

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

INDICE

1	INTRODUCCIÓN	2
2	LLUVIA ÁCIDA	2
3	CUENCA ATMOSFERICA DE LIMA	4
	3.1 Cuenca del río Chillón	5
	3.2 Cuenca del río Rímac	5
	3.3 Cuenca del río Lurín	5
4	METODOLOGÍA	6
5	RESULTADOS	8
	5.1 Distribución espacial de contaminantes sólidos sedimentables durante el mes de Octubre del 2004 en la Zona Metropolitana de Lima- Callao.	8
	5.2 Condiciones Meteorológicas durante el mes de Octubre 2004	10
6	CONCLUSIONES	17

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1	La Formación de acidez atmosférico y depósito de ácidos	3
Fig. 2	Red de estaciones meteorológicas y de contaminantes sólidos sedimentables en la Zona Metropolitana de Lima-Callao	7
Fig. 3	Totales mensuales de contaminantes sólidos sedimentables registrados durante el mes de Octubre 2004 en Lima-Callao	8
Fig. 4	Distribución espacial de la concentración de sólidos sedimentables en Lima-Callao durante el mes de Octubre del 2004	9
Fig. 5	Variación horaria de la temperatura y humedad relativa durante el mes de Octubre del 2004 en el Callao, La Molina y Surco	11
Fig. 6	Variación diaria de la temperatura y humedad relativa durante el mes de Octubre del 2004 en Comas, Jesús María y Chorrillos	12
Fig. 7	Rosas de viento Diurnas	14
Fig. 8	Rosas de viento Nocturnas	15
Fig. 9	Radiosondaje mensual promedio mes de Octubre	16

INDICE DE CUADROS

Cuadro N°1	Características de la Capa de Inversión Térmica en la Costa Central de Perú	16
------------	---	----

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

1. Introducción

Durante el mes de Octubre, el SENAMHI a través de la Dirección General de Investigación y Asuntos Ambientales, brindó atención a numerosas delegaciones de estudiantes de nivel primario y secundario en los que se les dio a conocer las principales actividades del SENAMHI en el quehacer ambiental tanto en cuanto a los estudios de Calidad del Aire y los concernientes a la Vigilancia Atmosférica Global. Asimismo, personal profesional de esta Dirección General participó en el curso “Análisis de la Gestión Ambiental de los recursos naturales: Nuevas herramientas de análisis para los recursos minerales”.

A continuación, como un aspecto importante que complementa la evaluación de la contaminación del aire en la Zona Metropolitana de Lima-Callao, se presenta en el ítem 2, una recopilación de aspectos generales y antecedentes sobre la Lluvia Ácida. En los próximos números se presentarán los resultados.

2. Lluvia Ácida: Algunos aspectos generales y antecedentes

De acuerdo a Godish, T (1997) cuando el problema de la precipitación causada por los contaminantes fue inicialmente descrito, se llamó lluvia ácida. Mediante estudios posteriores se demostró que aparentemente la nieve también se veía afectada, entonces el término precipitación parecía el más indicado. Tras numerosas observaciones, al identificarse materiales de naturaleza ácida depositados sobre la tierra y aguas superficiales en ausencia de precipitación (a lo que se le conoce como deposición seca), el concepto fue nuevamente modificado.

Asimismo, Godish, T (1997) señala que aparentemente este fenómeno es mucho más que lluvia ácida, nieve ácida, deposición seca, sino que también es niebla ácida (con pH menor a 1,8), nubosidad, rocío y escarcha ácida, se consideró llamar a todos estos fenómenos en conjunto con el término de **deposición ácida**.

Seinfeld, J. (1986) señala que el término deposición ácida resulta más apropiado por cuanto refiere la remoción desde la atmósfera de sulfatos y nitratos a través de la deposición tanto húmeda como seca.

Los compuestos químicos SO_2 y NO_x que constituyen la deposición ácida, una vez emitidos a la atmósfera se oxidan a sulfatos y nitratos. El punto donde la deposición ocurre puede ser cercano o a una distancia importante de la fuente, dependiendo de la altura de la fuente, la naturaleza química de la atmósfera, la abundancia de agua líquida y las condiciones meteorológicas (viento y turbulencia), que influyen en los procesos de transporte y dispersiones.

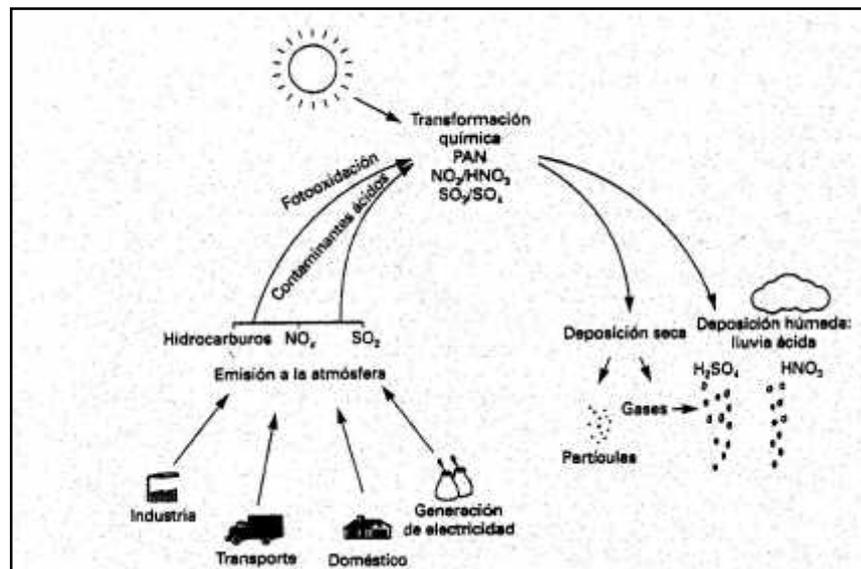
Seinfeld, J. (1986) explica que el término pH se refiere al logaritmo negativo de la concentración de iones (H^+). Así, una solución con un pH de 6, tiene una concentración de H^+ de 0,000001 molar (M), y una con pH de 5, de 0,00001 M. Los valores del pH son geométricos, es decir que un pH de 5 es 10 veces más ácido que uno de 6, y uno de 4, 100 veces más ácido que uno de 6.

Godish, T. (1997), señala que cuando el agua se condensa después de la evaporación o destilación tiene un pH de 7 (ni ácido ni alcalino), pero rápidamente cambia a 5,7 por el equilibrio con el CO_2 en la atmósfera formando un ácido débil, ácido carbónico. Así, agua de niebla, agua de lluvia, y nieve en ausencia de contaminación y en equilibrio con CO_2 puede tener naturalmente un PH de 5,7.

En su tratado, Seinfeld, J. (1986) refiere un pH de 5,6 en condiciones normales, el cual representa el agua pura en equilibrio con la concentración atmosférica global de CO_2 (330 ppm) y delimita la línea de la precipitación ácida.

Las principales fuentes de los precursores (óxidos de Nitrógeno y Azufre) incluyen plantas de combustión, calderas industriales, las fundidoras de metales y los automóviles.

La **figura N°1** muestra el mecanismo de la deposición ácida. De acuerdo a Kiely, G. (1999), las emisiones de óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos procedente de las actividades industriales, transporte, vivienda y producción de energía se transforman en sulfatos y nitratos a través de una serie de reacciones de oxidación, hidrólisis y reducción en la atmósfera. De esta forma, estos compuestos conjuntamente con la radiación solar y el vapor de agua se convierten en ácido sulfúrico o nítricos suaves, y que a su vez retornan a la tierra en forma de rocío, llovizna, niebla, nieve o lluvia.



Fuente: Ingeniería Ambiental. Gerald Kiely 1999

Fig. 1. La formación de acidez atmosférica y deposición de ácidos (adaptado de la UE. 1992b).

Seinfeld, J (1986), estima que la tasa de conversión de SO_2 y NO_2 en la fase gaseosa depende de la concentración de radicales OH. Las estimaciones hechas para el proceso de conversión de SO_2 y NO_x han determinado que debido a la alta tasa de reacción $\text{NO}_2\text{-OH}$ comparada a la reacción $\text{SO}_2\text{-OH}$, hipotéticamente la producción del HNO_3 podría ocurrir más rápidamente que la producción del H_2SO_4 en los alrededores de las fuentes. El ácido sulfúrico formado en la fase gaseosa será inmediatamente asociado a las moléculas de agua; mientras que el ácido nítrico permanecerá como vapor de agua hasta que sea absorbido por una

nube o gota de agua o reccione con amonio. Parte de las especies gaseosas y particuladas pueden ser removidas a la superficie por deposición seca.

Entre los principales efectos que han podido observarse se encuentran descensos de población en comunidades abióticas acuáticas y por ende trastornos en la cadena alimenticia ya que estas especies son consumidas e incorporan metales al organismo de sus predadores. Los estudios han demostrado que la trucha y el salmón del Atlántico son particularmente sensibles a los niveles bajos de pH, porque interfieren con sus procesos reproductivos y con frecuencia dan origen a deformaciones en el esqueleto (Beamish, et al, 1975).

Asimismo, las altas concentraciones de aluminio en las aguas acidificadas suelen ser el agente que mata a los peces y otras biotas sensibles como son los crustáceos del plancton. Así, en los lagos alcalinos o casi neutros, las concentraciones de aluminio son muy bajas; sin embargo, a medida que el pH desciende, el aluminio antes insoluble presente en las rocas, los suelos y sedimentos de ríos y lagos comienza a pasar a formas disponibles a la absorción alimenticia de organismo vivientes.

Asimismo, la deposición ácida constituye una amenaza importante para los bosques observada en el marchitamiento y deterioro de los árboles y de acuerdo a algunos estudios podría tener influencia en la inhibición del crecimiento forestal. De cualquier modo, los efectos ocasionados por la lluvia ácida en todos los ecosistemas tiene carácter severo y por ende su estudio es de vital importancia.

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología a través de su Dirección de Investigación y Asuntos Ambientales ha diseñado e instalado una red de monitoreo de lluvia ácida compuesta por 12 estaciones. Desde el mes de Agosto se vienen monitoreando las precipitaciones líquidas y próximamente se emitirá un informe con los primeros resultados obtenidos.

3. 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.

La delimitación de la Cuenca Atmosférica de la 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 Zona Metropolitana de Lima-Callao se ha identificado tres cuencas hidrográficas con sus respectivas microcuencas atmosféricas (ver **Figura 2**) que son las siguientes:

3.1 CUENCA DEL RÍO CHILLON

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:

M. De Ancón: Distrito de Ancón

M. De Carabaylo: Distrito de Carabaylo

M. De Collique: Distrito de Comas

3.2 CUENCA DEL RIO RIMAC

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:

M. de San Juan de Lurigancho: Distrito de San Juan de Lurigancho.

M. De Huaycoloro: Distrito de Lurigancho

M. De Huaycán: Distrito de Ate Vitarte

M. de La Molina: Distrito de La Molina

3.3 CUENCA DEL RIO LURIN

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:

M. de Manchay: Distrito de Pacahacamac

M. de Portillo Grande: Distrito de Lurín

M. por I.D: Distrito de Pacahacamac

Con respecto al monitoreo de los Contaminantes Sólidos Sedimentables (CSS), el presente Boletín muestra los resultados obtenidos para el mes de octubre 2004.

4. Metodología

4.1 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 2**), 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.

4.2 Contaminantes Gaseosos

La evaluación mensual de los gases contaminantes del aire (CO , SO_2 y O_3) en la estación de Calidad de Aire ubicada en la Sede Central (**figura 2**) 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, Dióxido de Azufre API 100A 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.

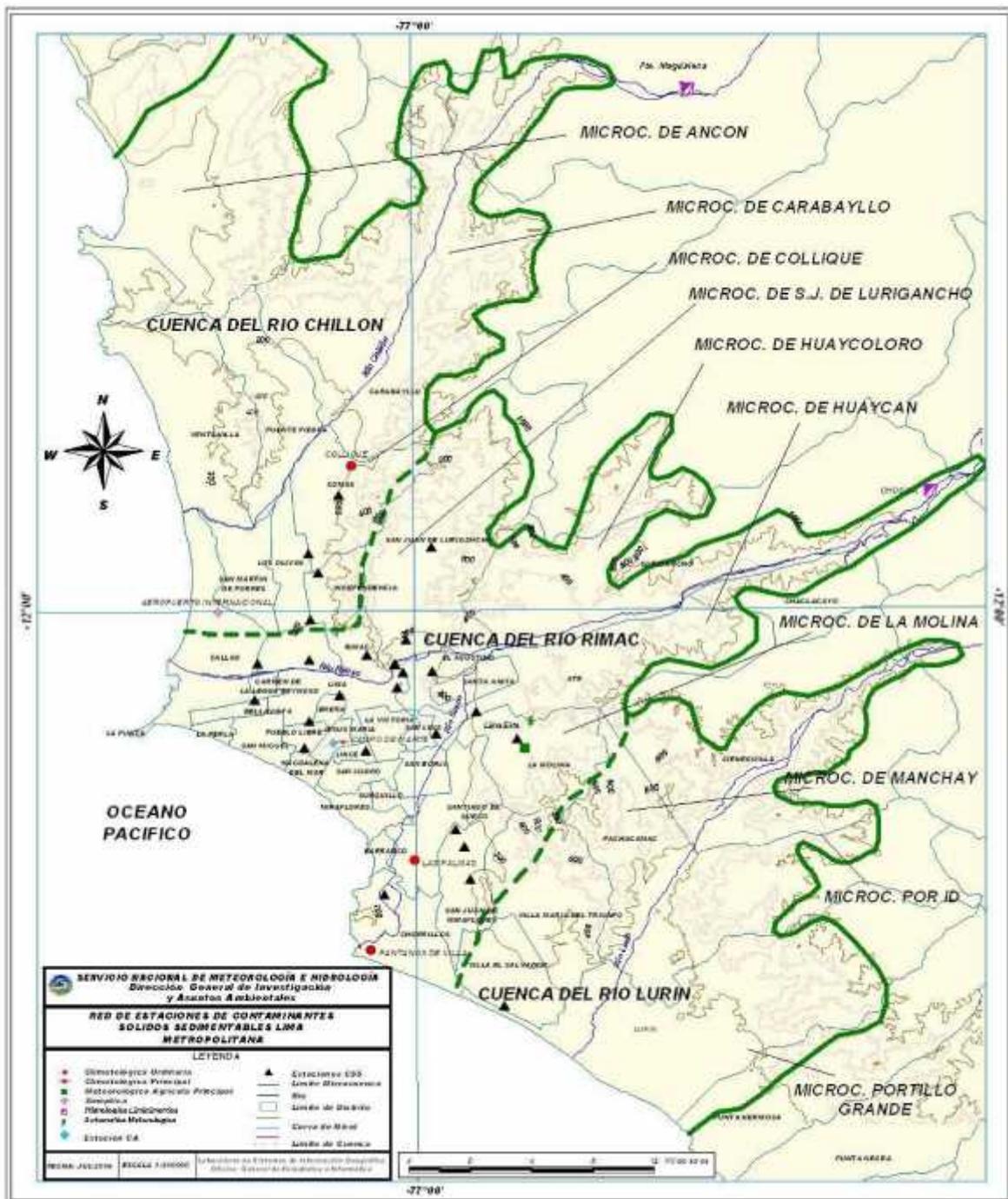


Fig. 2 - Red de estaciones meteorológicas y de contaminantes sólidos sedimentables en la Zona Metropolitana de Lima-Callao

5. Resultados del Monitoreo Ambiental

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

En la **figura 2** se presenta la red de contaminantes sólidos sedimentables (CSS). Durante el presente mes, se recopiló información de 23 estaciones de muestreo, de las cuales el 69,6% (16 estaciones) excedieron el límite referencial permisible recomendado por la OMS (5 t/km²/mes).

En la **figura 4** se muestra el análisis del comportamiento espacial de la concentración de CSS presentado en la **figura 3**. Los tres centros importantes de alta concentración de contaminantes sólidos sedimentables (CSS) identificados en el área Metropolitana de Lima-Callao configurados como resultado de la generación in situ así como de los procesos de transporte por el viento desde otras zonas de la capital son los siguientes: Hacia el cono norte (Cuenca del río Chillón) se observa el primero de ellos que se extiende a lo largo de los distritos de Carabaylo, Comas, Los Olivos e Independencia, con núcleo en éste último con valor de 23,0 t/km²/mes, explicado en el importante movimiento vehicular y en el desarrollo de una actividad comercial tanto formal como informal a lo largo de la Av. Túpac Amaru, a lo que se suma la influencia del campo de vientos locales que van contribuyendo a su acumulación (**figuras 7 y 8**). El segundo centro señalado en el área metropolitana abarca el cono centro-este (Cuenca del río Rímac y microcuenca de San Juan de Lurigancho) y comprende los distritos de San Juan de Lurigancho, Lurigancho, Chaclacayo, Ate-Vitarte, Santa Anita, El Agustino, y el Cercado (lado este) con núcleo identificado al frente de la Fundación MEPSA con 27,3 t/km²/mes, explicado en la intensa actividad industrial, comercial y la importante densidad vehicular de la zona (vía de Evitamiento). Mientras que el tercer centro ubicado en el cono sur (en la zona de intercuenca Rímac-Lurín) abarca los distritos de Villa el Salvador, Pachacamac, Lurín y Villa María del Triunfo, con núcleo en éste último que se constituye en el valor más alto del mes equivalente a 28,5 t/km²/mes, configurado por la contribución de fuentes locales (empresas aledañas como Cementos Lima y parque automotor) y los aportes de los contaminantes transportados por los vientos desde otras zonas.

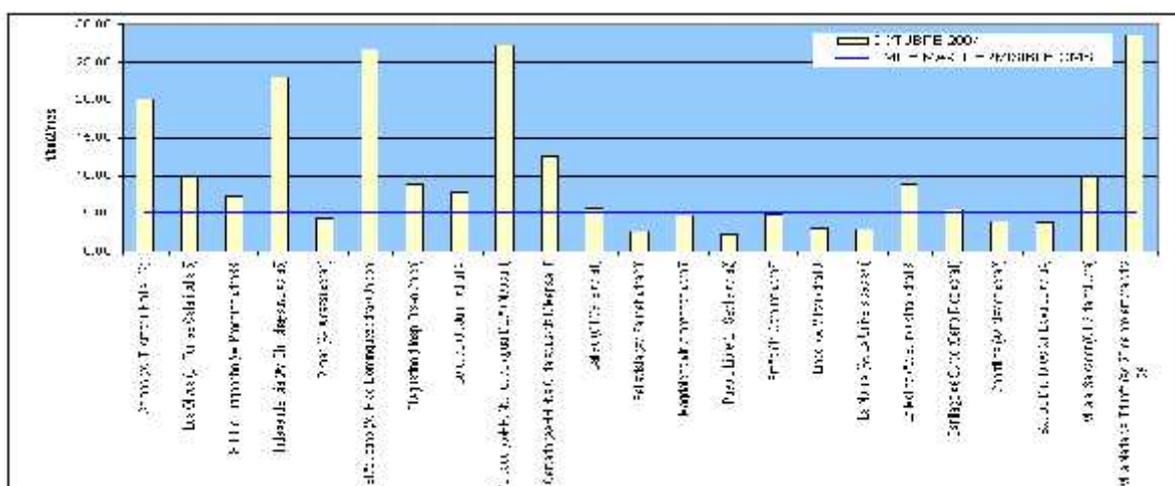


Fig. 3 - Totales mensuales de contaminantes sólidos sedimentables registrados durante el mes de Octubre 2004 en Lima-Callao

A lo explicado líneas arriba, se suma el bajo índice de área verde/habitante principalmente en los conos, cuando la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda de 8 a 9 m²/habitante. El sector que comprende la estrecha franja costera y parte de aquellos distritos residenciales como San Isidro, San Borja, Miraflores, parte de Santiago de Surco y Barranco, debido a su 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 por lo que no exceden el valor referencial establecido por la OMS.

El déficit de áreas verdes se convierte en un problema ambiental de considerable importancia en donde principalmente la falta de voluntad e iniciativa de los dos Municipios provinciales para elaborar las propuestas correspondientes dirigidas a declarar la intangibilidad de la poca área agrícola que queda en los tres valles Chillón, Rímac y Lurín (última parte activa del pulmón verde de la Z.M. de Lima-Callao).

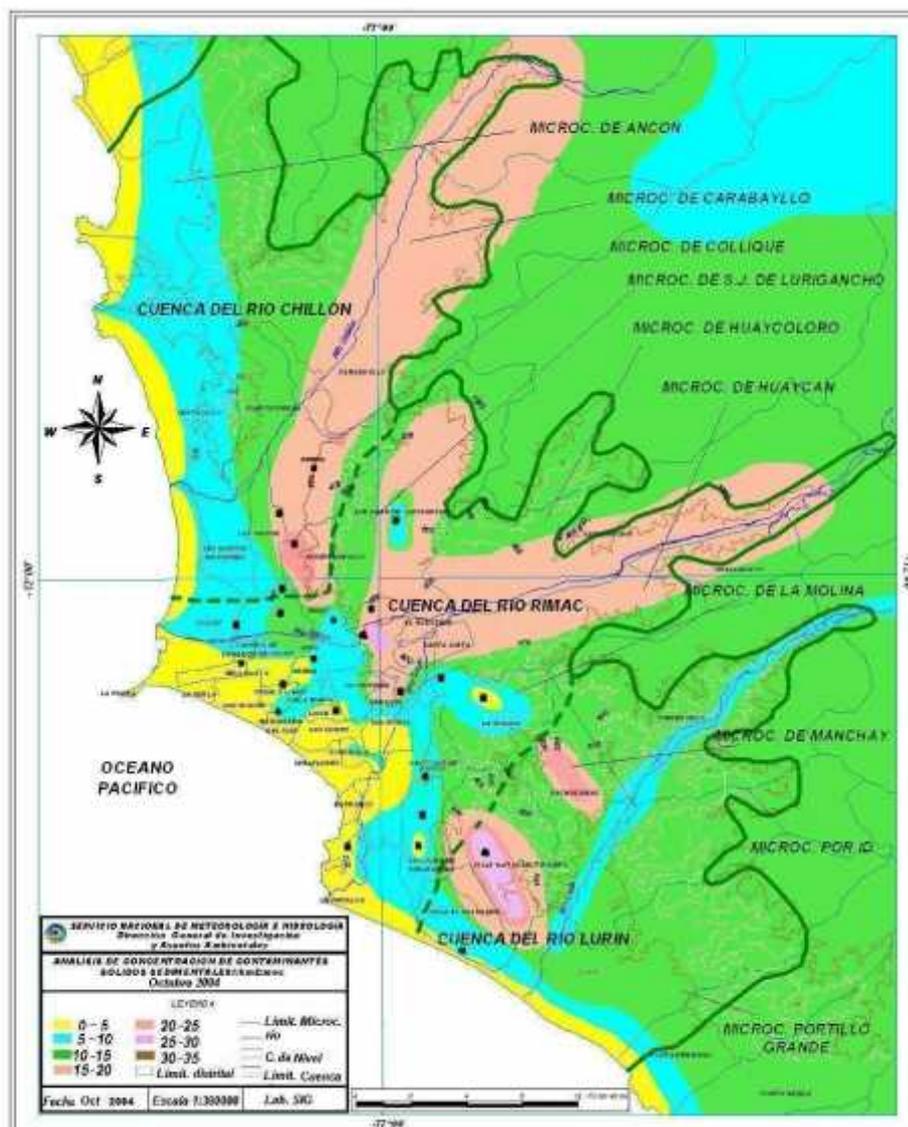


Fig.4 - Distribución espacial de la concentración de sólidos sedimentables en Lima-Callao durante el mes de Octubre del 2004

5.2 Condiciones meteorológicas durante el mes de Octubre del 2004

Para el presente mes, el análisis de las condiciones meteorológicas horarias y diarias para la Zona Metropolitana Lima-Callao se ha basado en la información de 6 estaciones meteorológicas, convencionales y automáticas, ordenadas de norte a sur que se mencionan a continuación: Estación climatológica Collique (Comas), Estación sinóptica y radiosondaje del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez (Callao), estación climatológica Campo de Marte (Jesús María), estación meteorológica automática Lima Este (La Molina), estación meteorológica automática Las Palmas (Santiago de Surco) y estación climatológica Pantanos de Villa (Chorrillos). Estas estaciones forman parte de la red meteorológica presentada en la **figura 2**.

5.2.1. Análisis de Temperatura y Humedad Relativa

- Del análisis de la variación temporal diaria de la temperatura (°C) y humedad relativa (%) extremas se observa lo siguiente: Los valores de la temperatura máxima fluctuaron de 15,6°C (La Molina) a 23,5°C (Comas) y la mínima de 13,3°C (La Molina) a 17°C en el Callao, registros superiores al mes anterior, propio del asentamiento de la estación primaveral; con respecto a las humedades relativas, la máxima fluctuó entre 83% (Surco) a 100% (Comas y La Molina), mientras que la mínima osciló entre 60% (Surco) a 94% en Chorrillos (ver **figuras 5 y 6**). Durante el mes de octubre, las condiciones meteorológicas se han ido regularizando con mayor número de días soleados y garúas aisladas muy ligeras.
- Con respecto al análisis horario de la información, los valores mínimos de la temperatura del aire se registraron de manera predominante entre las 5:00 y 6:00 am mientras que las máximas se presentaron alrededor de las 13:00 hrs. 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.
- En cuanto al análisis de las temperaturas mínimas de las estaciones indicadas, los días más fríos del mes en la Zona Metropolitana de Lima-Callao fueron el 12 y el 13 con una media de 14,9°C, superior a los meses anteriores; mientras que el día más cálido correspondió al 24 de los corrientes con un valor medio de 21,7°C. Los registros de humedad relativa promedio señalaron que sólo un día del mes (2 de octubre), la atmósfera de la capital estuvo saturada de humedad en términos relativos (97%).

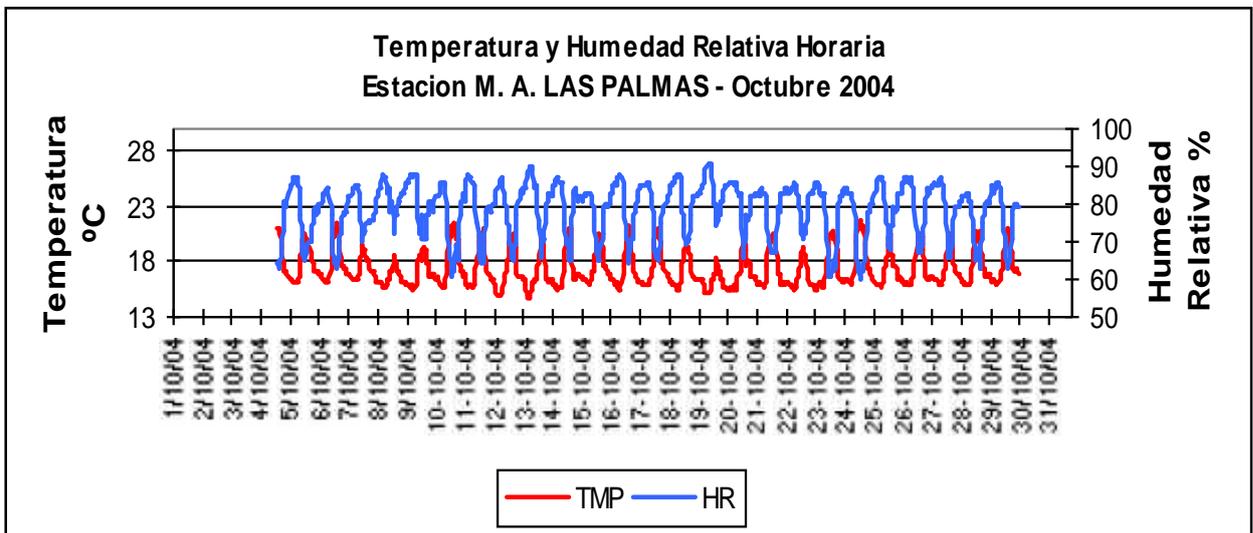
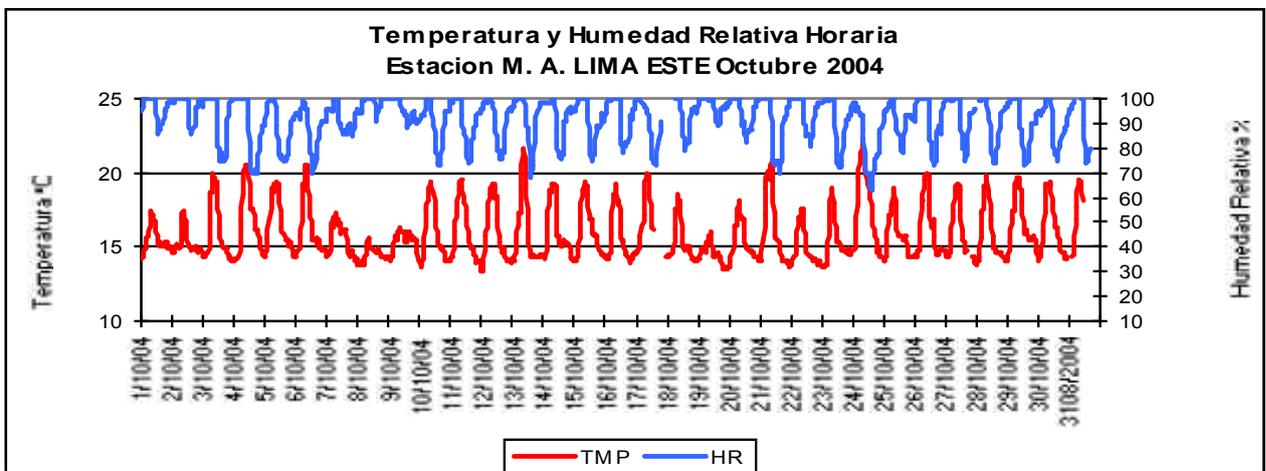
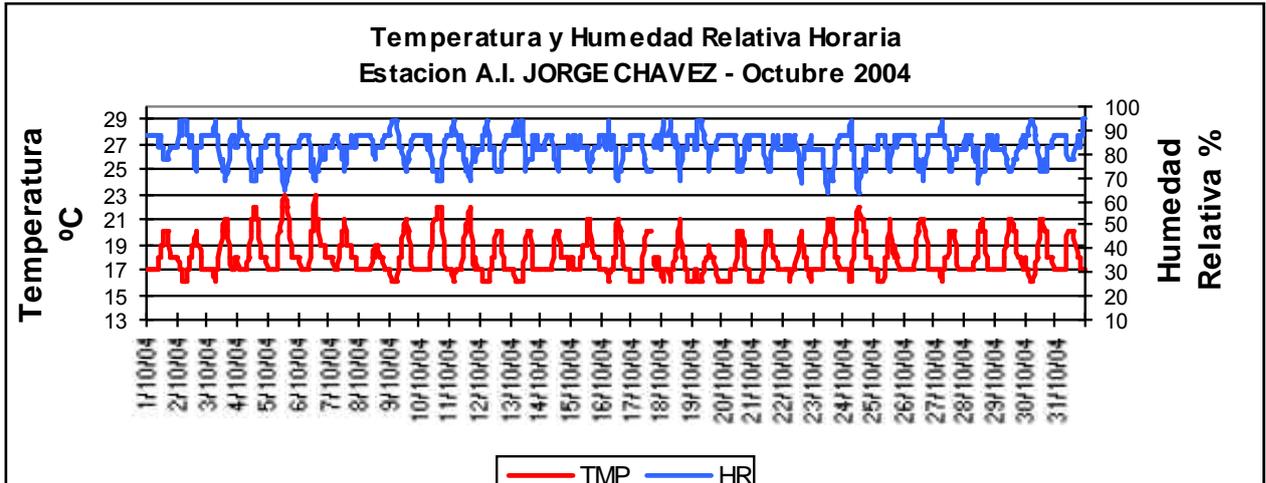


Fig.5.- Variación horaria de la temperatura y humedad relativa durante el mes de Octubre del 2004 en el Callao, La Molina y Surco

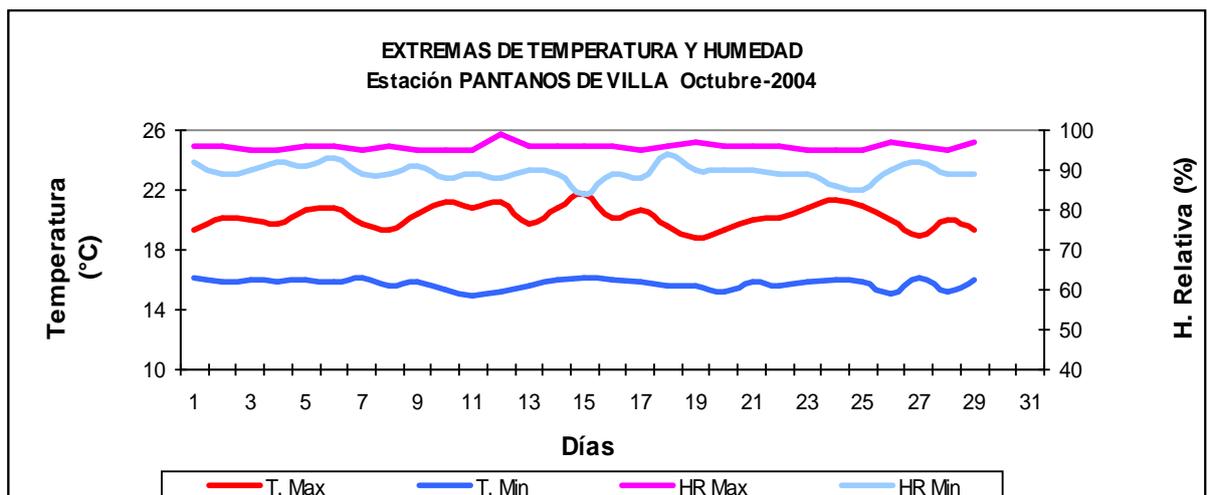
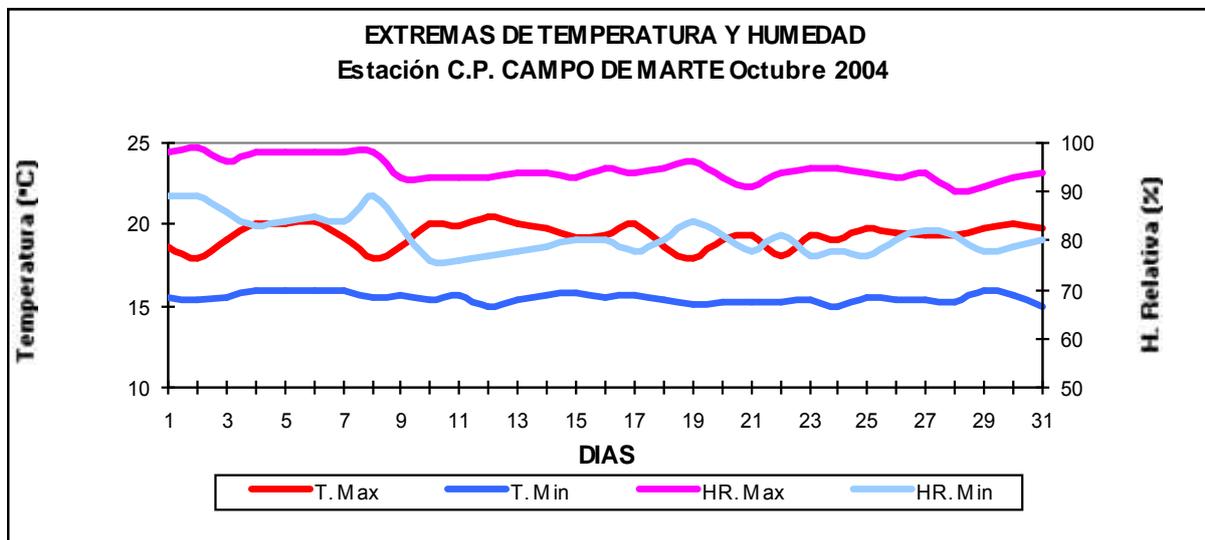
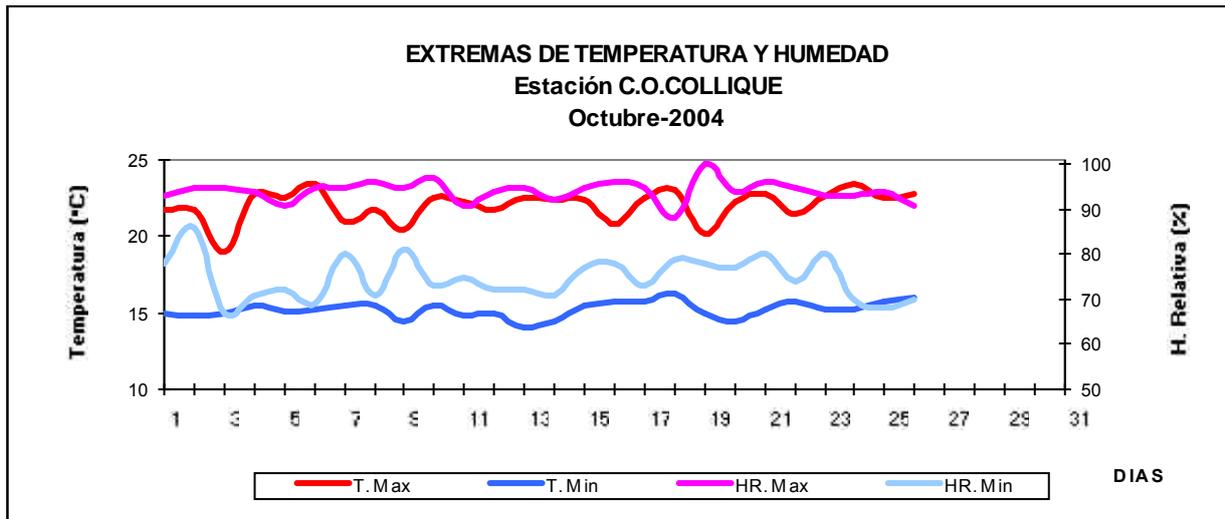


Fig.6 .- Variación diaria de la temperatura y humedad relativa durante el mes de Octubre del 2004 en Comas, Jesús María y Chorrillos

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

El análisis de la información horaria de viento superficial (velocidad, dirección y frecuencia) correspondiente al mes en estudio presentado en las **figuras 7 y 8** para el día (07:00 – 18:00) y la noche (19:00 – 06:00) es el siguiente:

- Durante el día (7:00 a 18:00 horas), hacia el centro de la ciudad (Jesús María), los vientos se presentaron débiles (<2,2m/s) con direcciones provenientes del SW y del W (57 y 13%), respectivamente con ocurrencia de calmas de 29%. Intensidades débiles a moderadas se registraron hacia el norte (Comas) con ocurrencia de calmas de 49% y direcciones provenientes del SW y SSW (26 y 15%) y hacia el sur (Santiago de Surco) con dirección W (34%) y SSW (19%). Hacia el litoral costero (Callao) y sur (Chorrillos), las intensidades de viento fueron moderadas (entre 3,5 y 4,5m/s) con direcciones provenientes del S y SSW (32 y 23%) y del SW y S (54 y 31%). Hacia el lado este (distrito de La Molina), los vientos del WNW y W (54 y 39%) fueron fuertes (>6m/s).
- Durante la noche (19:00 a 6:00 horas) se registraron intensidades débiles hacia el norte (Collique), centro de la ciudad (Jesús María) y hacia la zona de Santiago de Surco con direcciones SSW y SW (41y 30%), del SW y E (72 y 16%) y del S y SSW (41 y 16%), respectivamente. Hacia el este (La Molina) las intensidades de los vientos fueron de débiles a moderadas con dirección WNW y W (35 y 22%). Hacia el litoral costero (Callao) los vientos presentaron intensidades moderadas con direcciones provenientes del S y SSE (51 y 30%); mientras que hacia el sur de la ciudad (distrito de Chorrillos) la intensidad de los vientos fue fuerte con frecuencia de 96% de dirección SW.

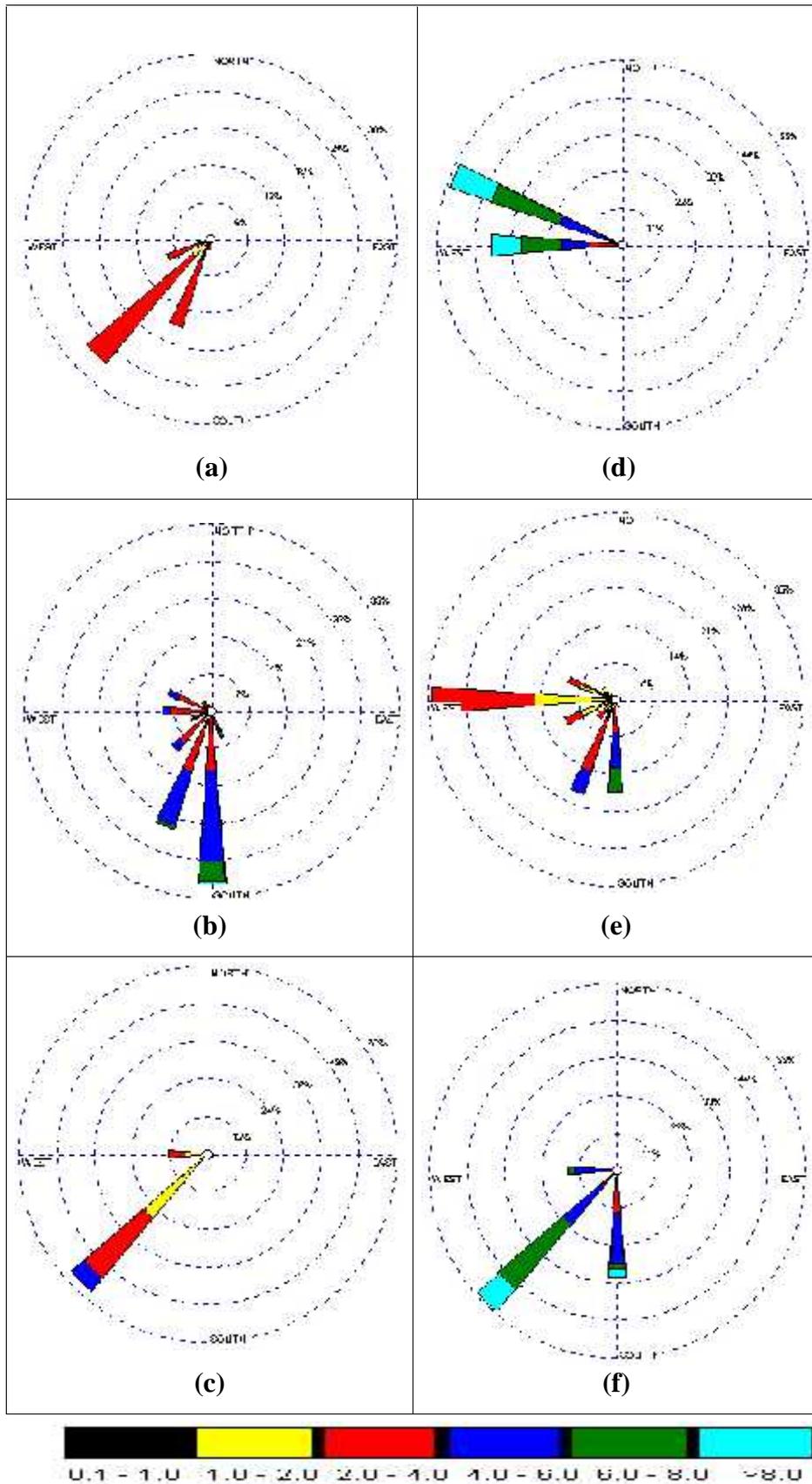


Fig.7 – Rosas de viento (m/s) diurnas de las estaciones de (a) Comas, (b) Callao, (c) Jesús María, (d) La Molina, (e) Santiago de Surco y (f) Chorrillos

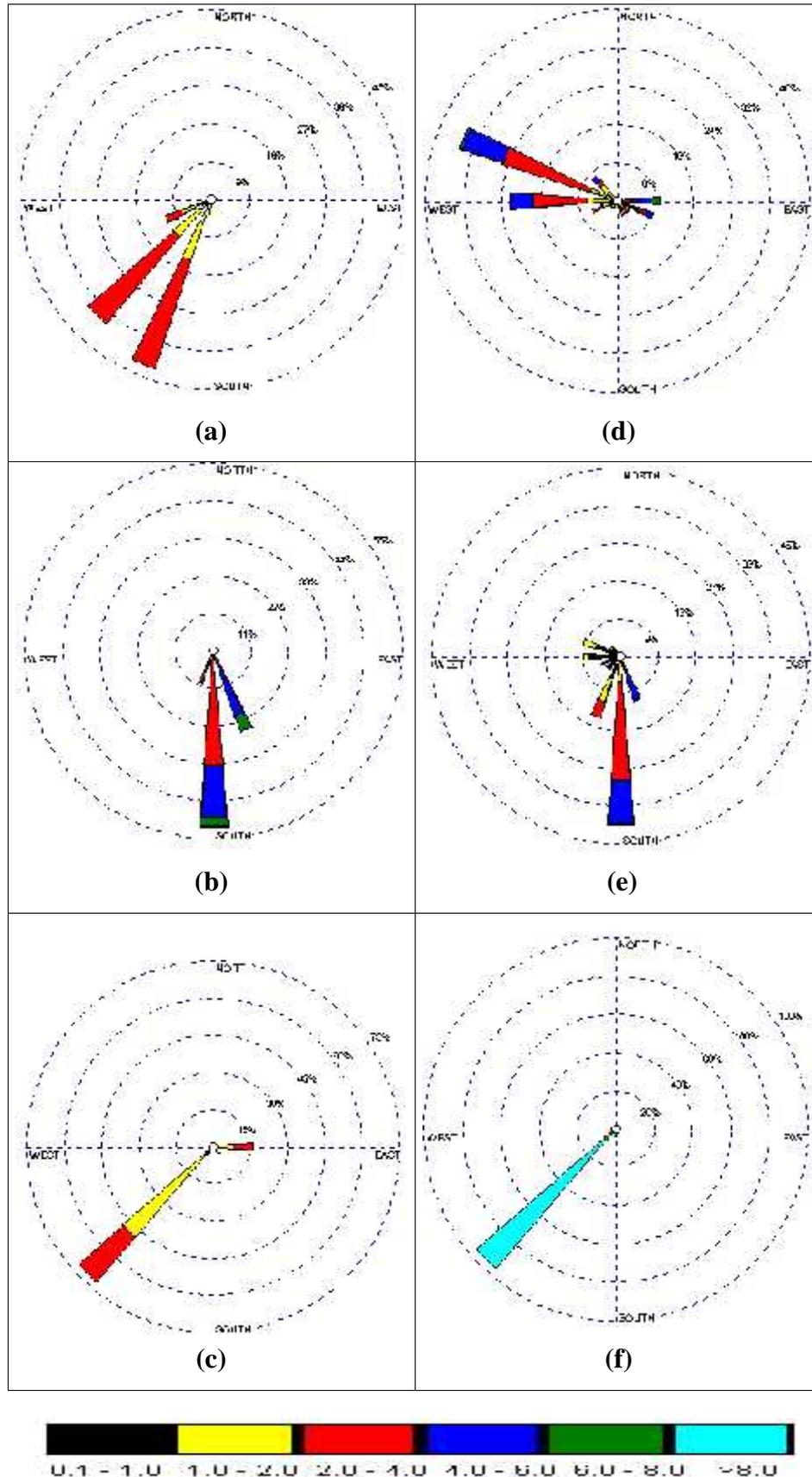


Fig. 8 – Rosas de viento (m/s) nocturnas de las estaciones de (a) Comas, (b) Callao, (c) Jesús María, (d) La Molina, (e) Santiago de Surco y (f) Chorrillos

5.2.3 Análisis de la temperatura y vientos en el perfil de la tropósfera de la costa central del Perú durante el mes de Octubre del 2004

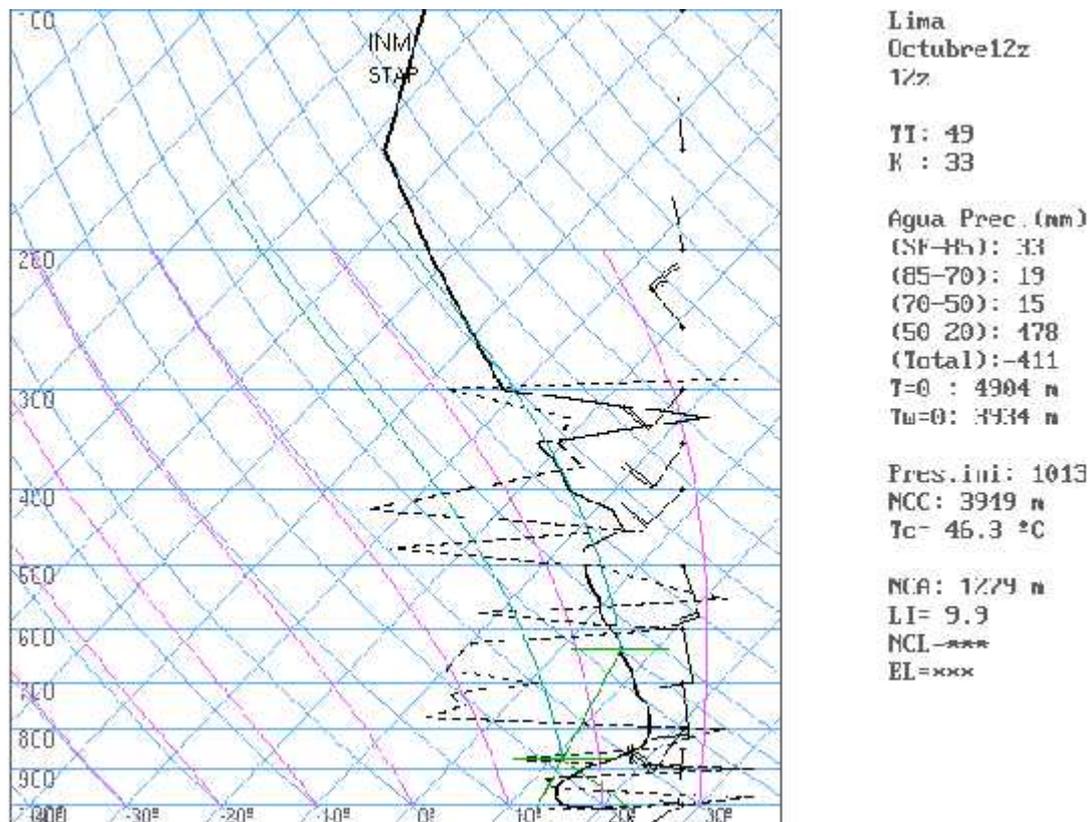


Fig. 9. - Radiosondaje mensual promedio durante el mes de Octubre del 2004 (Aeropuerto Internacional Jorge Chávez)

En la **figura 9** se muestra el sondaje meteorológico promedio para el mes de Octubre. Del análisis realizado, se observó que la capa de inversión térmica en la costa central de Perú estuvo presente durante los 26 días en que se realizaron observaciones, con características descritas en el **Cuadro N° 1**.

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

PARÁMETRO	UNIDAD	MÁXIMO		MÍNIMO		PROMEDIO
Espesor	metros	1254	día 12	385	día 26	675,2
Altura Base	Metros	1014	día 27	495	día 13	753,1
Altura Tope	Metros	1933	día 12	900	día 6	1428,3
T Base	° C	14,4	día 5	10,2	días 31,24	12,1
T Tope	° C	21,0	día 17	17,4	Días 25,26	19,5
Gradiente	°C / metros	3,5	día 27	0,5	día 12	1,2
H.R. Base	%	99	días 4,6,12,14 y17	67	día 7	96
H.R. Tope	%	67	día 25	2	Día312	36

Desde superficie hasta nivel de 500 hPa los vientos presentaron direcciones predominantes del Sur con intensidades hasta de 10 m/s. Entre los 500 hPa

y 300 hPa los vientos fueron de dirección SurOeste con intensidades de 15 a 20m/s; desde los 300 hPa hacia niveles superiores, los vientos fueron del NW con intensidades de 20 a 30 m/s.

Para el mes de Octubre, en promedio, la altura de la Base de la Inversión fue de 753,1m y su intensidad correspondió a 1,2°C. Los ligeros incrementos medios en los registros de temperatura propios de la estación primaveral propiciaron en términos generales condiciones regulares de calidad del aire para amplias áreas de la capital, con intensificación en las zonas críticas.

6. Conclusiones

Para el mes de Octubre, el análisis de la variación espacial de los Contaminantes Sólidos Sedimentables (CSS) en la Zona Metropolitana de Lima – Callao muestra la conformación de tres centros de altos niveles de concentración de éstos: El primero de ellos está ubicado al norte de la ciudad con un valor de 23,0 t/km²/mes; el segundo, ubicado hacia la zona centro-este, con un valor de 27,3 t/km²/mes y el tercero, hacia el cono sur, con el valor más alto del mes equivalente a 28,5 t/km²/mes; en parte de algunos distritos cercanos a la costa no sobrepasan el valor referencial.

De la evaluación realizada se señala que el 69,6% de las estaciones superaron el nivel referencial de la OMS equivalente a 5t/km²/mes.

Con respecto a las temperaturas y humedades relativas extremas promedio, los días más fríos del mes en la Zona Metropolitana de Lima-Callao fueron el 12 y el 13 con una media de 14,9°C, superior a los meses anteriores, mientras que el día más cálido correspondió al 24 de los corrientes con un valor medio de 21,7°C; sólo un día del mes (2 de octubre), la atmósfera de la capital estuvo saturada de humedad en términos relativos (97%).

En cuanto al comportamiento del viento superficial, durante el día (7:00 a 18:00 horas), éstos se presentaron desde débiles hacia el centro de la ciudad (Jesús María) con direcciones provenientes del SW y del W (57% y 13%), respectivamente con ocurrencia de calmas de 29%, hasta intensidades fuertes hacia el lado este (distrito de La Molina), con dirección WNW y W (54% y 39%); durante la noche, (19:00 a 6:00 horas) se registraron intensidades débiles hacia el norte (Collique), centro de la ciudad (Jesús María) y hacia la zona de Santiago de Surco (sur) con direcciones SSW y SW (41% y 30%), del SW y E (72% y 16%) y del S y SSW (41% y 16%), respectivamente hasta intensidades fuertes hacia el sur de la ciudad (distrito de Chorrillos) con frecuencia de 96% de dirección SW.

Para el mes de octubre, en promedio, la altura de la Base de la Inversión fue de 753,1 m y su intensidad correspondió a 1,2°C. Los ligeros incrementos medios en los registros de temperatura propios de la estación primaveral propiciaron en términos generales condiciones regulares de calidad del aire para amplias áreas de la capital, con intensificación en las zonas críticas.