

EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES

A. EVALUACION DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA EN LA ZONA METROPOLITANA DE LIMA-CALLAO/AGOSTO-2005

Elaboración

Ing. José Silva Cotrina
Bach. Zarela Montoya Cabrera
SO3. FAP Juan López Malhaber

1. Introducción

Durante el mes de agosto, el SENAMHI a través de la Dirección General de Investigación y Asuntos Ambientales-DGIA, asistió el día 4 de agosto a la sesión del Comité Técnico Transectorial (CAT) convocada para dar la aprobación del primer Plan Operativo Bianual para la Zonificación Ecológica Económica (ZEE) 2005-2007 que tiene entre sus objetivos la orientación y planificación de todos los procesos de ZEE que se dan en el país a diferentes escalas macro, meso y micro. En dicha reunión se firmó el acta correspondiente de aprobación y difusión del Plan referido. De otro lado, personal profesional del Servicio participó en el taller “” de coordinación sobre la segunda comunicación nacional de cambio climático, inventarios y mitigación, manifestando el interés de la institución de participar en los grupos de trabajo y de vincularse activamente.

En cuanto a las actividades de difusión, personal profesional de esta DGIA dio la charla sobre “El Senamhi y el estudio de la contaminación atmosférica” a alumnos del Colegio Nacional Sarita Colonia, quienes mostraron mucho interés al respecto.

El presente boletín muestra los resultados de la evaluación del polvo atmosférico contaminante o sólidos sedimentables y contaminantes gaseosos (óxidos de nitrógeno) en la zona metropolitana de Lima-Callao y su relación con las condiciones meteorológicas imperantes durante el mes de agosto. Durante este mes se observan en términos generales concentraciones de polvo atmosférico relativamente menores a las registradas al mes anterior, ello siguiendo con el comportamiento propio de la temporada de invierno caracterizado por la menor turbulencia del aire que y por ende menores procesos de suspensión y resuspensión de las partículas.

2. Tema de Interés: El material particulado y sus efectos sobre la salud

Existen estimaciones que refieren que el 48% de muertes prematuras a en una escala global se deben a material particulado en el ambiente y contaminación intradomiciliaria con un potencial de 500,000 muertes al año por la primera y 2,5 millones por la segunda. A ello se suma que el 20 a 30% de las enfermedades respiratorias se deben a la contaminación ⁽¹⁾.

La contaminación del aire en ciudades de América Latina se constituye en un problema serio. Aproximadamente 1 400 millones de personas están expuestas a niveles excesivos de humo y material particulado de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS); ello trae consigo que aproximadamente las muertes producto de la contaminación atmosférica sean muy significativas y si se compara con las producidas por los accidentes de tránsito, tres veces superiores. En ciudades en desarrollo, los contaminantes críticos del aire son las partículas y el plomo, si éste aún no ha sido retirado del plomo de la gasolina⁽¹⁾.

El aire de la ciudad de Lima recibe el aporte de partículas tanto sólidas como líquidas de diferente forma y tamaño constituidas por aerosoles, vapores orgánicos y metálicos; microgotas de lluvia ácida, las provenientes de la combustión de la actividad industrial, comercial, doméstica e inadecuada disposición de la basura; polen de la fase de floración de las plantas; bacterias, quistes y virus del fecalismo al aire libre tanto de la población marginal sin servicios básicos como de animales; y el polvo de las calles y avenidas con o sin asfalto^(2, 3). Todas estas partículas son inyectadas a la atmósfera por la turbulencia originada naturalmente y por el movimiento urbano (ej. circulación vehicular) y por lo tanto están sometidas a un continuo proceso de suspensión y re-suspensión. Referencias estadísticas refieren que evidentemente en la capital la incidencia de procesos respiratorios se ha incrementado y que están asociados a la contaminación; aproximadamente el 25% de las atenciones ambulatorias en la capital son por procesos respiratorios⁽⁴⁾.

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, 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 1**) que son las siguientes:

3.1 Cuenca del río Chillón

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

Microcuenca de Ancón: Distrito de Ancón

Microcuenca de Carabaylo: Distrito de Carabaylo

Microcuenca de Collique: Distrito de Comas

3.2 Cuenca del río Rímac

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

Microcuenca de San Juan de Lurigancho: Distrito de San Juan de Lurigancho.

Microcuenca de Huaycoloro: Distrito de Lurigancho

Microcuenca de Huaycán: Distrito de Ate Vitarte

Microcuenca de La Molina: Distrito de La Molina

3.3 Cuenca del río Lurín

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

Microcuenca de Manchay: Distrito de Pacahacamac

Microcuenca de Portillo Grande: Distrito de Lurín

Microcuenca por I.D. : Distrito de Pacahacamac

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

-Establecimiento de un fenómeno de inversión térmica durante todo el año en los niveles bajos de la tropósfera de la costa peruana, por lo general con menor altitud, espesor e intensidad durante los meses de verano (la base a 255 msnm. y el tope a 596 msnm. y muy débil intensidad), evoluciona hasta alcanzar su mayor altitud, espesor e intensidad al final del invierno (con base a 675 msnm. y tope a 1490 msnm. e intensidad de 5°C).

-Temperatura anual multianual, durante el verano, en las zonas cercanas a la costa, oscila entre 20,2 a 25,8°C y entre 19,8 a 28,2°C en los distritos del este. En el invierno varía entre los 15,5 a 18,3°C en las zonas cercanas a la costa y entre 13,1 a 18,6°C en los distritos del este.

-Precipitación media mensual multianual que varía desde 10 mm/año cerca de la línea costera a 40 mm/año en los distritos del este.

-La velocidad del viento superficial varía entre 3 y 5 m/s con 4 a 8% de calmas, de direcciones S, SSW y SSE en la zona costera; en la parte central el viento varía entre 2 y 4 m/s, de direcciones SSW y WSW, con calmas entre 21 a 42%; y en el lado oriental el viento varía entre 3 y 5 m/s, de direcciones W, SSW y WSW con calmas en porcentaje de 20 y 40%.

-En la estación de verano los días tienen más de 50% de horas de sol; y en el periodo promedio desde inicios de otoño hasta finales de primavera, menos de 20%, debido a la nubosidad estratiforme que se debilita solamente durante la estación de verano.

4. Metodología

4.1 Monitoreo del polvo atmosférico ó contaminantes sólidos sedimentables (CSS)

La información empleada para el presente análisis corresponde a la obtenida de la red de muestreo de polvo atmosférico compuesta por 37 estaciones ubicadas en el ámbito de la cuenca atmosférica de la zona metropolitana de Lima-Callao (**figura 1**). De forma similar al trabajo que se viene ejecutando meses anteriores, se viene diseñando la ampliación de la red de muestreo en todo el ámbito de cuenca atmosférica de tal forma de poder lograr una mejor definición de la configuración de las áreas críticas de los distritos. El método de muestreo pasivo desarrollado es el que se describe a continuación:

- **Fase preliminar de gabinete:** Preparación y codificación del 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. Observaciones tales como actividades de construcción cercana a la estación, manipulación por

terceros, entre otras, son anotadas en una bitácora para la validación posterior de la calidad de la información.

- **Fase de laboratorio:** Por el método gravimétrico se determinan las concentraciones correspondientes a cada una de las estaciones de observación.
- **Fase de gabinete:** Involucra el procesamiento, análisis e interpretación de la información, salida de reportes preliminares, cuadros, mapas, gráficos y la elaboración del Boletín Mensual.

4.2 Monitoreo de contaminantes gaseosos

La evaluación mensual de los gases contaminantes del aire (CO, SO₂, O₃ y NO_x) 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:** Operación continua de analizadores automáticos de ozono troposférico modelo API 400A, monóxido de carbono API 300, dióxido de azufre API 100A, óxidos de nitrógeno API200E. Descarga de la información in situ (downloading) mediante cable RS-232, Ethernet (NO_x) y software API COM para analizadores. Se realiza el cambio de filtros cada 15 días en promedio y la inspección de fugas y limpieza en la línea de ingreso de muestra. Calibración según método aprobado por EPA
- **Fase de gabinete:** Involucra el procesamiento, análisis e interpretación de la información tomando como referencia el D.S. N°074 –PCM-2001 “Reglamento de Estándares nacionales de calidad ambiental del aire”.

4.3 Información Meteorológica

Evaluación de las condiciones meteorológicas de la zona metropolitana de Lima-Callao. Para el presente informe se ha utilizado la información proveniente de: Estación meteorológica automática y radiosondaje del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez (Callao), estación meteorológica automática sede central SENAMHI (Jesús María), meteorológica automática Las Palmas (Surco) y estación climatológica Pantanos de Villa (Chorrillos), las mismas que son presentadas en la **figura 1**. La metodología de trabajo es la siguiente:

- **Fase de recopilación:** Involucra el proceso de obtención y concentración de la información meteorológica de las estaciones señaladas.
- **Fase de control de calidad y consistencia:** Involucra la revisión de los datos, eliminación de inconsistencias y completación de la data a través de herramientas estadísticas.

- **Fase de procesamiento, análisis e interpretación:** Involucra el procesamiento numérico, gráfico, análisis e interpretación de los resultados.

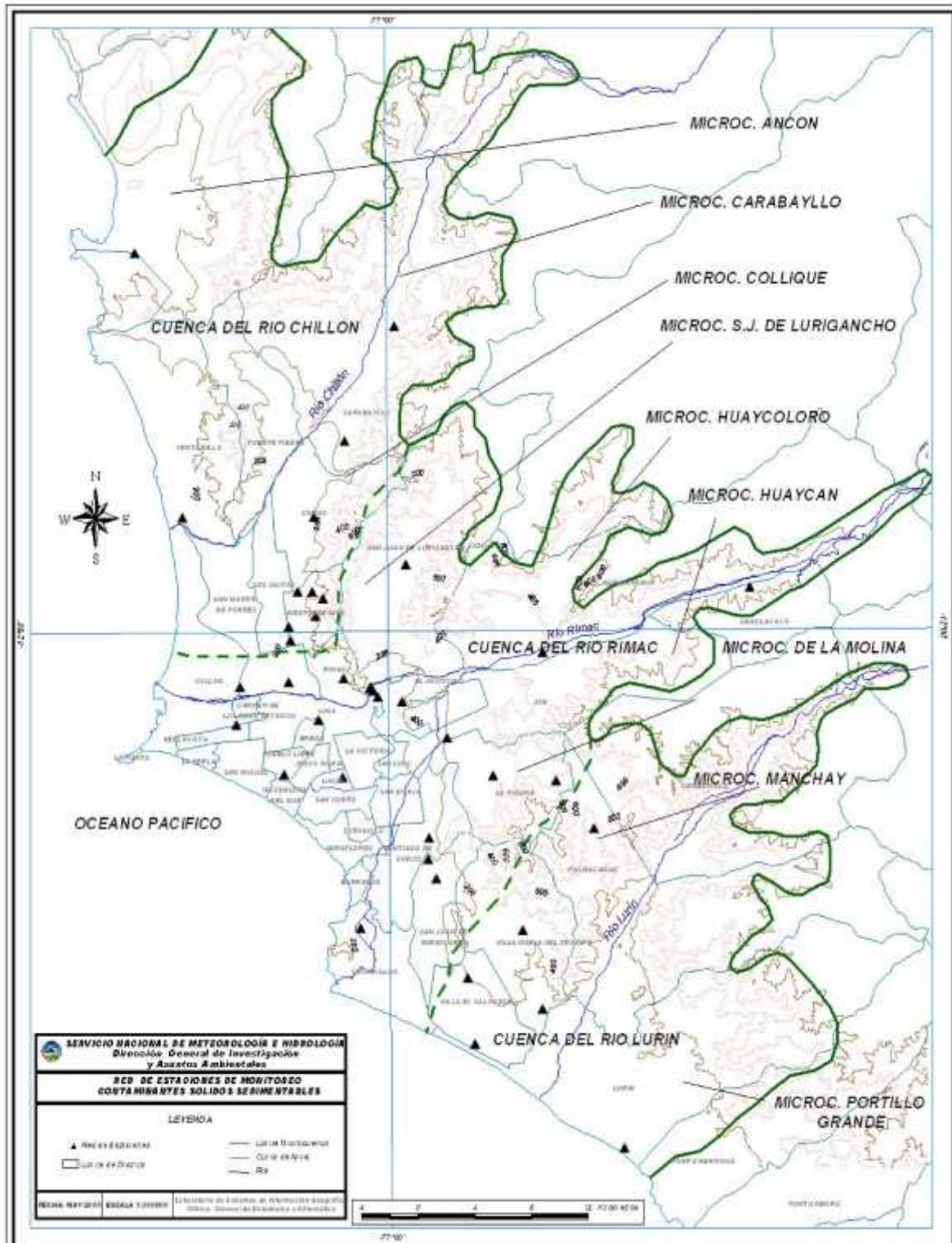


Fig. 1 - Red de estaciones meteorológicas y de contaminantes sólidos sedimentables en la zona metropolitana de Lima-Callao

5. Resultados del monitoreo ambiental

5.1 Distribución espacial del polvo atmosférico o contaminantes sólidos sedimentables (CSS) durante el mes de agosto

En la **figura 1** se presenta la red de muestreo de polvo atmosférico o contaminantes sólidos sedimentables (CSS). Durante este mes, se ha recopilado información de 37 estaciones de muestreo instaladas en la mayor parte del ámbito de la cuenca atmosférica de Lima-Callao, y de las cuales el 61,2% excedió el límite referencial permisible recomendado por la OMS (equivalente a 5 t/km².mes). Para este mes, los distritos de Independencia y El Agustino presentaron los centros de mayor acumulación de polvo atmosférico de la capital, excediendo ambos aproximadamente en 5 veces el valor referencial permisible.

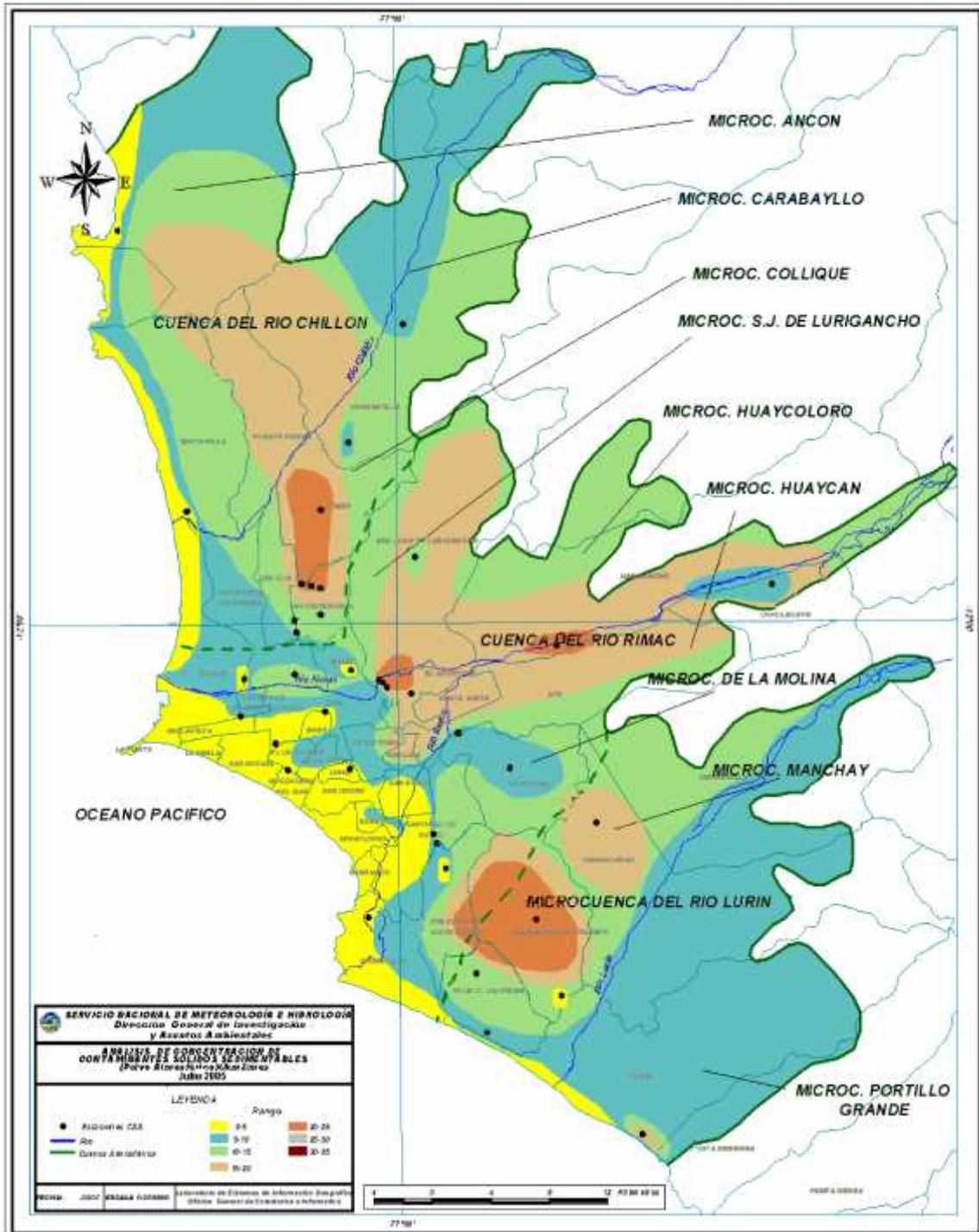
De acuerdo al **cuadro N° 1**, en términos generales los niveles de contaminación fueron menores al mes anterior en sus principales núcleos, pero igualmente excediendo en varias veces el límite referencial permisible. La concentración media de CSS para la Z.M. de Lima-Callao fue de 10,0 t/km².mes considerando las 37 estaciones, con un valor máximo de 25,0 t/km².mes en Independencia y un mínimo de 1,3 t/km².mes en Lince.

Cuadro N°1. Concentraciones de polvo atmosférico (contaminantes sólidos sedimentables): julio y agosto 2005

Concent t/km ² .mes	N° de estac.	%	Núcleos principales			
			Cono Norte	Cono Centro-este	Cono Sur-este	Cono Sur
julio	36	63,8	24,5 (Comas)	23,8 (El Cercado)	16,7 (Pachacamac)	20,4 (V.M.T.)
agosto	37	61,2	25 (Independ.)	24 (El Agustino)	18,1 (Pachacamac)	19,2 (V.M.T.)

En la **figura 2** se observan los registros de las estaciones de muestreo recopilados durante los meses de julio y agosto, con promedios de 10,4 y 9,8 t/km².mes, para 36 estaciones, respectivamente. De acuerdo a lo observado se mantienen los principales núcleos de acumulación de polvo atmosférico en la capital. En la estación invernal, los núcleos de concentración de polvo atmosférico son de menor intensidad; ello se explica en las menores diferencias de calentamiento de la superficie y fenómenos de turbulencia y por ende menores procesos de suspensión y re-suspensión, y en la mayor altura media de la base de la inversión térmica, de acuerdo al comportamiento medio que se viene observando.

La mayor o menor intensidad de los principales centros de contaminación varía tanto en función de los aportes in situ tales como del parque automotor obsoleto que circula en avenidas principales, las emisiones fugitivas de pequeñas y medianas industrias formales, comercio formal e informal, botaderos clandestinos de basura, entre otros, como de la acción dispersante



5.2 Evaluación del comportamiento de los óxidos de nitrógeno (NOx): óxido nítrico y dióxido de nitrógeno durante el mes de agosto del 2005

La información registrada por el analizador modelo API 200E en la estación de calidad de aire de la sede central del SENAMHI según la **figura 4a**, muestra para el presente mes un registro máximo horario de NO de 120,3 ppb y de NO₂

de 22,6 ppb, ocurridos el día 16 de agosto a las 9:00 horas con una temperatura de 16,4°C, humedad de 93% y vientos del E con 0,9 m/s de intensidad y el día 6 a las 19:00 horas con una temperatura de 16,°C, 99% de humedad y vientos del SSE con 0,9 m/s, respectivamente; y mínimos horarios de 9,2 y 0,9 ppb, el día 18 a las 05:00 horas y el día 25 a la 04:00 horas con 14,1°C con atmósfera saturada y vientos del SE con intensidad de 0,7 m/s, respectivamente.

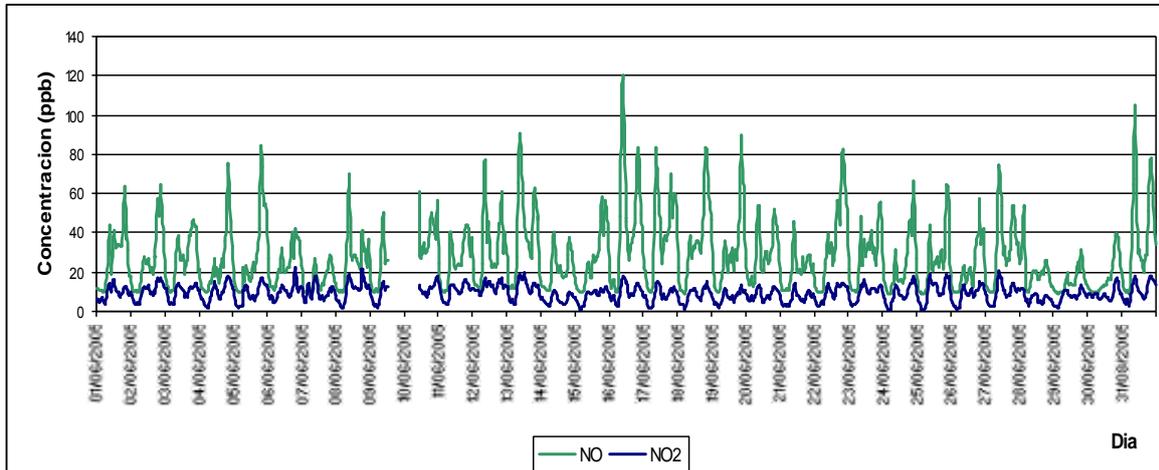


Fig.4a – Concentraciones horarias de NO y NO₂ registrados en la Estación de calidad del aire SENAMHI – agosto 2005

El valor máximo horario de NO₂ alcanzado el día 6 de 22,6 ppb (ver **figura 4b**) se mantiene por debajo del estándar de calidad del aire equivalente a 104,6 ppb (200 ug/m³) señalado en el D.S. N°074-PCM-2001 “Reglamento nacional de estándares de calidad ambiental del aire”. El promedio máximo horario de NO₂ fue de 16,3 ppb.

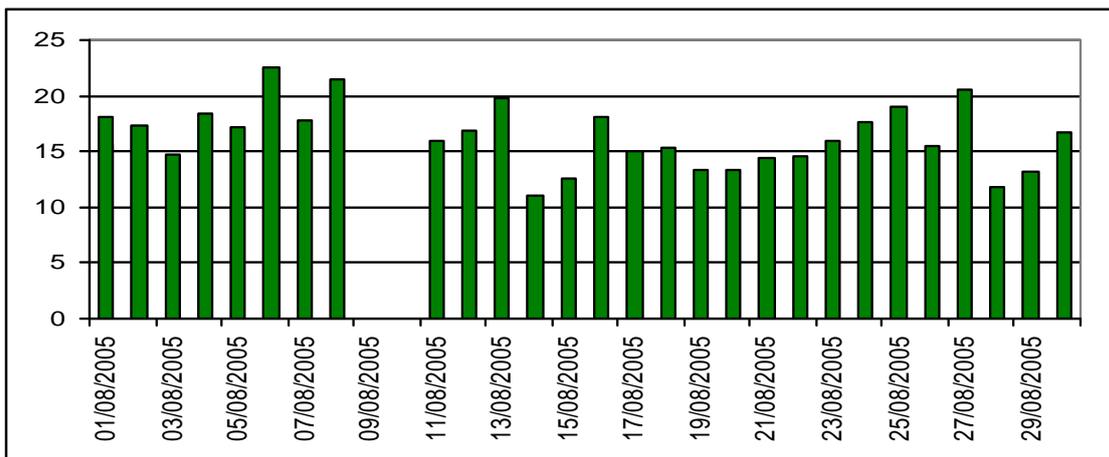


Fig.4b – Concentraciones horarias máximas de NO₂ registradas en la estación de calidad del aire SENAMHI – agosto 2005

Es necesario mencionar siempre que no sobrepasar un valor estándar, no garantiza que la calidad del aire de los alrededores sea buena; es necesario realizar muchas observaciones y buscar siempre representar lo mejor posible la influencia de las fuentes de los contaminantes sobre la calidad del aire y el impacto sobre la salud de los receptores. En todo caso, siendo el mejor indicador de la significancia de las concentraciones de un contaminante en la atmósfera los efectos sobre la salud, se puede tomar como referencia que sobrepasar los 15 ppb de dióxido de nitrógeno implica un 20% de riesgo adicional de enfermedad respiratoria (niños) y disminución de defensas ante infecciones pulmonares (Jave, O.; 2005). De acuerdo a los registros horarios del mes de agosto, el 8,4% de los datos (61 horas) sobrepasan los 15 ppb mencionados.

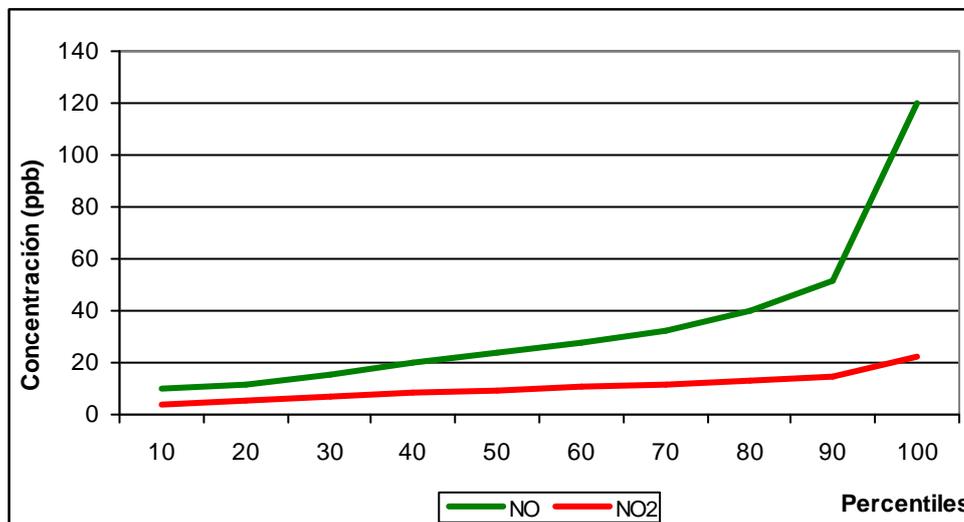


Fig.4c – Distribución de percentiles de NO y NO₂ en la estación de calidad del aire SENAMHI – agosto 2005

De acuerdo a lo observado en la **figura 4c**, el 25% de los datos de NO y NO₂ se encuentran por debajo de 13 y 6 ppb, el 50% por debajo de 24 y 9 ppb y el 75% por debajo de 36 y 12 ppb, respectivamente.

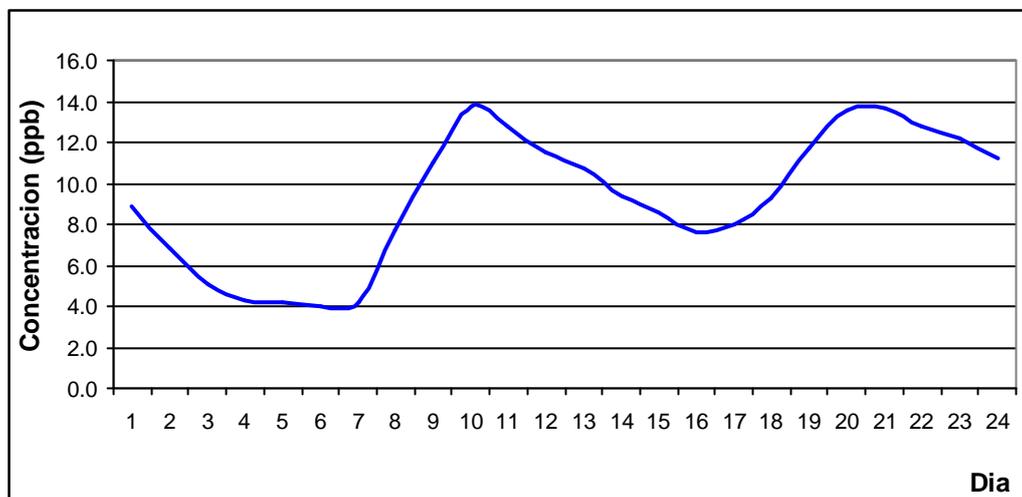


Fig.4d - Concentración máxima media horaria de Dióxido de Nitrógeno Estación de calidad de aire SENAMHI - agosto 2005

La variación horaria de las concentraciones máximas medias horarias de NO₂ presentadas en la **figura 4d**, refiere un patrón definido caracterizado por dos picos horarios máximos de 13,8 ppb (07:00 horas) y 13,6 ppb (19 y 20:00 horas), comportamiento inverso al del ozono troposférico cuyo máximo se presenta alrededor del medio día, ello debido a que los óxidos de nitrógeno son precursores en la formación del ozono de niveles bajos conjuntamente con los hidrocarburos y la radiación solar.

En las **figuras 4e** y **4f**, se presentan rosas diurnas y nocturnas de concentración de dióxido de nitrógeno registrados en la estación de calidad del aire del SENAMHI.

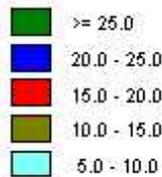
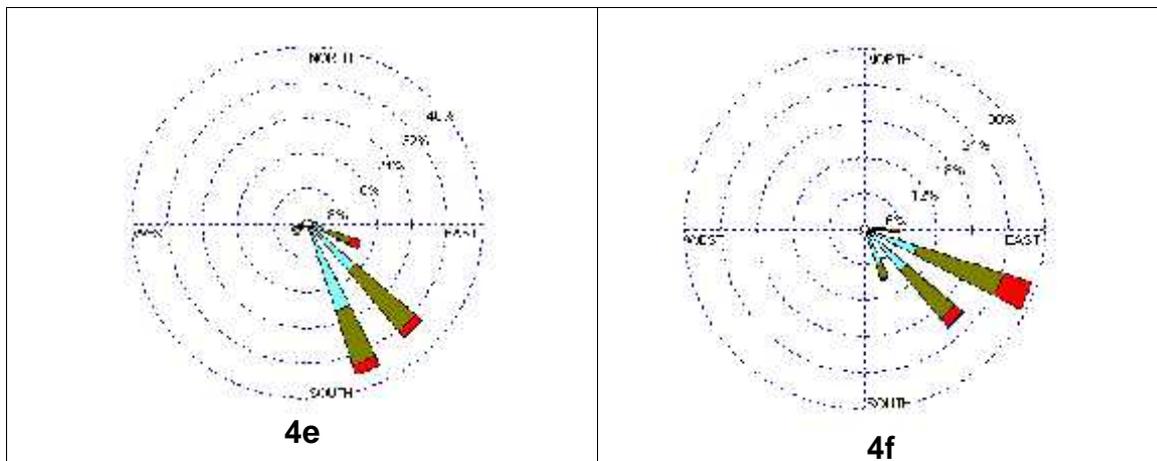


Fig.4e,f – Rosas de concentración (ppb) diurnas y nocturnas del dióxido de nitrógeno agosto 2005

Durante el día (figura 4e) predominaron vientos de dirección SSE (36%) y SE (35%) transportando concentraciones medias de 10 ppb; mientras que durante la noche predominaron vientos provenientes del ESE (29%) y del SE (22%) con transportando NO₂ de una concentración media de 7ppb.

Es necesario tener presente que las concentraciones de este contaminante varían en función de la dinámica urbana (flujo vehicular, actividad industrial y comercial, entre otras), de las condiciones meteorológicas diarias y estacionales y de sus propias características físico químicas.

5.3 Condiciones meteorológicas durante el mes de agosto del 2005

Para el mes de agosto, el análisis de las condiciones meteorológicas horarias y diarias para la zona metropolitana Lima-Callao se ha basado en la información de 4 estaciones meteorológicas, convencionales y automáticas,

señaladas en el rubro **4.3**. A continuación se desarrollan los análisis respectivos de la información meteorológica.

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: La temperatura máxima fluctuó entre los valores de 15,8 (Jesús María) a 22°C (Callao) y la mínima osciló entre 13,9°C (Surco) a 16°C (Callao); la temperatura media del mes fue de 16,4°C. En cuanto a las humedades relativas, la máxima fluctuó entre 80% (Surco) a 100% en Jesús María; mientras que la mínima osciló entre 52% en el Callao a 90% en Jesús María (ver **figuras 5 a,b y 6**); la humedad relativa media fue de 86,3%. Durante las primeras décadas del mes de agosto, los días se presentaron mayormente nublados con escaso brillo solar y algunas lloviznas aisladas; durante la última década se asentaron condiciones de mayor brillo solar y sensación térmica de más calor.
- 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 14:00 y 17:00 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 17:00 pm.
- El análisis medio de las variables temperatura y humedad relativa de las estaciones analizadas, refiere que los días más cálidos del mes fueron el 26 y el 31 con una media de 20,°C y los días más frío el 28 y el 31 con un valor medio de 14,3°C. Con respecto a la humedad relativa, el 26 y 31 correspondieron a los días más secos con 70%, y no se alcanzó la saturación (media inferior a 96%) de forma similar al mes anterior.

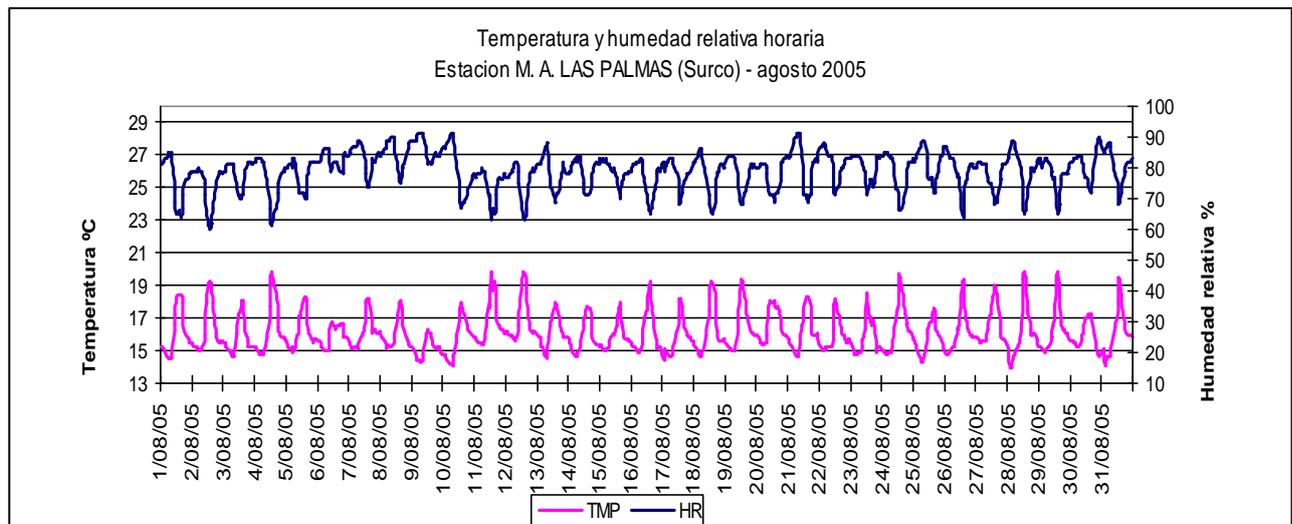
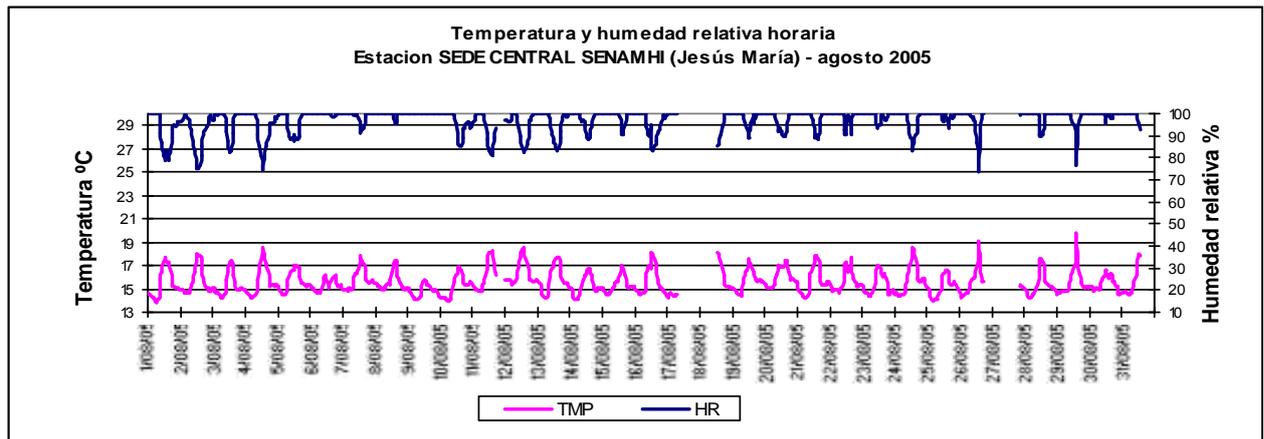
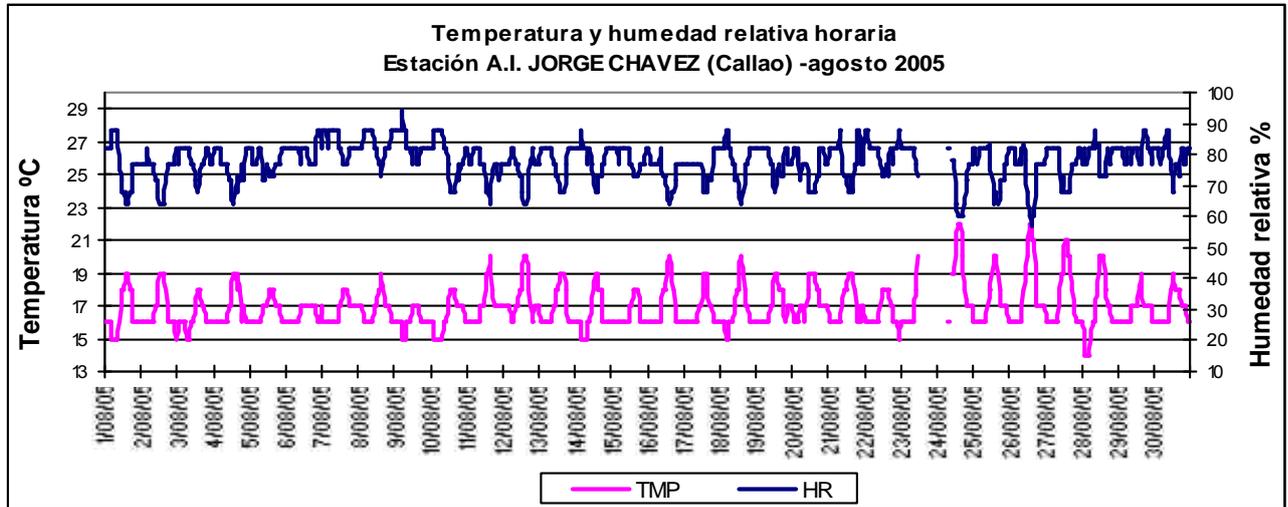


fig.5a.- Variación horaria de la temperatura y humedad relativa durante el mes de agosto del 2005 en el Callao, Jesús María y Santiago de Surco

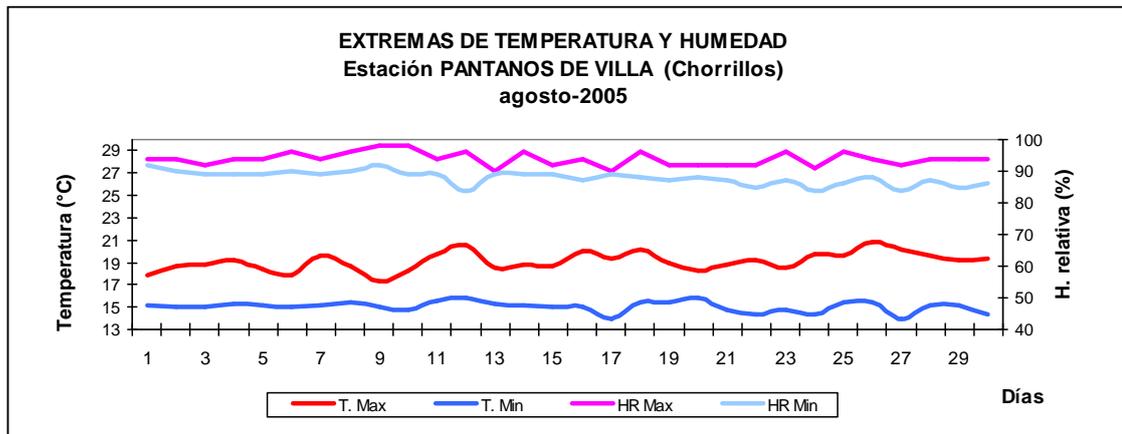


Fig.6.- Variación diaria de la temperatura y humedad relativa durante el mes de agosto del 2005 en Chorrillos

5.2.2 Análisis del viento superficial en la zona metropolitana de Lima-Callao durante el mes de agosto del 2005.

La información horaria de viento superficial (velocidad, dirección y frecuencia) correspondiente al mes de agosto es presentada en las **figuras 7 y 8** para el período diurno (07:00 – 18:00) y nocturno (19:00 – 06:00):

- Durante el período diurno (7:00 a 18:00 horas), se presentaron vientos con intensidad media débil en el Callao, Jesús María y Las Palmas de dirección S y W (48 y 14%), SE y SSE (37 y 35%) y del SSE y S (38 y 12%), respectivamente. Intensidades moderadas se registraron hacia el sur, en el distrito de Chorrillos (4,8 m/s) con dirección S y SW (58 y 23%).

La distribución de frecuencias de intensidades del viento superficial son presentadas también en la **figura 7**. Así, hacia el litoral costero predominaron vientos entre débiles a moderados; hacia el centro de la ciudad se presentaron vientos débiles principalmente; y hacia el sur de la ciudad, débiles a moderados en Surco y principalmente fuertes en Chorrillos.

- Durante el período nocturno (19:00 a 6:00 horas) se reportaron vientos de intensidad débil en la mayor parte de las estaciones observadas; así, hacia el Callao (2,8 m/s), Jesús María (1,2 m/s) y Surco (2,6 m/s) de direcciones S y SSE (70 y 17%), del ESE y SE (37 y 34 %), y del SE y SSE (43 y 34%), respectivamente. Intensidades fuertes (9,4 m/s) provenientes del SW y S (77 y 19 %), respectivamente.

La distribución de frecuencias de intensidades de viento son asimismo mostradas en la **figura 8**. En el Callao predominaron intensidades débiles a moderadas; hacia el centro de la ciudad intensidades débiles; y hacia el sur de la ciudad los vientos oscilaron entre débiles a moderados en Surco y fuertes predominantemente en Chorrillos.

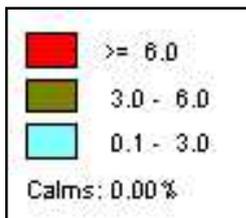
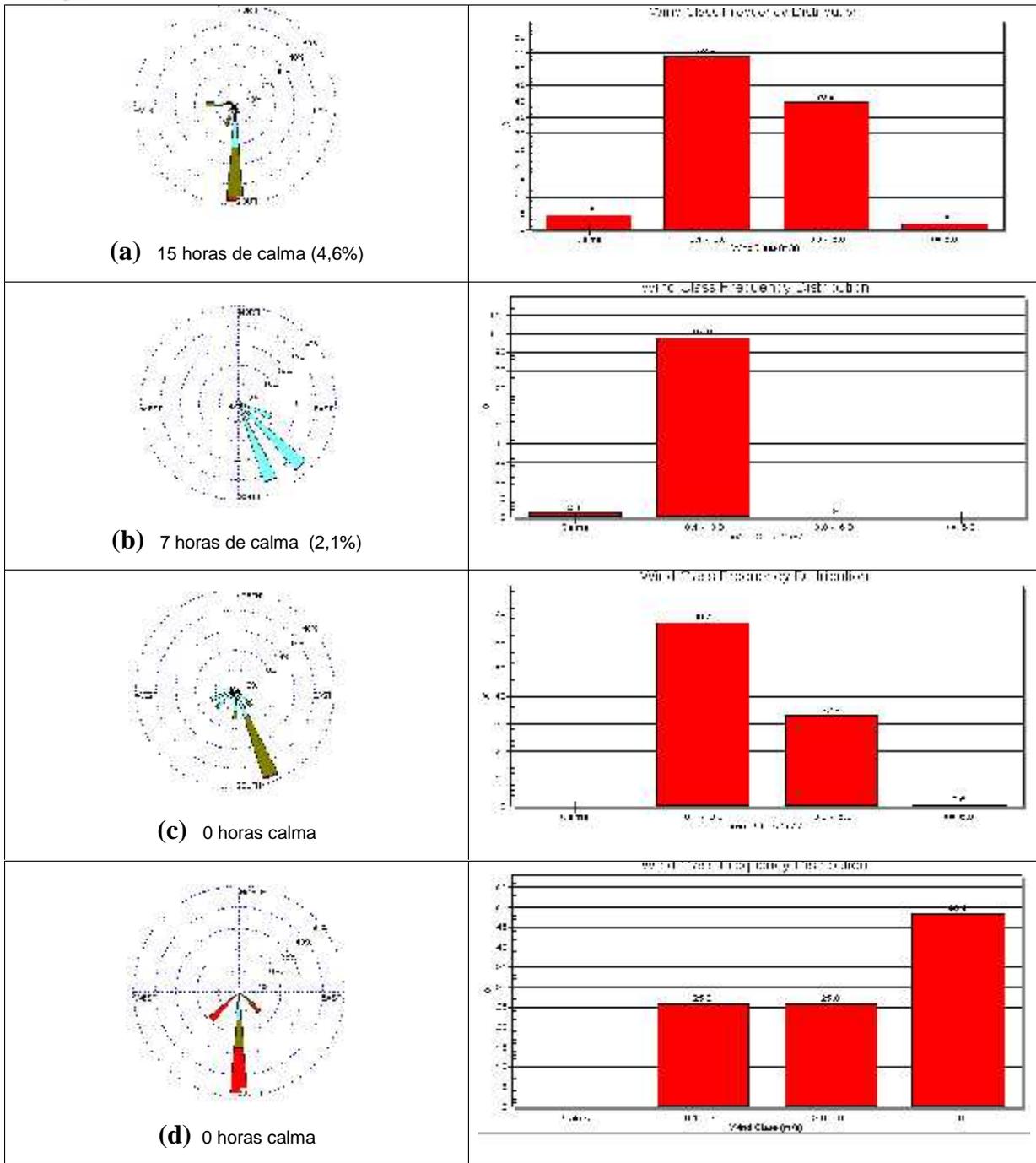


Fig.7 – Rosas de viento (m/s) e histogramas de frecuencia diurnas de las estaciones de (a) Callao, (b) Jesús María, (c) Surco y d) Chorrillos agosto 2005

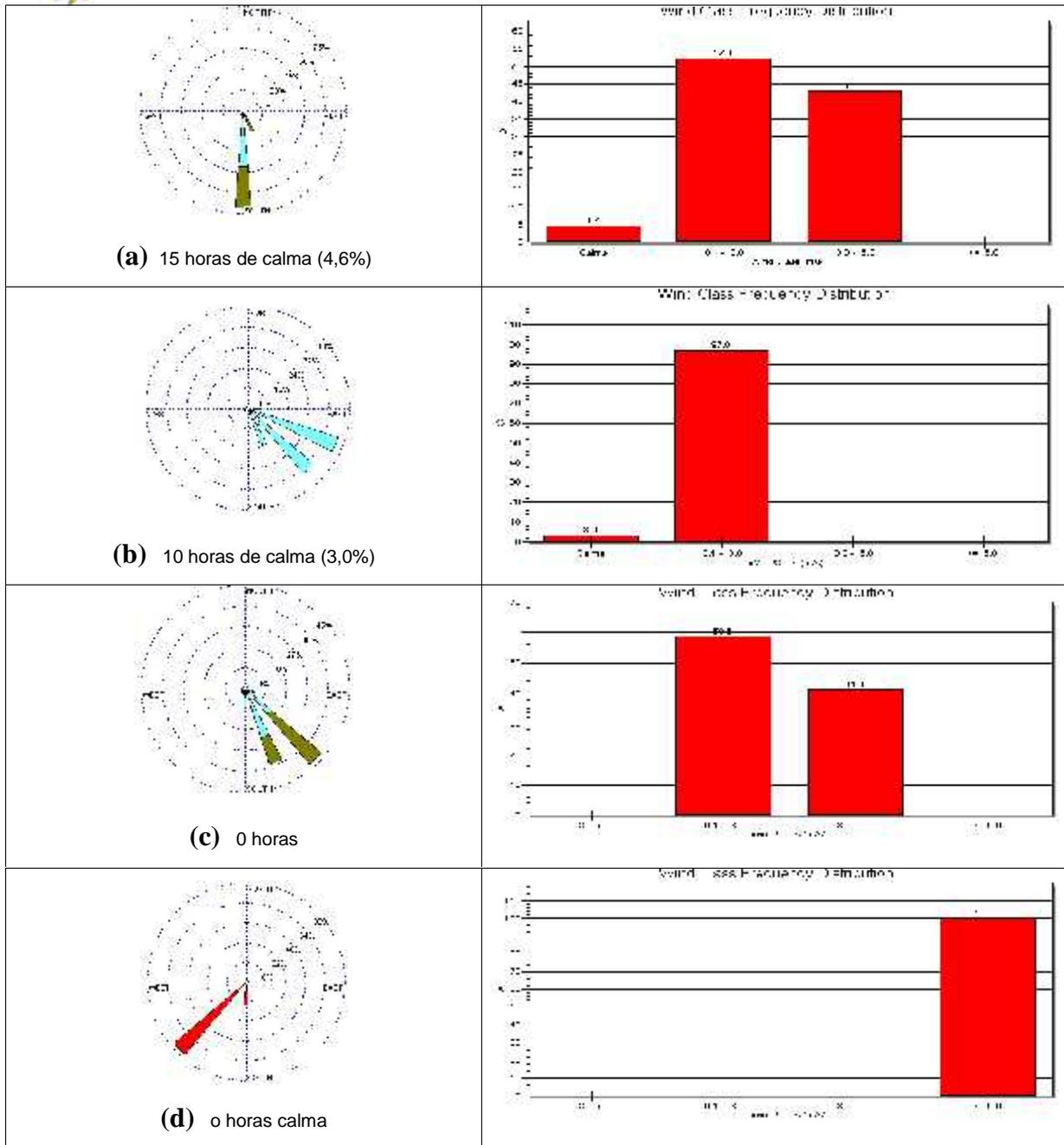
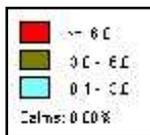


Fig. 8 – Rosas de viento (m/s) e histogramas de frecuencia nocturnas de las estaciones de (a) Callao, (b) Jesús María, (c) Surco y d) Chorrillos agosto 2005



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 agosto del 2005

En el presente mes sólo se realizó sondaje durante los días 1 y 3 en los que se observó la presencia de la capa de inversión térmica en la costa central peruana con una altura media de la base de inversión térmica de 838 m y un gradiente medio de 1,3°C/100 m. Estas características, configuran, en promedio, un escenario relativamente favorable para la

dispersión de los contaminantes sólidos sedimentables atmosféricos en la zona metropolitana de Lima-Callao, respecto al mes anterior. Ver **cuadro N° 2**.

6. Conclusiones

- ✓ Para el presente mes, las condiciones meteorológicas imperantes, propias de la estación invernal conjuntamente con los aportes antropogénicos, configuraron 4 centros importantes de alta contaminación: El primer núcleo (valor más alto del mes) se presentó en el cono norte de la ciudad con 25,0 t/km².mes (Independencia); el segundo en el cono centro-este (El Agustino) con un valor de 24,0 t/km².mes; el tercero en la zona sur-este (Pachacamac) con 18,1 t/km².mes; y cuarto en el cono sur con una concentración de 19,2 t/km².mes en Villa María del Triunfo.
- ✓ De la información de las 37 estaciones recopiladas para este mes, sólo el 61,2% superaron el nivel referencial establecido por la Organización Mundial de la Salud. La media mensual para las 37 estaciones fue de 10,0 t/km².mes, con un valor máximo de 25,0 t/km².mes en Independencia y un mínimo de 1,3 t/km².mes en Lince.
- ✓ En cuanto a los contaminantes gaseosos, el valor máximo horario del dióxido de nitrógeno (NO₂) fue de 22,6 ppb, que representa un 21,6 % del ECA correspondiente establecido por el D.S. 074-PCM-2001 de 104,6 ppb (200 ug/m³). Asimismo, se observaron dos picos horarios máximos 13,8 ppb (07:00) y 13,6 ppb (19 y 20:00).
- ✓ En cuanto al comportamiento de la temperatura y humedad, las medias observadas fueron de 16,4 °C y 86,3%. Asimismo, el día más cálido del mes se presentó el 26 y 31 con una media de 20,0°C; y los días más fríos con un valor medio de 14,3°C. En cuanto a la humedad relativa el 26 y 31 fueron los días más secos (70%) y no se alcanzó la saturación.
- ✓ Con respecto al análisis del viento superficial, durante el período diurno se presentaron vientos débiles en el Callao, Jesús María y Las Palmas provenientes del S, SE y SSE, respectivamente; y moderadas en Chorrillos. Con respecto a la distribución de frecuencias de intensidades del viento hacia el litoral costero predominaron vientos entre débiles a moderados; hacia el centro de la ciudad vientos débiles; y hacia el sur vientos débiles a moderados en Surco y fuertes en Chorrillos. Durante la noche, se reportaron vientos de intensidad media débil en la mayor parte de las estaciones observadas; en cuanto a la distribución de frecuencias de intensidades de viento en el Callao predominaron vientos débiles a moderados, hacia el centro intensidades débiles; y hacia el sur vientos entre débiles a moderados en Surco y fuertes predominantemente en Chorrillos.



✓ Con respecto al análisis de la información meteorológica de altura,

**B. EVALUACIÓN Y PRONÓSTICO MENSUAL DE LA RADIACION
ULTRAVIOLETA – B PARA LAS CIUDADES DE LIMA, CAJAMARCA Y
AREQUIPA – AGOSTO 2005**

Elaboración

Ing. Orlando Ccora Tuya

Tco. Inst. Echeandía Soberón
Tco.3 Juan Quenaya Torres

1. Introducción

En las últimas tres décadas se ha hablado mucho del deterioro de la capa de ozono por efecto de los elementos clorofluorocarbonados utilizados en los sistemas de refrigeración, aire acondicionado, elaboración de espumas, etc así como la utilización del bromuro de metilo en la agricultura como fungicida, lo cual conlleva a una destrucción de las moléculas de ozono en la alta atmósfera. Esta destrucción trae como consecuencia un mayor ingreso de radiación ultravioleta hacia la superficie de la Tierra, afectando a todo el ecosistema terrestre, especialmente a la salud de las personas.

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, Cajamarca y Arequipa a fin de pronosticar los índices IUV, los cuales serán difundidos a la población con la finalidad de difundir la importancia de una adecuada exposición al sol.

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; esto también afecta al organismo humano, en particular a la piel y a los ojos. Para evitar el daño producido por las elevadas exposiciones a la UV, tanto agudo como crónico, las personas deben limitar su exposición a la radiación solar adoptando 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.

2.1 Clasificación de la radiación 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 más 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 estratósfera 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.

2.2 Índice de Radiación 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, los cuales han sido reajustados de acuerdo a la información proveniente de los lugares de medición y se definen en una escala de 0 a 14+ y el nivel de riesgo correspondiente. Ver **cuadro N°1**. 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. Escala de niveles de riesgo

Valor del Índice	Nivel de Riesgo
1 – 2	Mínimo
3 – 5	Bajo
6 – 8	Moderado
9 – 11	Alto

12-14	Muy Alto
14+	Extremo

2.3 Mínima Dosis de Eritema (MED)

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.

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 más o menos tiempo en dañar la piel de forma aguda provocando su enrojecimiento (quemadura).

A continuación se presenta el **cuadro N°2** con los tipos de piel y su respuesta a la exposición solar.

Cuadro N°2. Tipos de piel y respuesta

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>

2.5 Índices UV-B calculados con sus respectivos tiempos de exposición a los rayos solares según tipo de piel

Índice UV	Piel I y II	Piel III y IV	Piel V y VI
1 2 MINIMO	MED > 1 hora	MED > 2 horas	MED > 2 horas

3	BAJO	MED 40 min	MED > 1 hora	MED > 1 hora
4				
5				
6	MODERADO	MED 25 min	MED 40 min	MED 50 min
7				
8				
9	ALTO	MED 15-20 min	MED 25-30 min	MED 35-40 min
10				
11				
12-14	MUY ALTO	MED 10-15 min	MED 15-20 min	MED 20-30 min
14+	EXTREMO	MED < 10min	MED < 15 min	MED < 20 min

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

2.6 Cálculo del Índice 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, Cajamarca y Arequipa, a 112; 2 570 y 2 450 msnm., respectivamente.

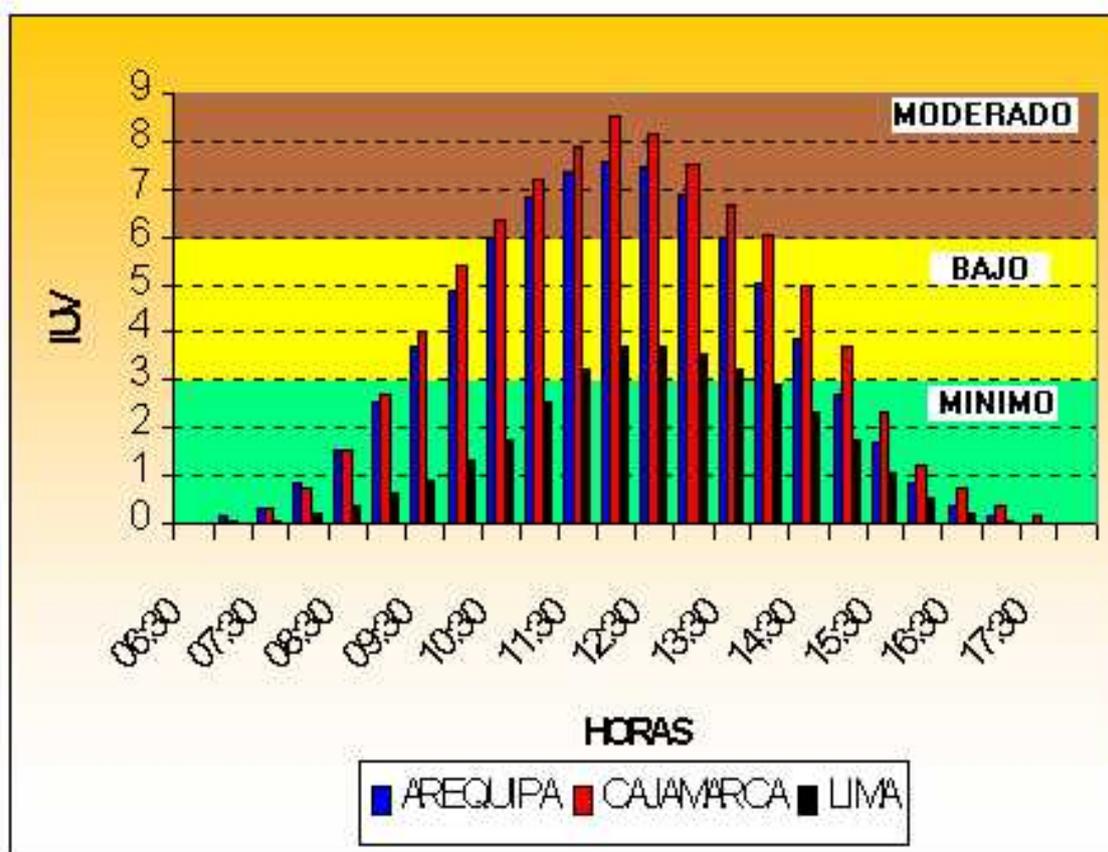
Asimismo se ha utilizado la información de la posición del sol en las diferentes épocas del año, la información de la concentración de ozono total para nuestras latitudes obtenido por un equipo denominado Espectrofotómetro Dobson, el cual se encuentra instalado en la Estación de Vigilancia Atmosférica 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.

3. Resultados

En la **figura 1** se aprecian los Índices de radiación ultravioleta-B observados en el mes de agosto del 2005, calculados para las ciudades de Arequipa, Cajamarca y Lima.

Figura 1. Índices de Radiación Ultravioleta – B mensual

Para Arequipa, Cajamarca y Lima - agosto 2005



En el mes de agosto del 2005 los mayores valores se registraron en Cajamarca con un Índice IUV promedio al mediodía de 8,0 (considerado como un nivel de riesgo moderado), mientras que en Arequipa los mayores índices registraron un valor promedio de 7,0 (con nivel de riesgo moderado).

De lo expuesto podemos decir a manera de ejemplo, que una persona de piel blanca que estuvo en Cajamarca donde el IUV al mediodía fue de 8,0, el máximo período de tiempo que esta persona pudo exponerse al sol sin enrojecimiento de la piel, fue de 25 minutos; mientras que si la misma persona hubiera estado en Arequipa (con un IUV de 7,0) el tiempo de exposición máximo también hubiera sido de 25 minutos. Por encima de estos períodos 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 se prolongaba.

Con los mismos índices antes mencionados, una persona que se encontró tanto en Cajamarca como en Arequipa con un tipo de piel entre trigueño claro y trigueño, el tiempo máximo de exposición al sol sin haber sufrido daños a la piel hubiera sido de 40 minutos.

Cabe resaltar que las personas de piel blanca con pecas y las de piel blanca sin pecas son las más 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. Pronóstico del Índice IUV

A continuación se presenta el pronóstico para el mes de agosto. Ver **cuadro N°3**.

4.1 Para Lima

Para el mes de agosto se pronostica que la intensidad de la radiación UV-B así como el índice IUV sea similar al mes de agosto debido a que las condiciones meteorológicas predominantes serán parecidas y los niveles de radiación ultravioleta también. Durante el mes de agosto tendremos algunos días soleados con algún tipo de cobertura nubosa predominantemente baja y media. Asimismo, la cantidad de estos tipos de cobertura nubosa (especialmente del tipo estratos) será continuo en toda la temporada de invierno. Se prevé para el mediodía un IUV de 4, considerado con un nivel de riesgo bajo.

4.2 Para Arequipa

Para el mes de agosto, 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 7 - 8. El nivel de riesgo para las personas será moderado, por lo que no es conveniente que las personas de tez blanca principalmente, se expongan mayor tiempo directamente al sol, sin protector solar.

4.3 Para Cajamarca

Durante el mes de agosto, las condiciones meteorológicas que prevalecerán, especialmente las de nubosidad, permitirá que los índices de radiación ultravioleta se mantengan como en el mes de agosto. A partir de la última semana de agosto se registrará un ligero aumento, alcanzando valores promedios entre 8 – 9. El nivel de riesgo para las personas será entre moderado y alto.

Cuadro N°3. Pronóstico del Índice UV-B

	IUV OBSERVADO AGOSTO	IUV PRONOSTICADO AGOSTO	NIVEL DE RIESGO
LIMA	3	4	*BAJO



AREQUIPA	7	7 – 8	*MODERADO
CAJAMARCA	8	8 - 9	*MODERADO *ALTO

5. Recomendaciones

Por lo anteriormente mostrado, se recomienda a la población (especialmente de las regiones altoandinas) 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 horas 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.