESE (36%) en Jesús María. Los vientos mostraron una intensidad débil a moderada donde las velocidades medias durante el día estuvieron en 2,7 m/s en ambas estaciones, mientras que en la noche disminuyeron a 2 m/s.

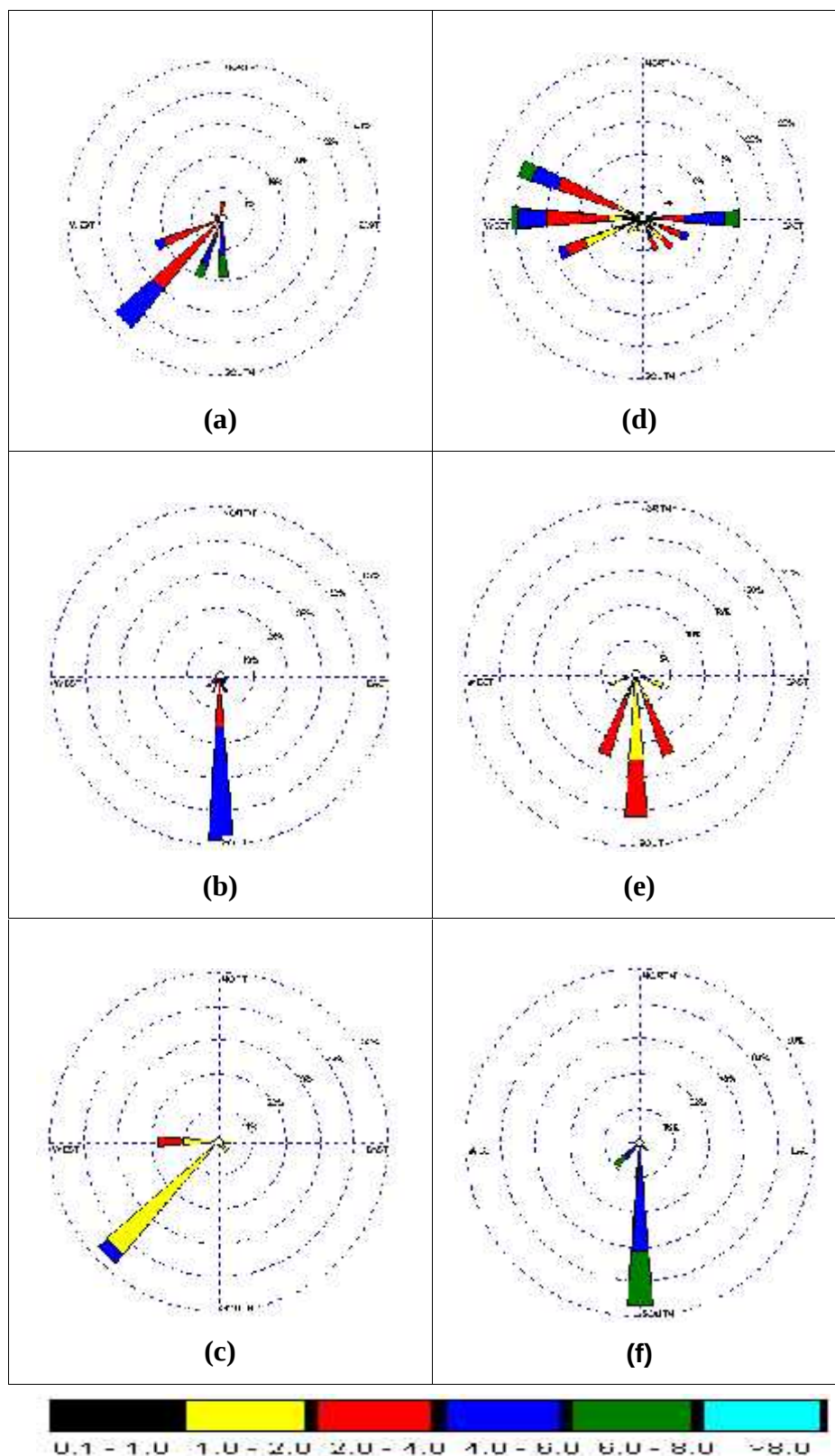


Fig. 7 – Rosas de viento (m/s) de las 07:00 horas de las estaciones de (a) Collique, (b) Jorge Chávez, (c) Campo de Marte (d) Lima Este, (e) Las Palmas y (f) P. De Villa

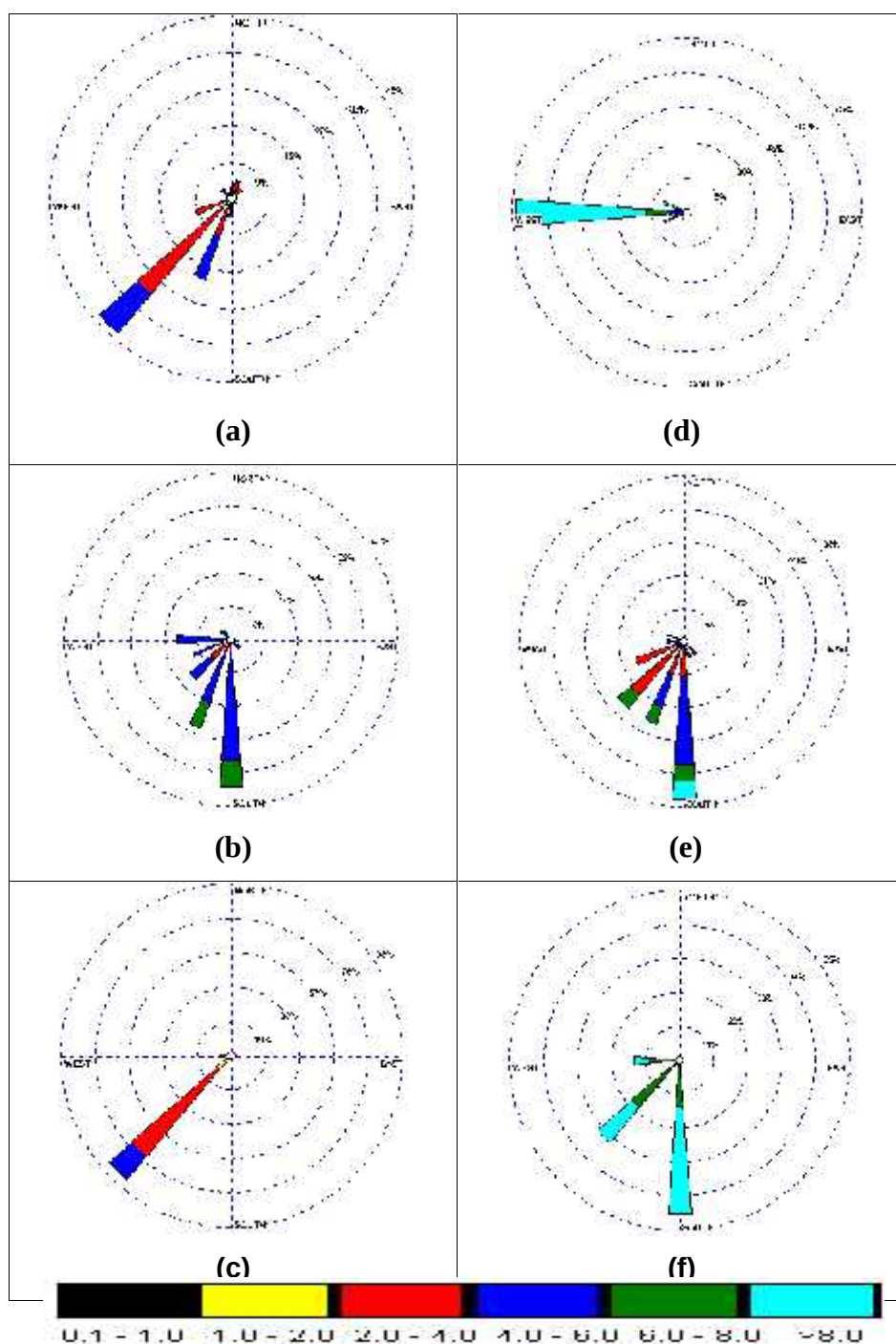


Fig.8 – Rosas de viento (m/s) de las 13:00 horas de las estaciones de (a) Collique, (b) Jorge Chávez, (c) Campo de Marte (d) Lima Este, (e) Las Palmas y (f) P. De Villa

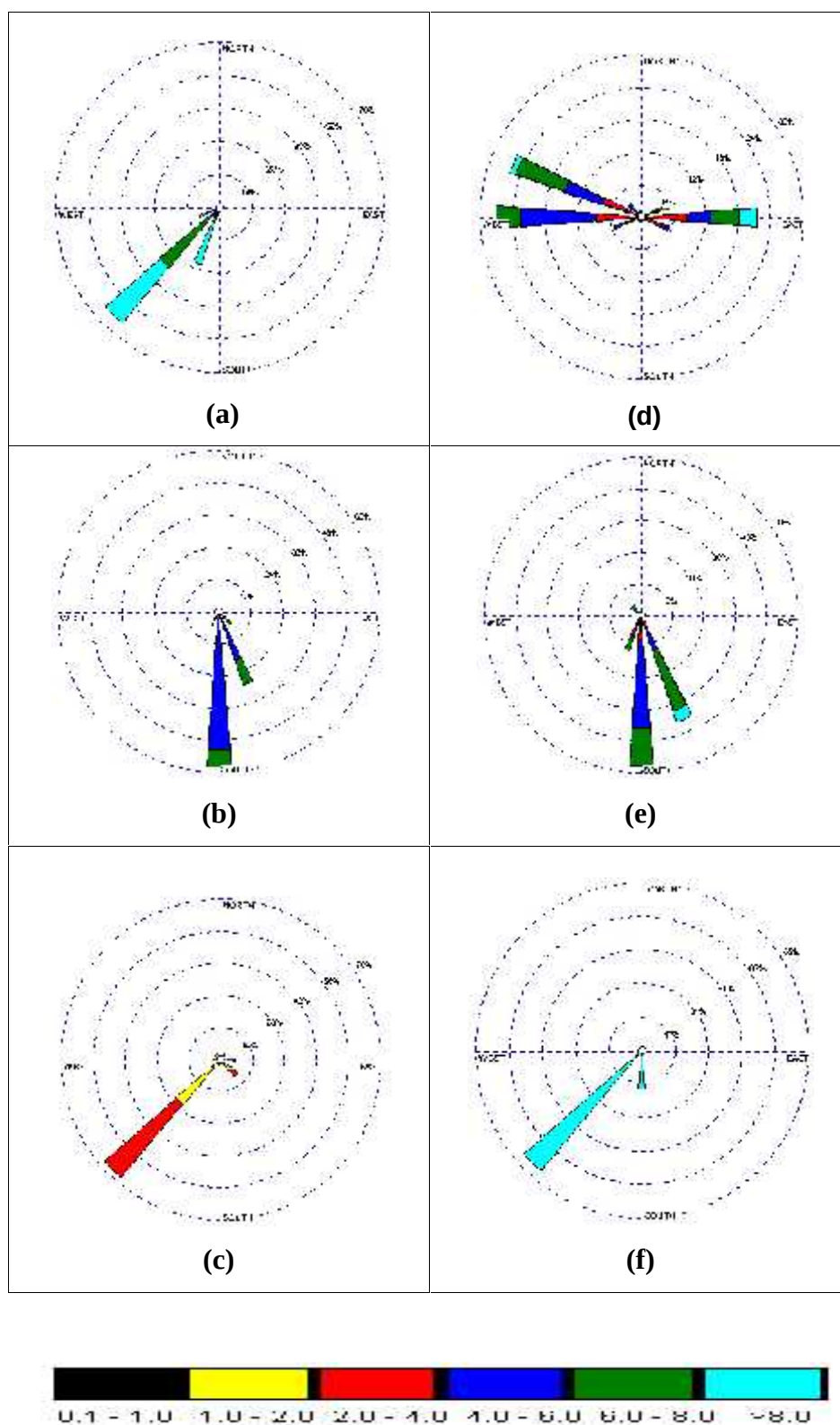


Fig.9 – Rosas de viento (m/s) de las 19:00 horas de las estaciones de (a) Collique, (b) Jorge Chávez, (c) Campo de Marte (d) Lima Este, (e) Las Palmas y (f) P. de Villa

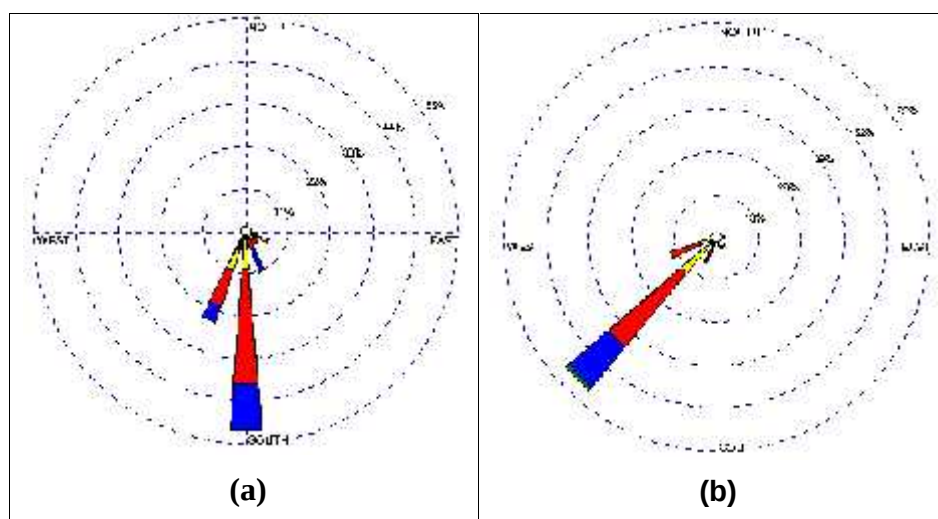


Fig.10 – Rosas de viento diurnas de las estaciones automáticas volantes de Jesús María (a) y El Cercado (b)

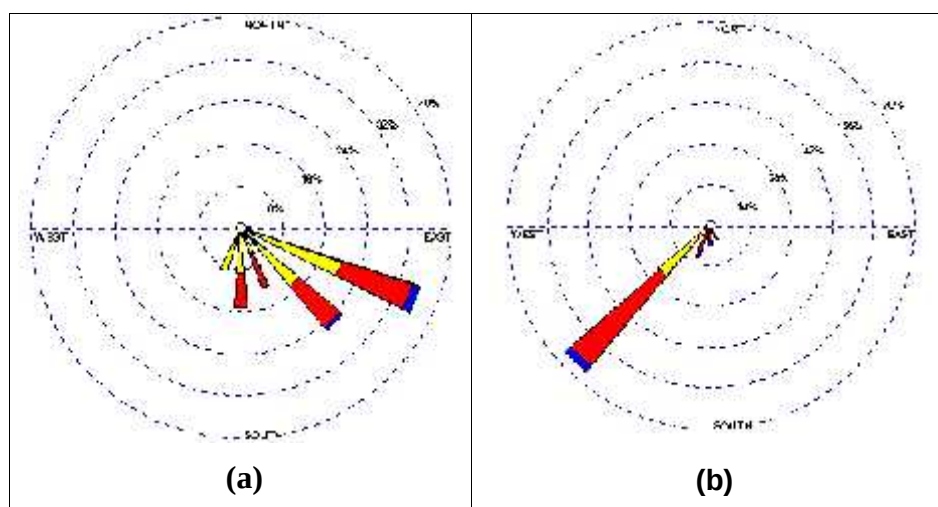


Fig.11 – Rosas de viento nocturna de las estaciones automáticas volantes de Jesús María (a) y El Cercado (b)

5. Conclusiones

Para el mes de enero, el análisis de la variación espacial de los Contaminantes Sólidos Sedimentables (CSS) para la Zona Metropolitana de Lima - Callao muestra la configuración de tres importantes centros de alta concentración de este contaminante: Hacia el norte de la ciudad, los distritos de Comas e Independencia registraron el mayor valor de CSS equivalente a $29 \text{ t/km}^2/\text{mes}$; hacia la zona centro este de la misma, el distrito de El Agustino registró $26,1 \text{ t/km}^2/\text{mes}$ y el cono sur tuvo valores comprendidos entre $15\text{-}25 \text{ t/km}^2/\text{mes}$. Con respecto a los distritos paralelos al litoral costero, sus valores se mantuvieron por debajo del límite referencial permisible ($5 \text{ t/km}^2/\text{mes}$) por las razones ya descritas. De acuerdo al análisis realizado, el 81,8% de las estaciones superaron los niveles referenciales de la OMS.

Respecto a los contaminantes gaseosos, se han reportado niveles de Ozono troposférico menores a los niveles anteriormente medidos en los periodos marzo-junio, agosto-setiembre y diciembre. Esto nos da un indicio del efecto de los fenómenos meteorológicos en la concentración de contaminantes, por sobre el fenómeno fotoquímico. De otro lado, los niveles de monóxido de carbono se han mantenido en los valores normales históricos medidos por la estación entre 1 a 4 ppm, confirmandose por tanto que se trata de un aire medianamente contaminado pues no se sobrepasa el valor estándar de las 8 horas de 8.6 ppm según el D.S. 074-PCM-2001.

Con respecto al análisis de la información meteorológica diaria de los vientos de superficie, en horas de la mañana se observaron vientos con intensidades débiles ($<2\text{m/s}$) en Jesús María y Surco con direcciones predominantes del SW (52%) y S (20%), respectivamente, a intensidades moderadas en Comas, El Callao y Chorrillos con direcciones SW (37%) y S con frecuencias de 63% y 75%, respectivamente. Hacia el mediodía los vientos oscilaron desde débiles a moderados en Jesús María ($2,3 \text{ m/s}$) con dirección SW (90%), hasta vientos de fuerte intensidad ($>6\text{m/s}$) en La Molina con dirección predominante del W (73%) y Chorrillos con direcciones S (50%) y SW (35%); mientras que hacia el anochecer, los vientos presentaron intensidades desde débiles en Jesús María (2 m/s) con dirección SW (68%) a fuertes con dirección predominante del SW (65%) y S (50%) en Comas y Chorrillos, respectivamente.

La información meteorológica horaria registrada en las estaciones automáticas instaladas en la cuenca media (Jesús María y El Cercado) han evidenciado la poca influencia de los vientos de montaña y la presencia de algunas brisas de tierra manifestadas desde las 18:00 hasta las 00:00 am cuando la radiación solar desaparece produciendo un gradiente térmico y de presión inverso al caso diurno dando como resultado que el aire más caliente del mar se eleve y su lugar pasa a ser ocupado por el aire más frío proveniente de la tierra.

Dada la falta de información meteorológica de sondaje atmosférico, que resulta indispensable para el análisis y determinación de la influencia de la capa de inversión térmica sobre la dispersión de los contaminantes, se afirma que su esporádica presencia de intensidad débil y con su base a muy baja altura, fue suficiente para generar estabilidad atmosférica en la costa central de Perú, debido a los fenómenos atmosféricos de subsidencia y oceánico marino de afloramiento, los mismos que, en interacción con los vientos locales y la topografía local, limitaron los procesos de dispersión de los contaminantes del aire configurando los puntos críticos de contaminación ya identificados.



DIRECCIÓN GENERAL DE ASUNTOS AMBIENTALES

BOLETÍN MENSUAL
Año 1 N° 1, Enero 2004

EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFERICA EN LA ZONA METROPOLITANA DE LIMA-CALLAO



ELABORACIÓN: **JOSE SILVA COTRINA**
 ERIC CONCEPCIÓN GAMARRA
 ZARELA MONTOYA CABRERA

ENERO 2004

LIMA, PERU