

IV. EVALUACION DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES

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

Elaboración

Ing. José Silva Cotrina
Bach. Zarela Montoya Cabrera

Apoyo

Sr. José Luis Espíritu
Sr. César Valverde P.

4.1.1. Introducción

En base al potencial conocimiento de la importancia que poseen las áreas verdes para los habitantes de ciudades de vertiginoso crecimiento como es Lima-Callao, el presente Boletín dentro de sus actividades desarrolladas en el marco del monitoreo de la Calidad del Aire pretende contribuir a reforzar dicha importancia y a destacar su progresivo deterioro y/o pérdida en el transcurso de los últimos años.

Ciudades como Lima Metropolitana que experimentan un crecimiento urbano desordenado, informalidad en el uso de la tierra, falta de diferenciación de espacios interdistritales por cuestiones de tributación, intensos aportes de contaminantes de las actividades socioeconómicas, entre ellos el dióxido de carbono (CO_2 , gas de efecto invernadero), entre otros, dificultan la preservación y mantenimiento de las áreas verdes cuya presencia resulta imprescindible en la medida en que no sólo matizan de color y proporcionan recreación y descanso visual a sus habitantes, sino que proporcionan el oxígeno vital para los seres vivos y captan el CO_2 .

De acuerdo a Brack y Mendiola, *Perú Ecológico* - On Line (http://www.peruecologico.com.pe/lib_c19_t03.htm), las áreas verdes en las ciudades producen importantes beneficios tales como la fijación del polvo, el humo y la mitigación del ruido; el refresco del ambiente, porque con su sombra mitigan las altas temperaturas; la oxigenación del aire, la fijación del dióxido de carbono (CO_2); y el embellecimiento de las ciudades y reposo de la vista.

Según lo mencionado líneas arriba, son varias las razones por las que se debería velar por el cuidado y mantenimiento de las áreas verdes fundamentalmente en las ciudades; por ello, las Municipalidades tienen dentro de sus funciones disponer de una política de planificación y manejo adecuado de las áreas verdes que inicia desde la apropiada selección de especies con requerimientos hídricos moderados o con raíces que al crecer no afecten las tuberías de agua y desagüe y destruyan las pistas y veredas. Así, distritos de carácter residencial como son La Molina, Santiago de Surco, Miraflores, San Miguel, entre otros, han optado por una política de arborización que va desde la creación de viveros donde se siembran miles de almácigos de árboles que luego son transplantados a parques y bermas en reemplazo de otros no apropiados, la recuperación de terrenos

inhabilitados hasta los permanentes cuidados como riego, resiembra y poda de árboles y césped. Ver **figura 1**.



Fuente: Extraído de : [DISICMA,2002](#)

Fuente: Extraído de: [DISICMA,2003](#)

Subd. áreas verdes de la Mun. de Miraflores

Figura 1. Estado de Conservación de parques de la Z. M. De Lima-Callao

De ahí, que mientras algunos distritos tienen dentro de sus planes de gobierno convertirse justificadamente en un *distrito ecológico*, la mayoría de las veces cuando el rubro áreas verdes es visto de una manera aislada dentro de la política presupuestaria de los gobiernos locales, es la primera partida que suele reducirse cuando los recursos financieros son escasos, así por ejemplo se traduce en la reducción de la frecuencia de riego, compra de abonos, fertilizantes, resiembra y diversificación de plantas, etc.

De acuerdo al Instituto Nacional de la Protección del Medio Ambiente para la Salud (INAPMAS/CONAM -On Line), las causas de la pérdida paulatina de áreas verdes en la ciudad pueden atribuirse a lo siguiente:

- a. Falta de coordinación entre las Municipalidades distritales y la Municipalidad de Lima Metropolitana para establecer un plan de manejo integral de áreas verdes.
- b. Carencia de estudios ambientales referidos a áreas verdes en gran parte de los Municipios de Lima y Callao.
- c. Restricciones en la disponibilidad de agua para el mantenimiento de los parques, dado que se usa agua potable, la cual es relativamente escasa. A ello se suman las técnicas inadecuadas de riego y el uso de plantas intensivas en consumo de agua.
- d. Falta de conocimiento de la población de la legislación y disposiciones municipales sobre áreas verdes.

A ello se suma la falta de voluntad de los dos Municipios provinciales para elaborar las propuestas correspondientes dirigidas a declarar la intangibilidad como áreas verdes la poca área agrícola que queda en tres valles (Chillón, Rímac y Lurín) como últimos pulmones de la Z.M. de Lima-Callao.

Los distritos ubicados en los conos de la capital son los que concentran en su mayor parte áreas ambientalmente críticas; en cada uno de ellos se pueden identificar expresamente áreas de acumulación de residuos sólidos, congestión vehicular, focos industriales con importantes aportes contaminantes a la atmósfera, y aquellas con mayor déficit de áreas verdes. La prevalencia de necesidades de otra índole no permite valorar la necesidad de la existencia y mantenimiento de las áreas verdes dentro del perímetro urbano como en el entorno, de ahí que los problemas en la recaudación de impuestos se traduce en una rebaja de la partida para el rubro áreas verdes. No es posible comprender que los pobladores urbanos necesitan áreas para el esparcimiento y la recreación a la par que se purifica el ambiente. La situación se complica si el 80 o 90% de lo recaudado se destina a la atención de las planillas y gastos corrientes.

Publicaciones del diario Expreso (2004), refiere que de los tres valles que Lima tenía originalmente como son el Chillón, Rímac y Lurín, sólo este último se conserva, a pesar de haber perdido, 1,300 ha de las 6,000 ha que originalmente tenía, las mismas que son consideradas como tierras para agricultura intensiva, ello por la instalación paulatina de industrias que aprovechan la cercanía a la capital.

Tal situación ocurrió en el valle del Chillón, donde existían 18,000 ha verdes y ahora sólo quedan 5,000; así también en el valle del Rímac, donde de 15,000 hectáreas sólo quedan 1,500 de áreas verdes.

Se sabe que la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda que por cada persona debe haber 8 m² de área verde, cuando en Lima sólo hay un metro cuadrado de vegetación por poblador (El Comercio, On Line – 2004 <http://www.concytec.gob.pe/redperiodistaspe/noticias/comercio14may6.htm>). Por esta razón, y por la casi imposibilidad de ampliar las áreas verdes debido a deficiencias presupuestarias, se hace énfasis en salvar con leyes de intangibilidad la escasa área agrícola de los tres valles (Chillón, Rímac y Lurín).

4.1.2. 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 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:

CUENCA DEL RÍO CHILLON

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:

M. De Ancón: Distrito de Ancón

M. De Carabayllo: Distrito de Carabayllo

M. De Collique: Distrito de Comas

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

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 setiembre 2004.

4.1.3 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 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.

B) Contaminantes Gaseosos

La evaluación mensual de los gases contaminantes del aire (CO, SO₂ y O₃) 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.

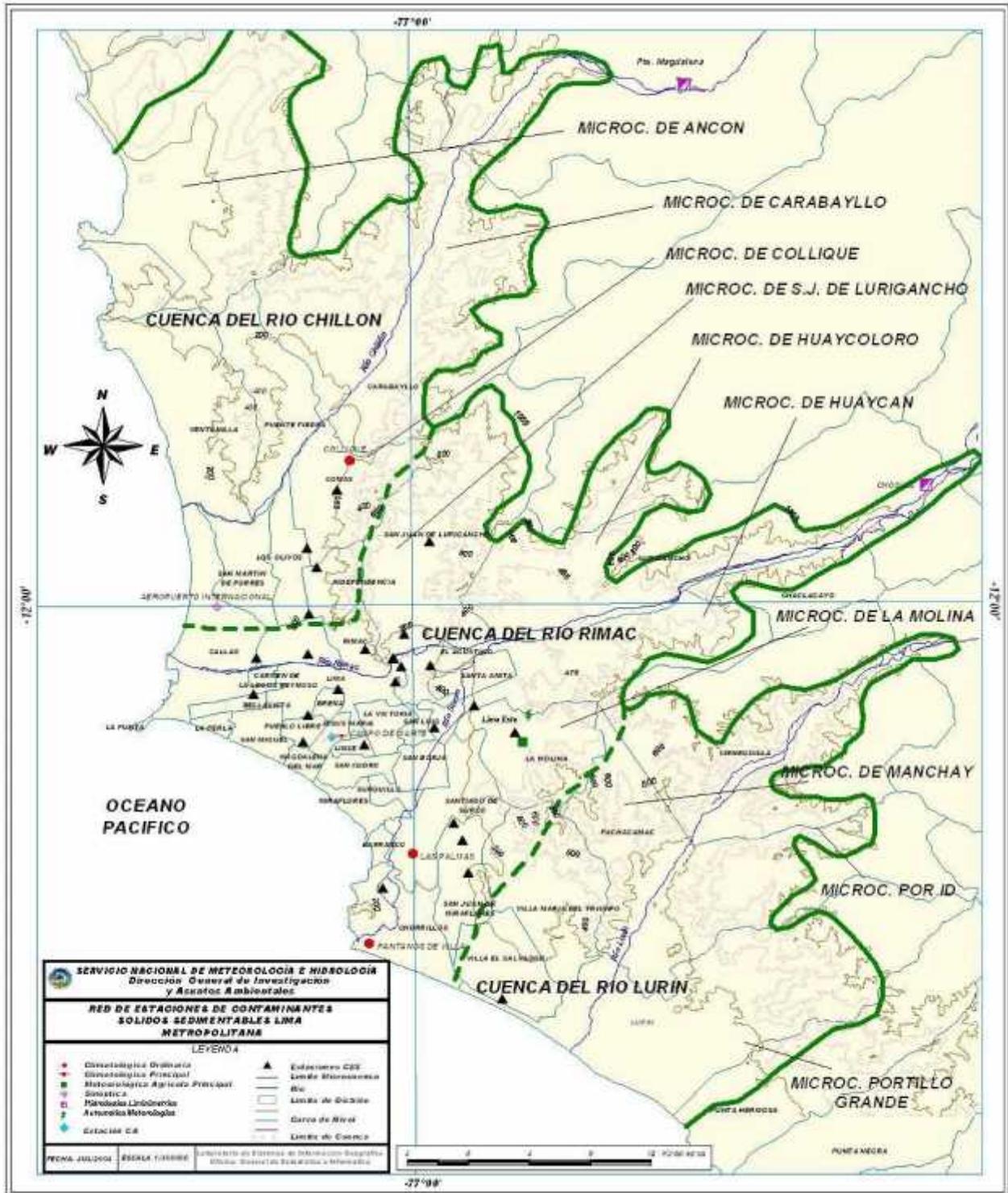


Fig. 2 - Red de estaciones meteorológicas y de contaminantes sólidos sedimentables en la Zona Metropolitana de Lima-Callao

4.1.4 Resultados del Monitoreo Ambiental

4.1.4.1 Distribución espacial de contaminantes sólidos sedimentables durante el mes de Setiembre 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 22 estaciones de muestreo, de las cuales el 68% (15 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 20,3 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 importante abarca el cono centro-este (Cuenca del río Rímac) y comprende los distritos de San Juan de Lurigancho, Lurigancho, Chaclacayo, Ate-Vitarte, Santa Anita, el Agustino, y el Cercado (lado este) con un núcleo ubicado al frente de la Fundición MEPSA con valor de 18,2 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 (Cuenca del río Lurín) abarca los distritos de Villa el Salvador, Villa María del Triunfo, con núcleo en éste último que se constituye en el valor más alto del mes equivalente a 21 t/km²/mes, configurado por la contribución de fuentes locales (empresas aledañas como Cementos Lima) y los aportes de los vientos ya descritos que la extienden hacia la zona este, Pachacámac.

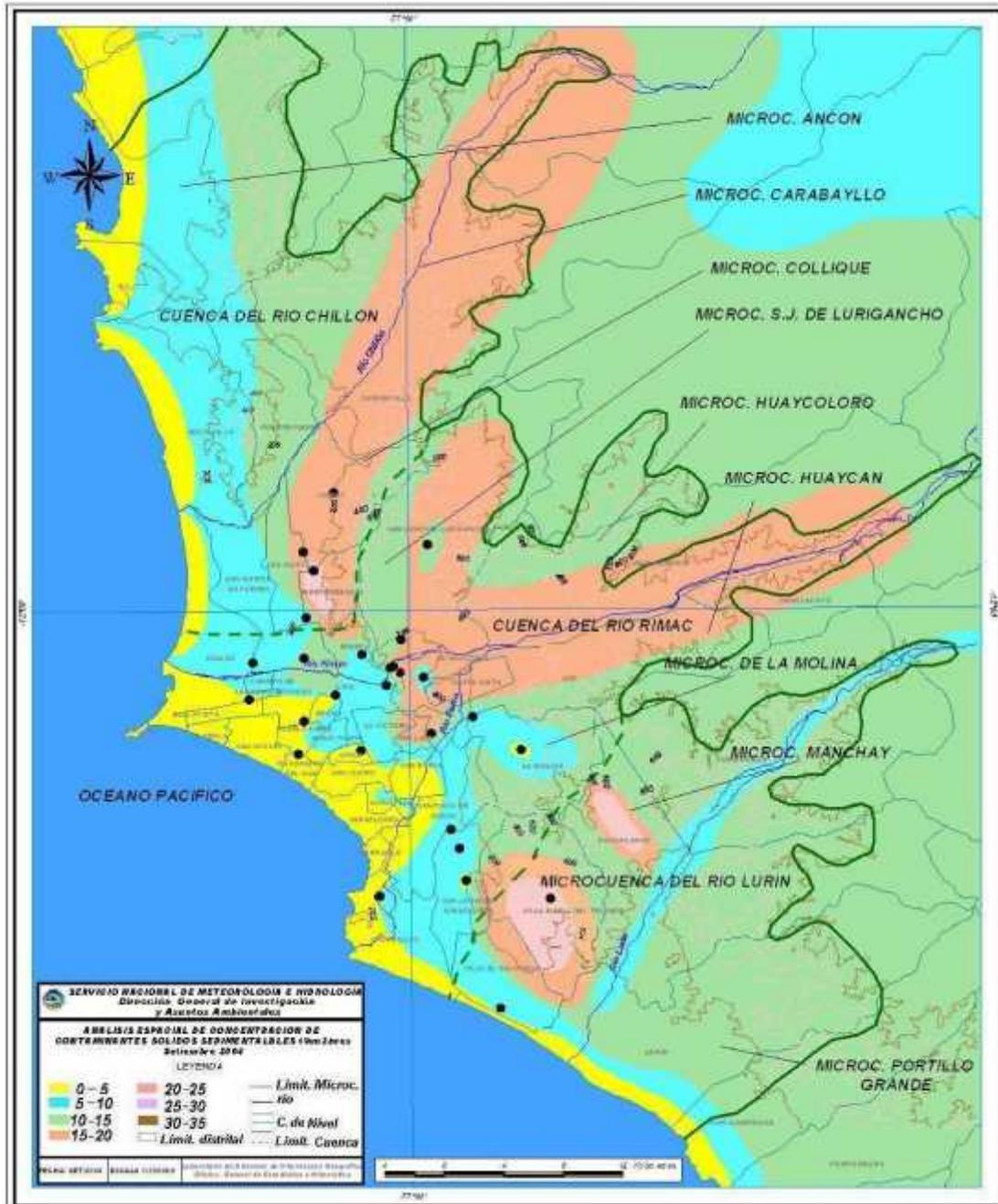


Fig.4 - Distribución espacial de la concentración de sólidos sedimentables en Lima-Callao durante el mes de Setiembre del 2004

4.1.4.2 Condiciones meteorológicas durante el mes de Setiembre del 2004

Para el presente mes, el análisis de las condiciones meteorológicas horarias y diarias para la Zona Metropolitana de 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 climatológica 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**.

A. Análisis de Temperatura y Humedad Relativa

- Del análisis puntual de variación temporal diaria de la temperatura (°C) y humedad relativa (%) extremas se observa lo siguiente: Los valores de la temperatura máxima fluctuaron de 14,3°C (La Molina) a 23,1°C (Comas) y la mínima de 12,9°C (La Molina) a 17°C en el Callao, registros superiores al mes anterior; mientras que las humedades relativas, la máxima fluctuó entre 83% (Callao) a 100% (Comas, Callao, La Molina y Surco), mientras que la mínima osciló entre 66% (Surco) a 94% en Chorrillos (ver **figuras 5 y 6a,b**). Setiembre es un mes de transición porque da paso al inicio de la estación de primavera cuyas características van delineando y configurando progresivamente la estación de verano; durante la primera quincena se presentaron finas garúas en horas de la noche, las mismas que ha ido disminuyendo paulatinamente; los días se han presentado de nublados parciales a despejados con brillo solar .
- Con respecto al análisis horario de la información, los valores mínimos de la temperatura del aire se registraron de manera predominante entre las 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 6:00 am; similar comportamiento se presentó en las mínimas con registros entre las 12:00 y 16:00 pm.
- El análisis de las temperaturas mínimas de 6 estaciones meteorológicas, permitió establecer que los días más fríos del mes en la Zona Metropolitana de Lima-Callao se comprendieron dentro de la primera quincena siendo los días 1 y 13 de setiembre con un valor promedio de 14,5°C. Asimismo, los registros de humedad relativa promedio señalan que de los 30 días del mes, en 7 de ellos (9,12,13,14,23, 25 y 26), la atmósfera de Lima-Callao estuvo saturada de humedad, con valores iguales o mayores a 98%, con presencia de finas garúas durante la primera quincena que siguieron a las presentadas en el mes anterior.

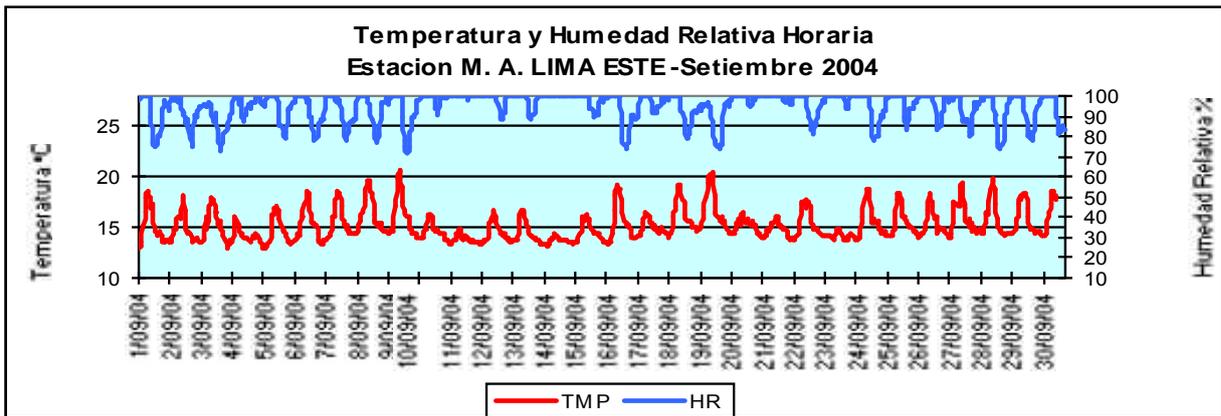
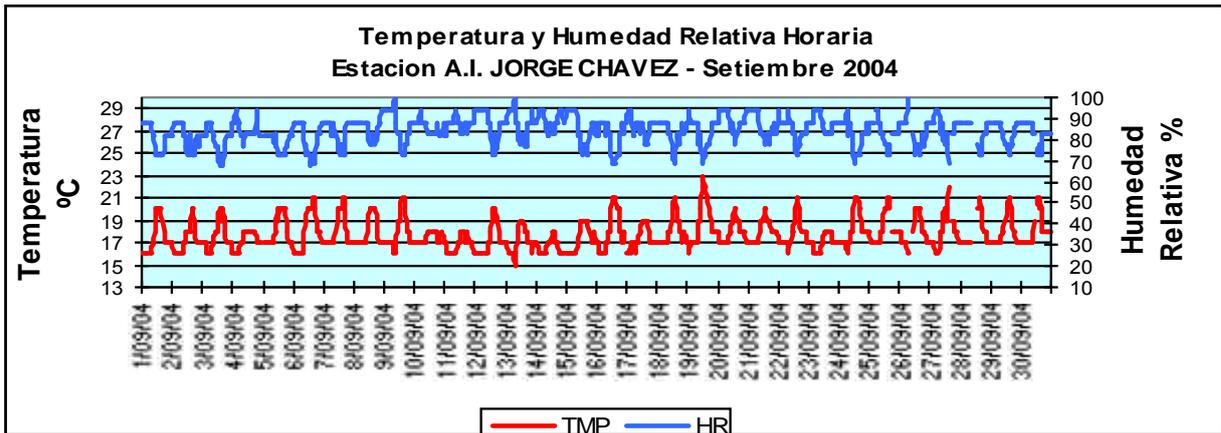


Fig.5 .- Variación horaria de la temperatura y humedad relativa durante el mes de Setiembre del 2004 en el Callao y La Molina

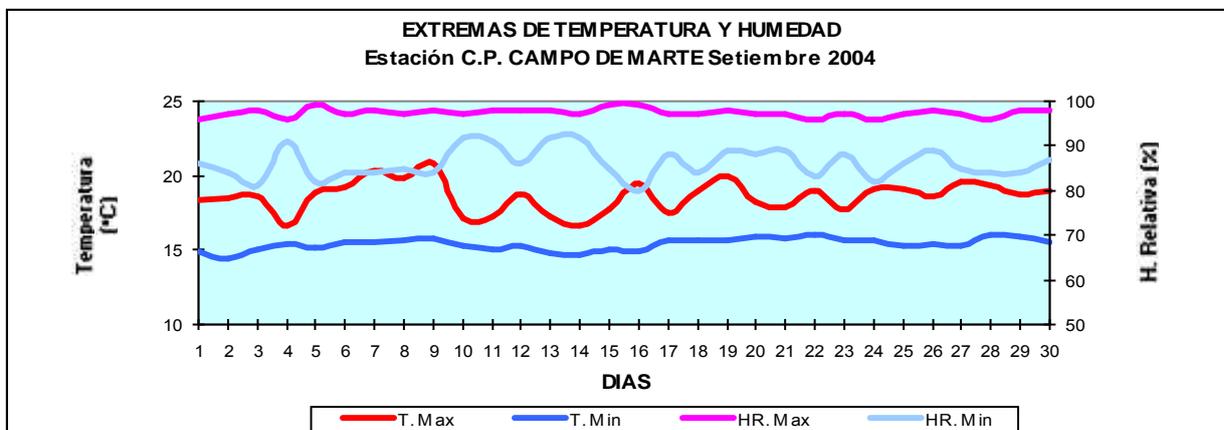
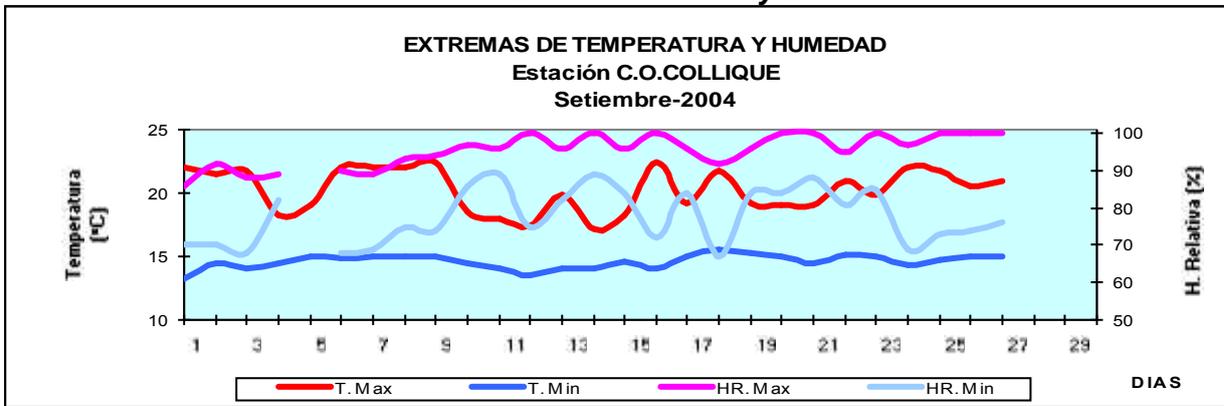


Fig.6a .- Variación diaria de la temperatura y humedad relativa durante el mes de Setiembre del 2004 en Comas y Jesús María

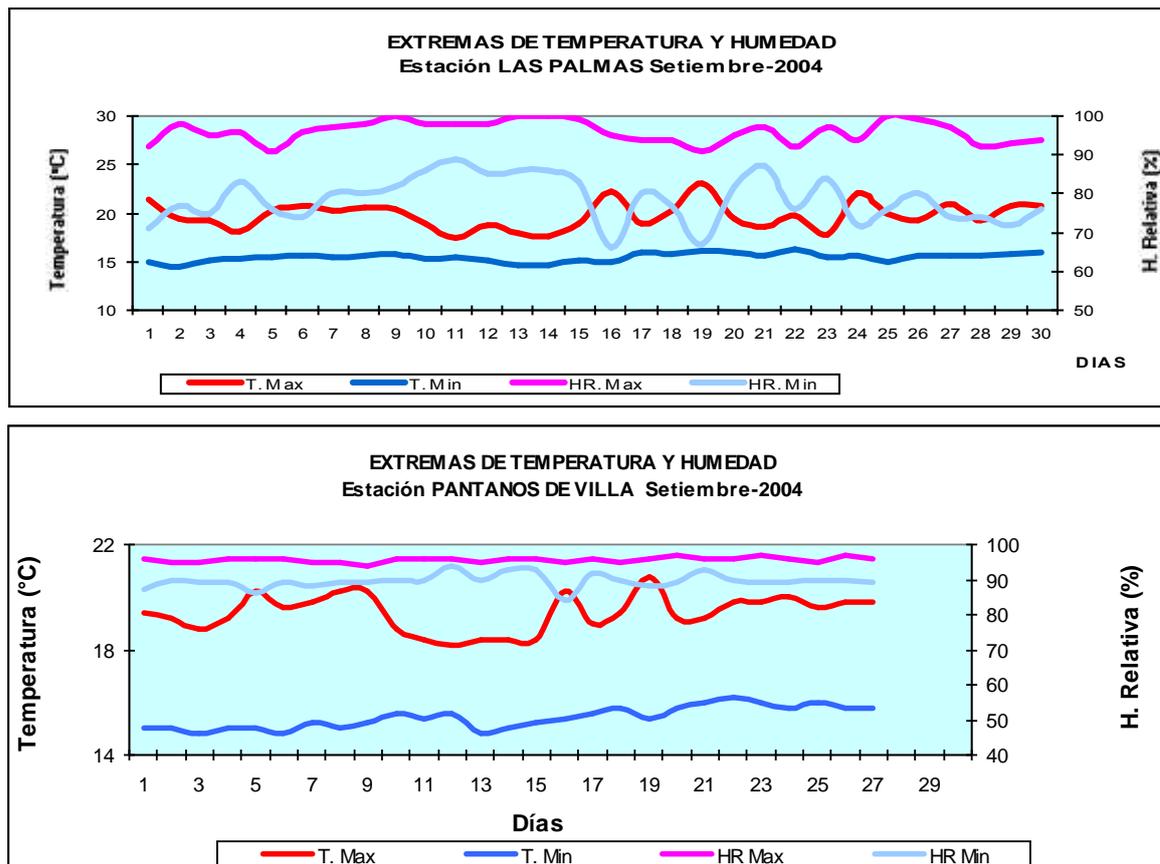


Fig.6b .- Variación diaria de la temperatura y humedad relativa extremas durante el mes de Setiembre del 2004 en Santiago de Surco y Chorrillos

B. Análisis del viento superficial en la Zona Metropolitana de Lima-Callao durante el mes de Setiembre 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 norte (Comas) y centro (Jesús María) de la ciudad, los vientos se presentaron débiles (<2,2m/s) con direcciones provenientes del SW (22%) con ocurrencia de calmas de 56%, y del SW (56%) con frecuencia de calmas de 33%, respectivamente. Intensidades débiles a moderadas (2,7m/s) se presentaron hacia el sur (Surco) con dirección S (17%) y ocurrencia de calmas de 56%. Hacia el litoral costero (Callao), este (La Molina) y sur (Chorrillos) de la ciudad las intensidades de viento fueron moderadas (alrededor de 4m/s) con direcciones provenientes del S y N (28 y 24%), WNW Y W (45 y 33%) y del SW y S (57 y 33%), respectivamente.
- Durante la noche (19:00 a 6:00 horas) se registraron intensidades débiles hacia el norte (Collique) y centro de la ciudad (Jesús María) con direcciones SSW y SW (41 y 30%) y del S y E (50 y 21%), respectivamente. En las estaciones ubicadas hacia el litoral costero (Callao), este (La Molina) y sur de la ciudad (Surco), los vientos presentaron intensidades moderadas con direcciones provenientes del S y N (38 y 28%), WNW y W (36 y 24%) y del SSE y S (32 y 20%). En la

estación ubicada en el distrito de Chorrillos se presentaron intensidades fuertes (<math><6\text{m/s}</math>) con dirección SW.

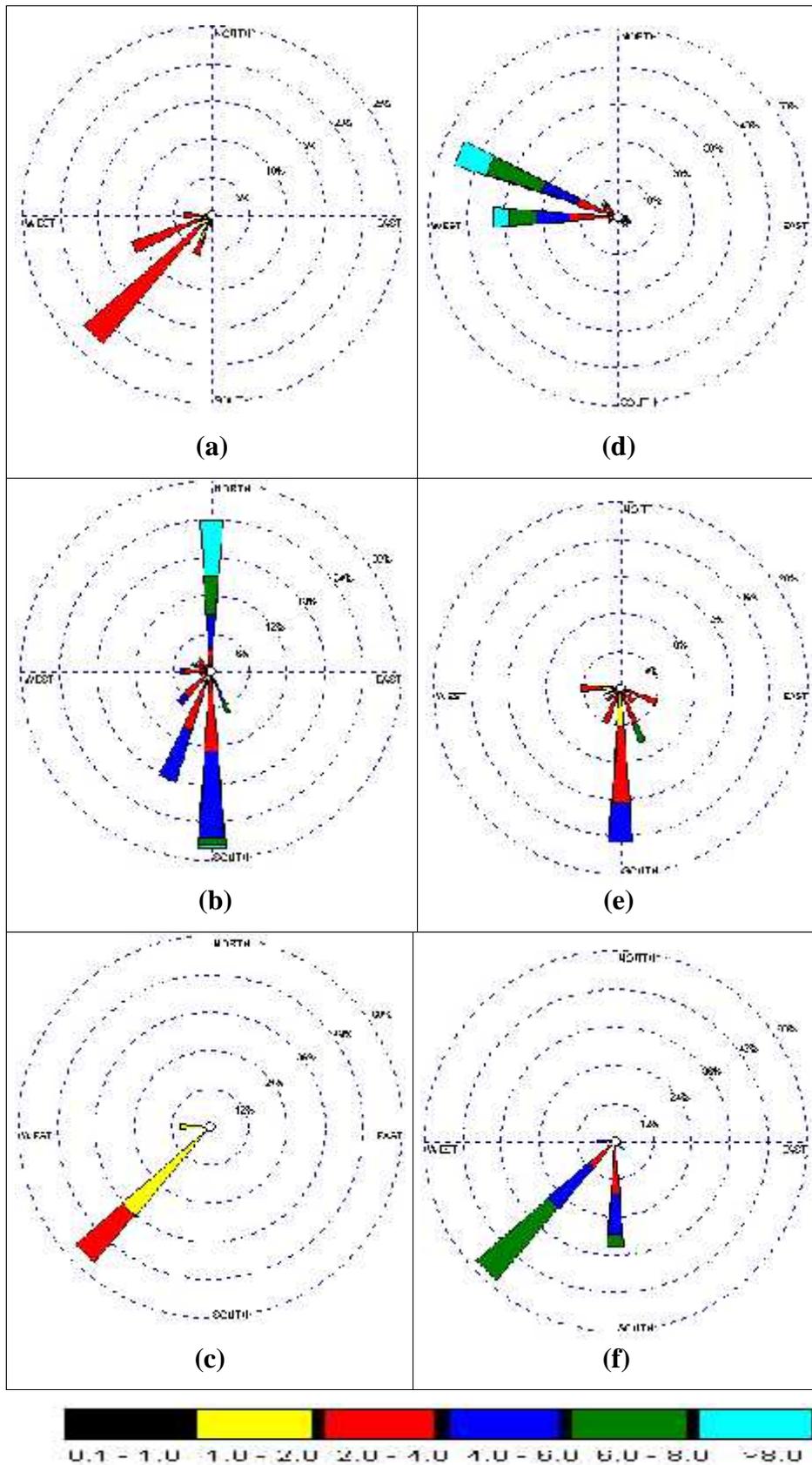


Fig.7 – Rosas de viento (m/s) diurnas de las estaciones de (a) Comas, (b) Callao, (c) Jesús María, (d) La Molina, (e) Santiago de Surco y (f) Chorrillos

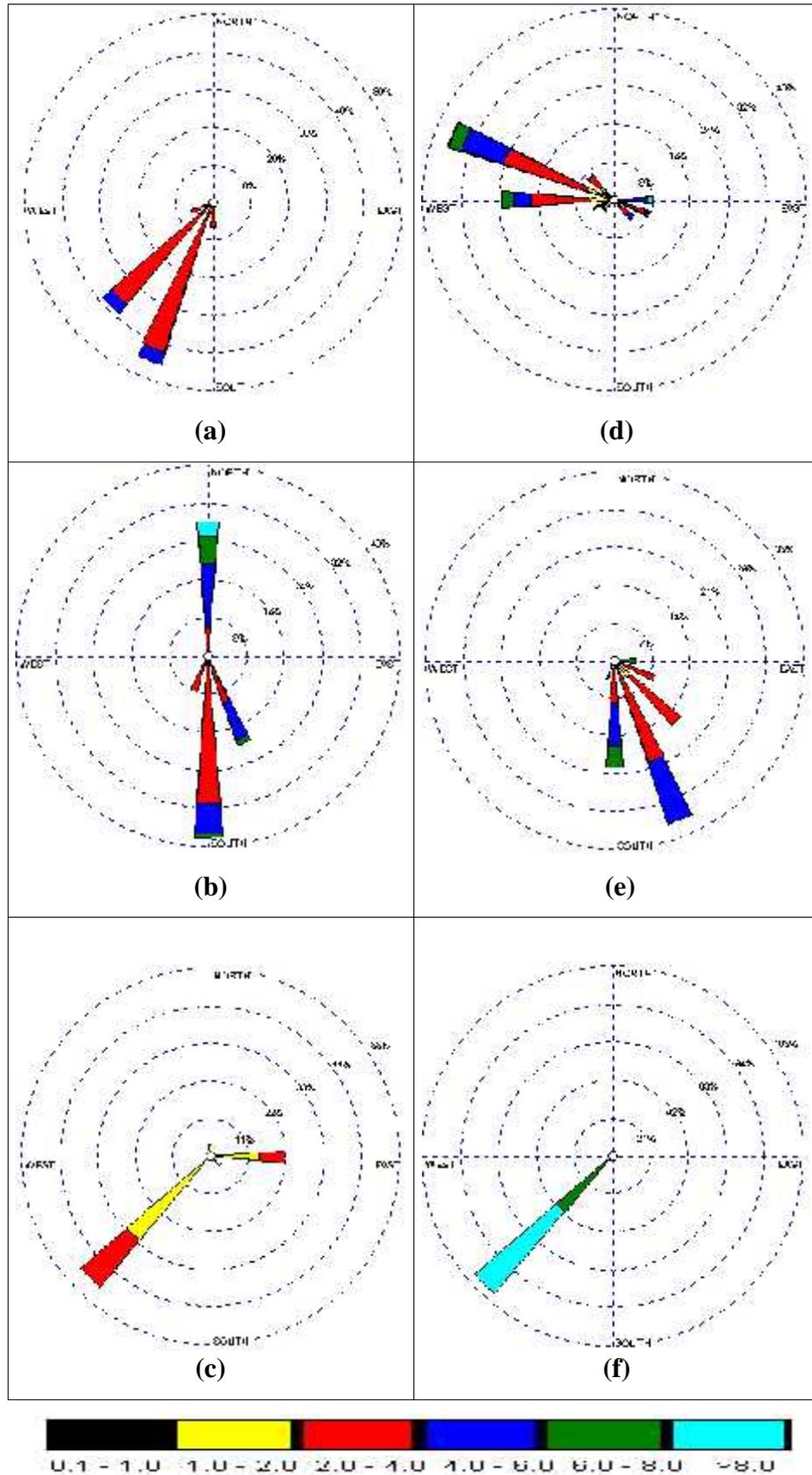


Fig. 8 – Rosas de viento (m/s) nocturnas de las estaciones de (a) Comas, (b) Callao, (c) Jesús María, (d) La Molina, (e) Santiago de Surco y (f) Chorrillos

C. Análisis de la temperatura y vientos en el perfil de la tropósfera de la costa central del Perú durante el mes de Setiembre del 2004

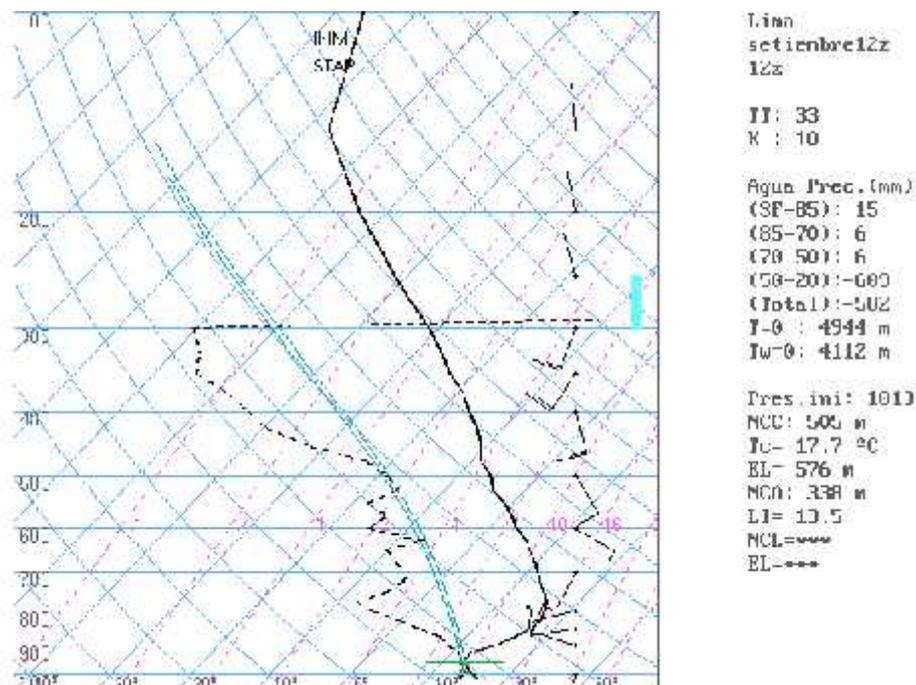


Fig. 9. - Radiosondaje mensual promedio durante el mes de Setiembre del 2004 (Aeropuerto Internacional Jorge Chávez)

En la **figura 9** se muestra el sondaje meteorológico promedio para el mes de setiembre. Del análisis realizado, se observó que la capa de inversión térmica en la costa central de Perú estuvo presente durante los 25 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	1338	día 17	112	día 10	542
Altura Base	metros	1496	día 25	631	día 18	948
Altura Tope	metros	2131	día 17	978	día 29	1491
T Base	° C	15,8	día 19	10,6	día 3	13,0
T Tope	° C	21,0	día 21	15,4	día 6	18,1
Gradiente	°C / metros	3,4	día 10	0,2	día 19	1,2
H.R. Base	%	99	días 6,27	87	día 7	96
H.R. Tope	%	81	día 6	2	día 2	36

Desde superficie hasta nivel de 700 hPa los vientos presentaron direcciones variables desde WNW hasta SW con intensidades hasta de 10 m/s. Entre los 600 hPa y 400 hPa las direcciones fluctuaron hacia SE con intensidades de 15 m/s; en 300 hPa fueron del SW y hacia niveles superiores, los vientos fueron del SSE.

Para el mes de setiembre, en promedio, la altura de la Base de la Inversión fue de 948 m y su intensidad correspondió a 1,2°C. La presencia de garúas principalmente durante la primera quincena y los ligeros incrementos medios en los registros de temperatura propios de la llegada de la estación primaveral propiciaron en términos generales condiciones muy relativamente de buena calidad del aire para amplias áreas de la capital, con excepción de las zonas críticas.

4.1.5 Conclusiones

Para el mes de setiembre, el análisis de la variación espacial de los Contaminantes Sólidos Sedimentables (CSS) en la Zona Metropolitana de Lima – Callao muestra la persistencia de tres centros de altos niveles de concentración de sólidos sedimentables: El primero de ellos está ubicado al norte de la ciudad con un valor de 20,3 t/km²/mes; el segundo, ubicado hacia la zona centro-este, con un valor de 18,2 t/km²/mes y el tercero, hacia el cono sur, con el valor más alto del mes equivalente a 21 t/km²/mes; con excepción de la estrecha franja paralela a la costa y de parte de algunos distritos residenciales, todos los distritos sobrepasan el valor referencial.

De la evaluación realizada se señala que el 68% de las estaciones superaron el nivel referencial establecido por la OMS equivalente a 5t/km²/mes.

Del análisis de las temperaturas y humedades relativas extremas promedio de las estaciones meteorológicas ya señaladas, se indica que el 1 y 13 fueron los días más fríos del mes en la Zona Metropolitana de Lima-Callao con una media de 14,5°C, superior a la del mes anterior; asimismo, en 7 de los días analizados (9,12,13,14,23, 25 y 26) la atmósfera de la capital estuvo saturada de humedad (>=98%).

Con respecto al comportamiento de los vientos de superficie, en horas de la mañana hacia el centro (Jesús María) y sur de la ciudad (Surco) se reportaron vientos débiles con dirección predominante del SW (22 y 56%) y calmas al 56% y 33%, en ambos casos respectivamente. Intensidades moderadas se registraron hacia el litoral costero (Callao), este (La Molina) y sur (Chorrillos) con direcciones principalmente del S (28%), WNW (45%) y del SW (57%), respectivamente. En horas de la noche, se reportaron intensidades que fueron desde débiles hacia el norte (Collique) y centro de la ciudad (Jesús María) con direcciones predominantes del SSW (41%) y S (50%), respectivamente a fuertes hacia el sur (Chorrillos) con dirección SW.

Para este mes, en promedio, la altura de la Base de la Inversión (948 m), su intensidad de 1,2°C, la presencia de garúas principalmente durante la primera quincena y los ligeros incrementos medios en los registros de temperatura propios de la llegada de la estación primaveral propiciaron en términos generales condiciones muy relativamente de buena calidad del aire para amplias áreas de la capital, con excepción de las zonas críticas, en donde pese a los diagnósticos emitidos y la falta de implementación de medidas de mitigación, el deterioro ambiental va en aumento.

4.2 EVALUACION Y PRONOSTICO DE LA RADIACION ULTRAVIOLETA – B EN LAS CIUDADES DE LIMA Y AREQUIPA SETIEMBRE - OCTUBRE 2004

Elaboración

Ing. Orlando Ccora Tuya

Apoyo

Tco3.Juan Quenaya T.

Tco. Roberto Reyes M.

4.2.1. INTRODUCCION

A la fecha existen dos grandes problemas globales identificados como de alto riesgo; el efecto invernadero y el deterioro de la capa de ozono, representando ambos graves problemas para la salud mundial. Este último está relacionado directamente con el incremento de la incidencia de la radiación ultravioleta.

En relación a ello, el SENAMHI a través de la Dirección General de Investigación y Asuntos Ambientales viene monitoreando el comportamiento temporal de la radiación ultravioleta-B en las ciudades de Lima y Arequipa a fin de pronosticar los índices IUV, los cuales serán difundidos a la población con la finalidad de promover en ellos una adecuada exposición al sol a fin de minimizar sus efectos dañinos.

4.2.2 GENERALIDADES

La radiación solar es un importante factor natural porque moldea el clima de la tierra y tiene una influencia significativa sobre el medio ambiente. La componente ultravioleta del espectro solar (UV) juega un papel muy importante en varios procesos de la biósfera. Tiene varios efectos beneficiosos pero también puede ser muy dañina si se exceden ciertos límites de seguridad; si la cantidad de radiación ultravioleta UV es elevada se agotan los mecanismos de autoprotección de algunas especies biológicas y sus organismos pueden resultar seriamente dañados, ésto también afecta al organismo humano, en particular a la piel y a los ojos. Para evitar el daño producido por las elevadas exposiciones al UV, tanto agudo como crónico, las personas deben limitar su exposición a la radiación solar utilizando medidas protectoras.

Todas las personas, independientemente de su raza o etnia, son susceptibles a los efectos nocivos de la excesiva exposición al sol. Las personas con piel oscura tienen una mayor protección natural contra la quemadura solar que las de piel clara pero son igualmente sensibles a los efectos nocivos de la sobreexposición solar, incluido el cáncer de piel.

4.2.2.1 CLASIFICACION DE LA RADIACION ULTRAVIOLETA

La radiación ultravioleta se divide en 3 subregiones según la longitud de onda medida en nanómetros (nm), el cual equivale a un millonésimo de milímetro. Cuanto mas corta sea la longitud de onda, mayor energía tendrá la radiación.

Estas subregiones de radiación UV (*) son:

- UV-A, entre 320 y 400 nm. Es la menos nociva y la que llega en mayor cantidad a la tierra. Casi todos los rayos UV-A pasan a través de la capa de ozono. Atraviesan la capa córnea, la epidermis y llegan hasta la dermis.
- UV-B, entre 280 y 320 nm. Puede ser muy nociva. La capa de ozono absorbe la mayor parte de los rayos UV-B provenientes del sol. Sin embargo, el actual deterioro de la capa de ozono aumenta la amenaza de este tipo de radiación. Atraviesan la piel en su capa externa o capa córnea, llegando hasta la epidermis.
- UV-C, entre 200 y 280 nm. Es la más nociva debido a su gran energía. Afortunadamente, el oxígeno y el ozono de la estratosfera absorben todos estos rayos UV-C. Por lo general no llega a la superficie terrestre, pero hay lugares del planeta, donde a consecuencia de la contaminación, esta protección natural ya no ofrece garantías.

4.2.2.2 INDICE DE RADIACION ULTRAVIOLETA (IUV)

La necesidad de proporcionar al público una información de fácil comprensión sobre el UV y sus posibles efectos perjudiciales, ha llevado a los científicos a definir un parámetro que pueda utilizarse como un indicador de las exposiciones a la radiación UV. Este parámetro se denomina Índice UV y está relacionado con los bien conocidos efectos eritemáticos de la radiación solar UV sobre la piel humana, ha sido definido y normalizado bajo la supervisión de diversas instituciones internacionales tales como la OMM, OMS y UNEP.

El Índice UV (IUV) aparece ya en muchos informes y predicciones meteorológicas operacionales. En Europa por ejemplo, hay más de una docena de centros de predicción que difunden valores estimados del IUV para sus países o áreas regionales.

La siguiente escala presenta los valores del Índice UV (**Cuadro N°1**), los cuales se definen en una escala de 0 a 16+ y el nivel de riesgo correspondiente. El nivel de riesgo tiene que ver con la cantidad de radiación ultravioleta que se recibe en la superficie de la tierra. Esta radiación ha sido dividida en seis niveles de riesgo (Mínimo, Bajo, Moderado, Alto, Muy Alto y Extremo) de acuerdo con recomendaciones efectuadas por las instituciones dermatológicas.

(*) Extraído del Instituto de Geofísica/ Universidad Autónoma de México
Publicación N°01/ Abril del 2001

Cuadro N°1. Valores del Índice UV

Valor del Índice	Nivel de Riesgo
0 – 3	Mínimo
4 – 5	Bajo
6 – 8	Moderado
9 – 12	Alto
13-16	Muy Alto
16+	Extremo

4.2.2.3 MINIMA DOSIS DE ERITEMA (MED'S)

La Dosis Eritemática Mínima, denominada MED, es la energía media del sol, dentro del espectro UV-B que empieza a producir enrojecimiento de la piel si no cuenta con protección.

4.2.2.4 TIPOS DE PIEL

La piel del ser humano se divide en seis tipos según la intensidad de su pigmentación. Dependiendo del valor del Índice UV y de nuestro tipo de piel, la luz solar tardará mas o menos tiempo en dañar la piel de forma aguda provocando su enrojecimiento (quemadura).

A continuación se presentan los tipos de piel y su respuesta a la exposición solar.

Cuadro N°2. Tipos de piel y respuesta a la exposición solar

Tipos de Piel	Descripción	Respuesta a la Exposición Solar
I	Piel blanca con pecas.	Siempre se quema fácilmente. Nunca se broncea
II	Piel blanca	Siempre se quema fácilmente. Puede broncearse pero mínimamente
III	Trigueño Claro	Puede quemarse, pero será moderada. Puede broncearse gradualmente
IV	Trigueño	Puede quemarse, pero será mínima. Siempre se broncea.
V	Morenos	Muy rara vez se queman. Se broncea muy fácil.
VI	Negros	Nunca se quema. Se broncea profundamente.

FUENTE: Universidad Santiago de Compostela-España/Grupo de Física Non Lineal
Disponible en <http://meteo.usc.es/castellano/informacion>

4.2.2.5 INDICES UV-B CALCULADOS CON SUS RESPECTIVOS TIEMPOS DE EXPOSICION A LOS RAYOS SOLARES SEGÚN TIPO DE PIEL (Cuadro N°3).

Cuadro N°3

Indice UV	Piel I y II	Piel III y IV	Piel V y VI	
0				
1	MINIMO	MED > 1 hora	MED > 2 horas	
2				
3				
4	BAJO	MED 40 min	MED > 1 hora	
5				
6	MODERADO	MED 25 min	MED 40 min	
7				
8				
9	ALTO	MED 15-20 min	MED 25-30 min	
10				
11				
12	MUY ALTO	MED 10-15 min	MED 15-20 min	
13-16				
16+	EXTREMO	MED < 10min	MED < 15 min	MED < 20 min

Quemadura solar: Tiempo requerido para quemarse sin protección (MED)

4.2.2.6 CALCULO DEL INDICE UV (IUV)

Para el cálculo del IUV se ha utilizado la información proveniente de los sensores de radiación ultravioleta-B, UV-Biometer Solar Light Modelo 501, instalados en las ciudades de Lima y Arequipa, a 112 y 2,450 m.s.n.m., respectivamente.

Asimismo se ha utilizado la información de la posición del sol en las diferentes épocas del año, la información de la concentración de ozono total para nuestras latitudes obtenido por un equipo denominado Espectrofotómetro Dobson, el cual se encuentra instalado en la Estación de Vigilancia Atmosférica Global de Marcapomacocha, ubicado en el distrito del mismo nombre, provincia de Yauli, departamento de Junín a una altitud de 4,479 metros sobre el nivel del mar, contrastado también por el sensor TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer) de la NASA (Administración Nacional de Aeronáutica y el

Espacio) de los Estados Unidos y el tiempo solar verdadero hacia el mediodía solar (el cual no coincide exactamente con el mediodía convencional) para saber la hora de máxima radiación.

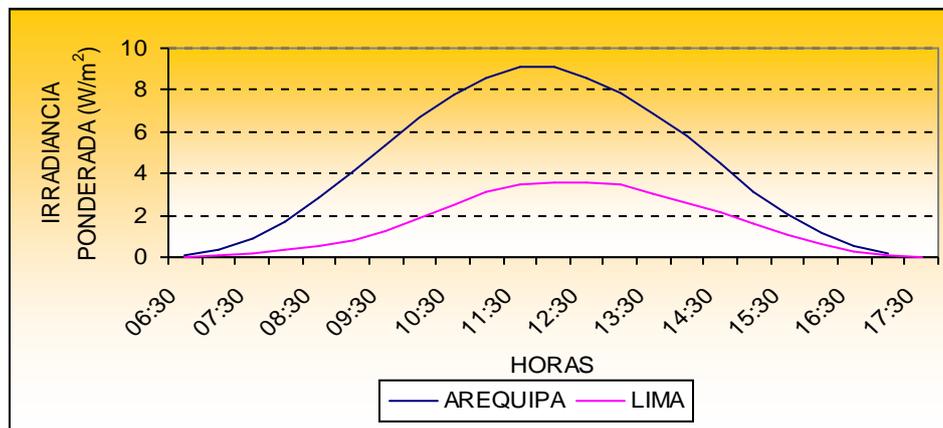
4.2.3. RESULTADOS

4.2.3.1 VARIACION HORARIA DE LA RADIACION UV-B

En el **gráfico N°1** se aprecia la distribución temporal (horaria promedio) de la radiación ultravioleta, en términos de irradiancia ponderada y expresados en w/m^2 , durante el mes de setiembre del presente año para las ciudades de Lima y Arequipa.

Los mayores niveles de irradiancia se registraron en la ciudad de Arequipa con valores de hasta $9.069 w/m^2$, mientras que en Lima fue de $3.062 w/m^2$. Ambos máximos se presentaron al mediodía.

GRAFICO N°1 VARIACIÓN HORARIA DE LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA - B



Cabe mencionar que uno de los grandes factores que influyen en la intensidad de la radiación solar ultravioleta es la altitud.

Ciudades que se encuentren a mayor altitud recibirán mayor cantidad de este tipo de radiación comparados a las situadas en la costa o al nivel del mar, en ese sentido la

ciudad de Arequipa sustenta los valores obtenidos, con respecto a los de Lima, con la altitud.

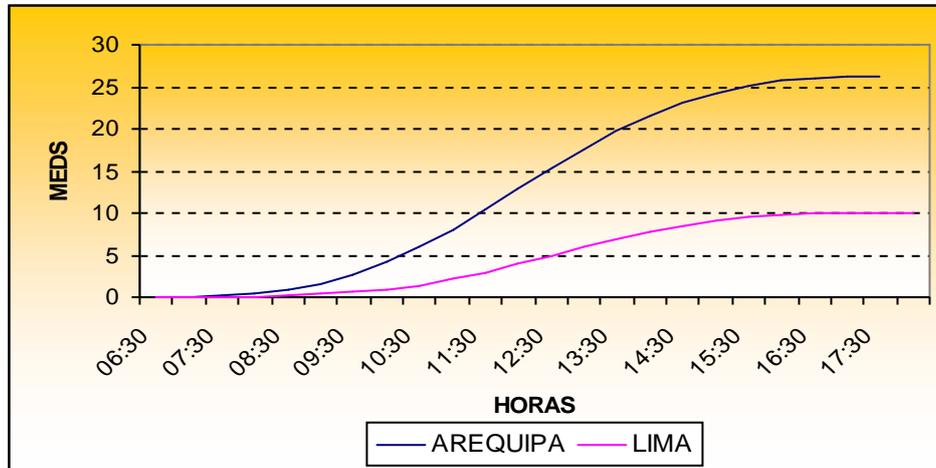
A medida que nos acerquemos a la estación astronómica de verano los niveles de radiación ultravioleta irán en aumento.

4.2.3.2 IRRADIACION ACUMULADA (MED's)

Es muy importante conocer la cantidad de radiación UV acumulada, expresada en Dosis de Eritema que se recibe en la superficie terrestre en un determinado momento, lo cual es muy importante para las personas independiente del tipo de piel, para los análisis del daño que puede causar en la salud.

En el **gráfico N°2** se observa la curva de irradiación acumulada promedio mensual expresados en MED's (Mínima Dosis de Eritema) para las unidades antes mencionadas y para el mismo periodo de análisis (mes de setiembre).

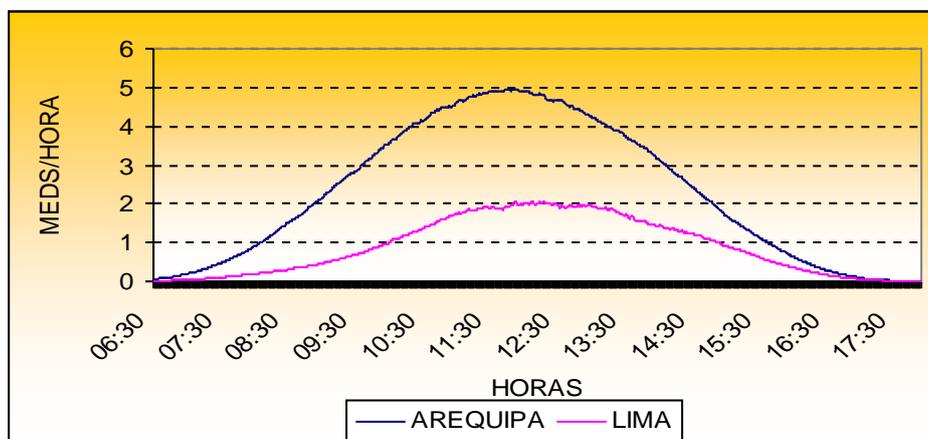
GRAFICO N°2 IRRADIACION ACUMULADA PROMEDIO MENSUAL



Se debe indicar que un MED no es nada más que la dosis efectiva de radiación UV el cual produce un enrojecimiento observable de la piel humana sin exposición previa al sol. En función a esta aclaración el gráfico muestra una irradiación acumulada de 26.2 MED's en Arequipa, mientras que en Lima fue de 10.1 MED's. Esto quiere decir que si una persona estuviera expuesta a los rayos solares, especialmente los vendedores ambulantes, policías de tránsito, hombres que trabajan en el campo, etc desde las 8 a.m. hasta las 4 p.m. tendrían serios problemas en la salud, si la exposición se da en forma continua, siendo el efecto mayor, en personas que se encuentren en lugares de mayor altitud (especialmente en la sierra).

Asimismo si queremos saber las dosis que se reciben en un intervalo de tiempo, digamos que en una hora, entonces el **gráfico N°3** nos ayudará a entender mejor lo que se quiere expresar.

GRAFICO N°3 IRRADIACION PROMEDIO MENSUAL



Obviamente entre las 10 horas y 15 horas se recibe casi el 70% de toda la radiación ultravioleta que llega a la superficie terrestre, por lo tanto, las personas deben de tener mas cuidado en ese tiempo, en no exponerse por mucho tiempo al sol.

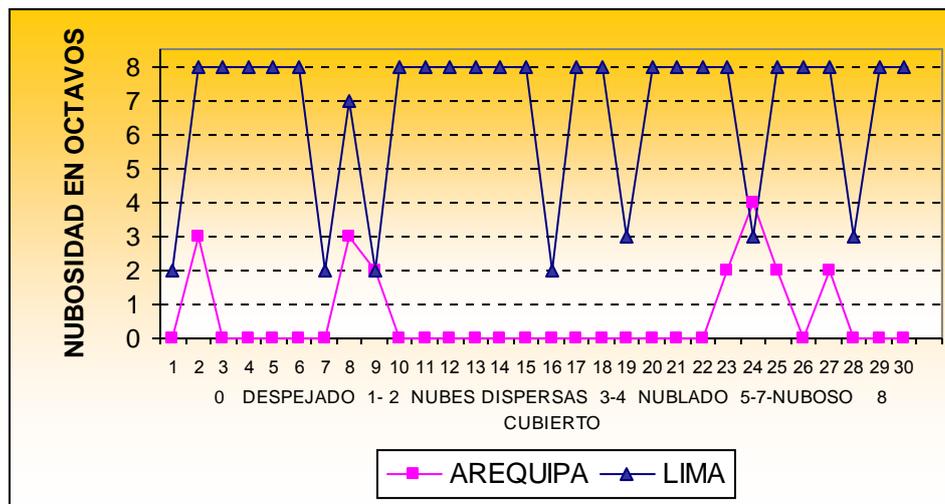
Las mayores dosis por hora se reciben en horas cercanas al mediodía, por ejemplo el gráfico muestra que para el caso de la ciudad de Arequipa se registra aproximadamente 5 Med's/hora, mientras que en Lima fue de 2 Med's/hora al mediodía.

4.2.3.3 COBERTURA NUBOSA

Otro de los factores que influyen en la intensidad de la radiación UV es la nubosidad. Un lugar en donde prevalezca cobertura nubosa del tipo media a baja, registrará valores bajos, mientras que otro ubicado a la misma altitud y sin nubes tendrá valores muy altos.

Esto se aprecia muy bien en el **gráfico N°4**, por ejemplo en la ciudad de Lima, predominó durante gran parte del mes de setiembre nubosidad baja del tipo stratos, stratocúmulos y en algunos días se presentaron nubes dispersas.

GRAFICO N°4 COBERTURA NUBOSA A LAS 13 HORAS



Esta nubosidad, incidió mucho en la intensidad de los rayos UV ya que lo amortiguaron reflejando gran porcentaje de esta radiación, mientras que en Arequipa fue todo lo contrario, durante el mismo mes registró cielo despejado y algunos días entre nublado y nuboso, lo cual incidió, a parte de la altitud, en los altos valores de radiación UV.

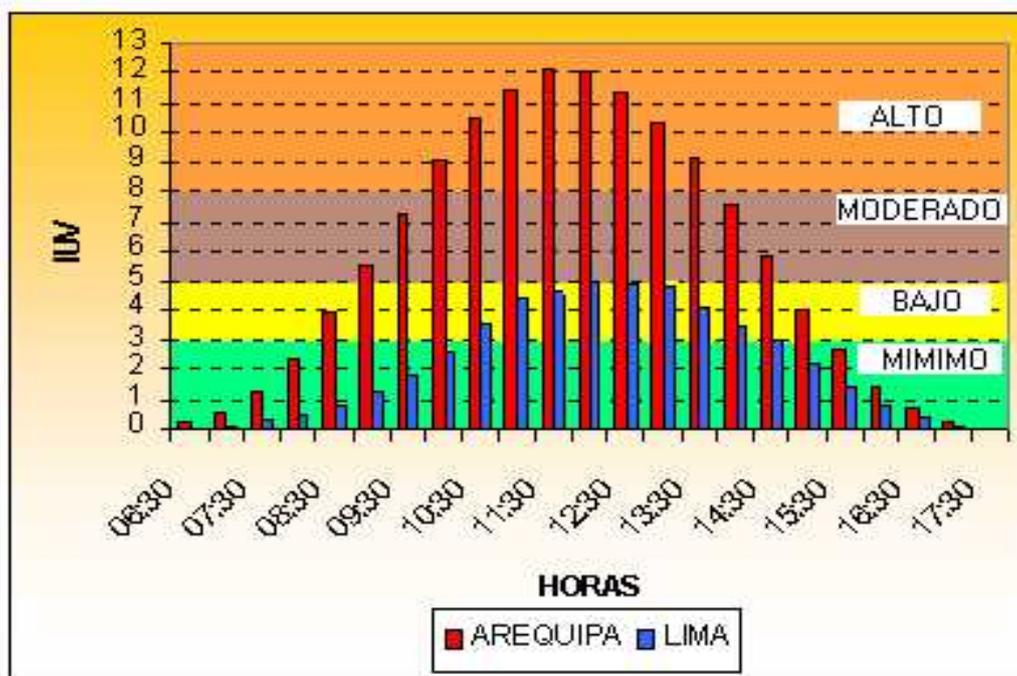
En todo tipo de análisis de RUV se debe considerar la cobertura nubosa ya que juega un papel muy importante en la variación temporal de esta variable ambiental.

4.2.3.4. INDICES DE RADIACION ULTRAVIOLETA (IUV)

En función a los análisis de la irradiancia, la cobertura nubosa, el albedo de la zona y los valores de concentración de ozono para nuestro País, se calcularon los índices de radiación UV (IUV), el cual no viene a ser sino un parámetro que puede utilizarse como un indicador de las exposiciones a la radiación y está relacionado con los conocidos efectos eritemáticos de la radiación solar UV sobre la piel humana.

En el **gráfico N°5** se aprecian los Indices de radiación ultravioleta-B observados para el mes de setiembre del 2004, calculados para las ciudades de Lima y Arequipa.

GRAFICO N°5.INDICES DE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA – B MENSUAL PARA LIMA Y AREQUIPA SETIEMBRE 2004



En el mes de setiembre del 2004 los mayores valores se registraron en Arequipa con un Índice IUV promedio al mediodía de 12 (considerado como un nivel de riesgo alto), mientras que en Lima los mayores índices registraron un valor promedio de 5 (con nivel de riesgo bajo).

De lo expuesto podemos decir a manera de ejemplo, que una persona de piel blanca que estuvo en Arequipa donde el IUV al mediodía fue de 12, el máximo periodo de tiempo que esta persona pudo exponerse al sol sin enrojecimiento de la piel, fue de 15 - 20 minutos, mientras que si la misma persona hubiera estado en Lima (con un IUV de 5) el tiempo de exposición sería de 40 minutos. Por encima de estos periodos de tiempo, la persona pudo haber observado un enrojecimiento en la piel, el cual le hubiese causado serios daños en la misma, si la exposición continuó.

Con los mismos índices antes mencionados, una persona que se encontró en Arequipa con un tipo de piel que varió entre trigueño claro y trigueño, los tiempos máximos de exposición al sol sin haber sufrido daños a la piel, fue de 25 - 30 minutos, mientras que si la misma persona hubiera estado en Lima, el tiempo de exposición al sol máximo fue mayor a una (1) hora.

Cabe resaltar que las personas de piel blanca con pecas y las de piel blanca sin pecas son las mas expuestas a contraer enfermedades dérmicas (cáncer en la piel) y oculares (cataratas en la vista), si es que su exposición al sol sobrepasa ciertos límites y se mantiene continuamente expuesta a esta elevada radiación solar.

4.2.4 PRONOSTICO DEL INDICE IUV PARA EL MES DE OCTUBRE 2004

a.PARA LIMA

Para el mes de Octubre, se pronostica un aumento en la intensidad de la radiación UV-B así como en el índice IUV debido a una mayor incidencia de radiación solar ultravioleta producto de la disminución en la frecuencia de nieblas y neblinas en la ciudad capital lo que permitirá tener mas días soleados con respecto al mes de setiembre. Por otro lado la cantidad de cobertura nubosa será ligeramente menor al mes pasado presentándose algunos días con cielo nublado a despejado. Se prevé para el mediodía un IUV de 6 considerado con un nivel de riesgo moderado.

B. PARA AREQUIPA

Para el mes de Octubre, debido a las condiciones meteorológicas que prevalecerán, las concentraciones de ozono para este lugar y la altitud a la que se encuentra la ciudad de Arequipa, se pronostican índices IUV que van a oscilar entre 13 – 14. El nivel de riesgo para las personas será muy alto, por lo que no es conveniente que las personas de tez blanca principalmente, se expongan mayor tiempo directamente al sol, sin protector solar.

PRONOSTICO DEL INDICE UV-B

	IUV OBSERVADO SETIEMBRE	IUV PRONOSTICADO OCTUBRE	NIVEL DE RIESGO
LIMA	5	6	*MODERADO
AREQUIPA	12	13 – 14	*MUY ALTO

4.2.5 RECOMENDACIONES

Por lo anteriormente mostrado, se recomienda a la población considerar las siguientes medidas para reducir la probabilidad de sufrir quemaduras, daños oculares y enfermedades ocasionadas por exposición permanente:

- Es importante el uso de protectores solares en las horas de máxima insolación.
- Es recomendable el uso de sombreros, gorros y lentes de sol cuyos cristales absorban la radiación UV-B.
- Minimizar la exposición al sol en hora de máxima radiación (de 10:00 a 15:00 hora local).
- Se debe proteger a los niños evitando su exposición excesiva al sol.
- Es recomendable que los policías de tránsito, profesores de educación física, ambulantes, turistas y público en general, tomen ciertas precauciones en cuanto a la exposición directa a los rayos solares por mucho tiempo.