



consorcio de investigación
económica y social

IMPACTO ECONÓMICO EN LA SALUD POR CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN LIMA METROPOLITANA¹

Juan José Miranda

jjmiranda@iep.org.pe

Instituto de Estudios Peruanos

Setiembre, 2006

¹ Esta investigación se desarrolla dentro del marco del Programa de Investigaciones ACIDI – IDRC del año 2005 organizado por el Consorcio de Investigación Económica y Social (CIES) y cuenta con la acogida del Instituto de Estudios Peruanos (IEP). Las opiniones vertidas no necesariamente reflejan la opinión del CIES o el IEP. Los errores u omisiones corresponden al autor.

LISTA DE ACRÓNIMOS

CONAM	Comisión Nacional del Ambiente
DIGESA	Dirección General de Salud Ambiental
EPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i>
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
MINSA	Ministerio de Salud
PISA	Plan Integral de Saneamiento Atmosférico
PM10	Partículas en Suspensión menores a 10 micras
PM2.5	Partículas en Suspensión menores a 2.5 micras
PTS	Partículas Totales en Suspensión
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

ÍNDICE

1.	Introducción.....	4
2.	Marco teórico.....	7
3.	Lima Metropolitana y la contaminación ambiental	12
3.1.	Características geográficas	12
3.2.	Características poblacionales	14
3.3.	Contaminación ambiental en Lima Metropolitana	16
3.4.	Enfermedades asociadas a la contaminación ambiental	18
4.	Aproximación “ <i>integrated assessment</i> ”	22
5.	Estimación del beneficio de reducir la contaminación	25
6.	Conclusiones y recomendaciones	28
7.	Bibliografía.....	30
8.	Anexos	34

1. Introducción

La contaminación ambiental es un problema que se ha venido agravando en las últimas décadas en el Perú, sin embargo, en la práctica es poco lo que se ha hecho para reducirla a niveles aceptables o permitidos. A principios de la presente década se emitieron dos normas legales substanciales que tienen como objetivo principal controlar los niveles de los contaminantes; sin embargo, hasta la fecha, no logran el real efecto para el que fueron dictaminadas: reducir la contaminación.

En efecto, en el año 2001, se aprobó el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, mediante el Decreto Supremo 074-2001-PCM (norma publicada el 24 de Junio del 2001), en el cual se restringe a los contaminantes Dióxido de Azufre, Dióxido de Nitrógeno, Ozono, PM10 y PM2.5 (ver Anexo #1, #2, #3). Esta norma tiene como objetivo controlar la contaminación crónica, es decir, por espacios de tiempo prolongados y sostenidos.

Posteriormente, en el año 2003, se aprobó el Reglamento de los Niveles de Estados de Alerta Nacionales para Contaminantes del Aire, a través del Decreto Supremo N° 009-2003-SA (norma publicada el 25 de Junio del 2003) el cual tiene como objetivo controlar la contaminación aguda a través de exposiciones de corta duración, los cuales se caracterizan por requerir medidas inmediatas para reducir la concentración del contaminante en el aire y disminuir la exposición de la población a dichos contaminantes² (ver Anexo # 4).

En el Perú, la contaminación del aire en el Perú se genera debido al desarrollo de actividades industriales (como la actividad pesquera o minera) y por el deficiente parque automotor. De manera específica para Lima Metropolitana, el parque automotor y la actividad industrial son las principales causas de contaminación del aire (ver Mapa # 1).³ En efecto, según Plan Integral de Saneamiento Atmosférico – PISA de las unidades vehiculares son responsables de aproximadamente el 90% de la contaminación del aire (específicamente en PM10), mientras que

² Esta norma fue posteriormente modificada a través del Decreto Supremo 012-2005-SA (norma publicada el 10 de Mayo del 2005).

³ Existen dos fuentes importantes de contaminación del aire: (i) las fuentes móviles que incluyen a los automóviles, autobuses, locomotoras, camiones y aviones, siendo la principal fuente el automóvil pues produce monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles (COVs), plomo, entre otros. (ii) las fuentes estacionarias que incluye a las plantas de energía, industrias químicas, refinerías de petróleo, fábricas, imprentas, lavanderías, restaurantes o viviendas que usan leña o carbón para cocinar (CONAM, s/f).

el 10% restante se explica por las fuentes estacionarias (PISA, 2002). El parque automotor puede generar agravar los problemas en el futuro debido a que este sector en Lima Metropolitana crece en promedio 7% cada año, lo que sumado a la falta de mantenimiento de los vehículos y la ausencia de revisiones técnicas, no se logra controlar la emisión de gases contaminantes (El Comercio, 2005).⁴

Mapa # 1
Principales zonas afectadas por la contaminación del aire



Fuente: CONAM

El principal problema relacionado con la contaminación del aire es que ésta resulta ser una de las más dañinas para salud (EPA, 1999). Hay evidencia que demuestra que este tipo de contaminación genera complicaciones asmáticas, enfermedades bronquiales e –inclusive– hasta muerte prematura. Dentro de todos los contaminantes del aire, las partículas en suspensión resultan ser las más peligrosas (World Bank Institute, 2002). Cabe resaltar que en el Perú, no se

⁴ Según Econ Análisis (2006), hay otro estimado elaborado por el CONAM en el cual el parque automotor y las fuentes estacionarias tienen similares participaciones en la generación de emisiones de PM10.

regula a las Partículas Totales en Suspensión – PTS, pero sí se regula al Partículas en Suspensión menores a 10 micras – PM10⁵ y a las Partículas en Suspensión menores a 2.5 micras – PM2.5⁶.

Estos problemas de contaminación del aire se agravan principalmente en las ciudades capitales debido a la densidad poblacional. Así, tal como lo menciona la Iniciativa del Aire Limpio para América Latina, el principal problema de contaminación atmosférica en el Área Metropolitana es la alta concentración de PM10, siendo las zonas críticas el Centro, Norte, Noreste y Este de la ciudad.

De esta manera, el objetivo central de esta investigación es estimar el beneficio de reducir la contaminación del aire en Lima Metropolitana, en especial generado por las partículas en suspensión menores a 10 micras – PM10, con el fin de poder reconocer en cuánto asciende el costo para la sociedad por no lograr los estándares establecidos.

El esquema del documento es como sigue. En la segunda parte se desarrolla una breve explicación de la parte teórica que sustenta el estudio, en la tercera parte se explica las características principales geográficas, poblaciones, contaminación ambiental, morbilidad y mortalidad de Lima metropolitana. En la tercera parte se expone la metodología utilizada denominada “Integrated Assessment”, mientras que en la cuarta parte se estima el beneficio de la reducción de la contaminación en Lima Metropolitana para finalmente pasar a las conclusiones y recomendaciones del estudio.

⁵ El Límite Máximo Permitido es de 80 ug/m3 (anual) ó 200 ug/m3 (24 horas). Ver Anexo # 1.

⁶ El Límite Máximo Permitido es de 15 ug/m3 (anual) ó 65 ug/m3 (24 horas). Ver Anexo # 3.

2. Marco teórico⁷

Existen diversas aproximaciones teóricas para lograr estimar el valor monetario generado por la contaminación ambiental. Uno de los modelos más importantes fue desarrollado por Harrington y Portney (1987) a través de funciones de producciones de salud en el que analizan de manera explícita la relación entre la disponibilidad de pago por la reducción en la contaminación, la reducción en el costo de enfermedad y los cambios en los gastos defensivos que tiene que incurrir un individuo para mantener menores niveles de contaminación (Murthy et al, 2003).

El método de preferencias reveladas (en donde se encuentra el método de valorización contingente y se pregunta de manera directa a cada agente su disponibilidad de pago) y el método de costo de oportunidad (en donde se encuentra el método de costo de enfermedad y los gastos defensivos) son los procedimientos más comunes para evaluar la contaminación ambiental (Freeman III, 1999).

De manera general se puede establecer que la contaminación del aire afecta a la salud humana a través de cuatro canales: (i) los gastos médicos para los tratamientos asociados a las enfermedades generadas por la contaminación del aire –incluyendo los costos relacionados como el costo de oportunidad del tiempo perdido por realizar estos tratamientos–; (ii) la pérdida de salario como resultado de no poder trabajar en los días de enfermedad; (iii) los costos asociados para prevenir –o costos defensivos– para prevenir las enfermedades inducidas por la contaminación del aire; y, (iv) la desutilidad asociada con los síntomas y las pérdidas de oportunidad de ocio causadas por la enfermedad.

En este sentido, a través del método de costo de oportunidad es posible estimar los tres primeros canales de costos generados por la contaminación del aire, mientras que el cuarto canal sólo puede ser valorizado a través del método de valorización contingente (Freeman III, 1999).

Si se tiene una función de producción de salud individual en el cual se incluye variables exógenas como las ambientales (por ejemplo, de contaminación ambiental) y otras variables de elección (como medicina preventiva o costos de tratamiento) con el fin de incluir una medida del estado de salud de cada individuo.

⁷ Marco teórico basado en Freeman III (1999). Capítulo 10.

Entonces, la función de producción de salud para un individuo, representada por los días que la persona pasa enferma (s), puede escribirse como una función dependiente de los días con enfermedad (d); y, por otro lado, del tratamiento médico incurrido y de las actividades para mitigar la contaminación (b).

$$s = s(d, b) \quad [1]$$

Asimismo, se asume que los días expuestos a la contaminación (d) puede representarse como una función de la concentración del contaminante –aunque también puede interpretarse como el número de días en que el contaminante excede al nivel establecido, debido a que a partir de ese nivel causa daños importantes en la salud– (c); y, de las actividades de prevención que realiza el individuo (a).

$$d = d(c, a) \quad [2]$$

De esta manera, sustituyendo resulta que:

$$s = s(c, a, b) \quad [3]$$

En el que los días que una persona pasa enferma (s) dependerá positivamente del nivel del contaminante ($\partial s / \partial c > 0$), pero negativamente de las actividades que realiza el mismo individuo para reducir el nivel de contaminación y de las actividades de prevención que realiza ($\partial s / \partial b, \partial s / \partial a > 0$).

De esta manera la utilidad que el individuo obtiene (u) está determinada por el nivel que consume de bienes (X), de ocio (f) y de enfermedad (s).

$$u = u(X, f, s) \quad [4]$$

Así, la utilidad del individuo dependerá positivamente del nivel de bienes y ocio que consuma ($\partial u / \partial X, \partial u / \partial f > 0$), pero negativamente del nivel de días que pasa enfermo ($\partial u / \partial s < 0$).

Si la restricción presupuestaria que maneja el individuo se representa como la suma del ingreso no laborable (I), más el ingreso laborable (que se expresa como el tiempo total disponible (T) restado del tiempo de ocio (f) y del tiempo que se pasa enfermo (s)) multiplicado por el salario

(p_w) ; es igual al costo que se realiza en los bienes que se consume (X) –para el cual se asume que tiene un precio de uno–, sumado del costo total que se gastan en las actividades de prevención (a , siendo su precio p_a) y en las actividades para mitigar la contaminación (b , siendo su precio p_b).

$$I + p_w(T - f - s) = X + p_a \cdot a + p_b \cdot b \quad [5]$$

Entonces, maximizando según las condiciones de primer orden son (en donde λ es el Multiplicador Lagrangiano):

$$\frac{\partial u}{\partial X} = \lambda; \quad [6.a]$$

$$\frac{\partial u}{\partial f} = \lambda \cdot p_w; \quad [6.b]$$

$$\frac{\partial u}{\partial s} \cdot \frac{\partial s}{\partial b} = \lambda \cdot p_b + \lambda \cdot p_w \cdot \frac{\partial s}{\partial b}; \quad [6.c]$$

$$\frac{\partial u}{\partial s} \cdot \frac{\partial s}{\partial a} = \lambda \cdot p_a + \lambda \cdot p_w \cdot \frac{\partial s}{\partial a} \quad [6.d]$$

Y reemplazando [6.a] y [6.b] se llega a que (λ puede interpretarse como la utilidad marginal del ingreso):

$$\lambda \cdot \frac{p_b}{\partial s / \partial b} = \frac{\partial u}{\partial s} - \lambda \cdot p_w = \lambda \cdot \frac{p_a}{\partial s / \partial a} \quad [7]$$

Por otro lado, si se tiene la función indirecta de utilidad, la cual está dada por: $v(I, p_w, p_a, p_b, c)$ la que tomando diferencia total nos da (siendo w_c la disponibilidad de pago marginal por una reducción en la contaminación):

$$w_c = \frac{dI}{dc} = - \frac{\partial v / \partial c}{\partial v / \partial I} = - \frac{\partial v / \partial c}{\lambda}; \quad [8]$$

$$\frac{\partial v}{\partial c} = \frac{\partial u}{\partial s} \cdot \frac{\partial s}{\partial c} - \lambda \cdot p_w \cdot \frac{\partial s}{\partial c}$$

$$\frac{\partial v}{\partial c} = \left(\frac{\partial u}{\partial s} - \lambda \cdot p_w \right) \frac{\partial s}{\partial c} \quad [9]$$

Entonces, sustituyendo [7] y [9] en [8], se obtiene:

$$w_c = -p_b \cdot \frac{\partial s / \partial c}{\partial s / \partial b} = p_b \cdot \frac{\partial b}{\partial c} \quad [10.a]$$

$$w_c = -p_a \cdot \frac{\partial s / \partial c}{\partial s / \partial a} = p_a \cdot \frac{\partial a}{\partial c} \quad [10.b]$$

De esta manera para evaluar la disponibilidad de pago marginal (w_c) en [10.a] y [10.b] resulta complicada debido a que es necesario estimar una función de producción para la salud que permita evaluar tanto el numerador como el denominador para todas las alternativas posibles de las actividades de tratamiento médico incurrido y de mitigación para reducir la contaminación (b) y las actividades de prevención que realiza el individuo (a) ante cambios en el contaminante (c). Más aún, es necesario estimar los precios –o costos incurridos– respectivos de (b) y (a) para cada opción.

Por esto, Freeman III (1999) propone una alternativa diferente que permita estimar la relación entre el nivel de contaminación y el costo asociado a ésta. Así, si se sabe que las funciones de demanda para los bienes reducir el nivel de contaminación (a) y para las actividades de prevención que realiza (b) son: $a^*(I, p_w, p_a, p_b, c)$ y $b^*(I, p_w, p_a, p_b, c)$ los que generan las cantidades óptimas de a y b en función de los precios, del nivel de calidad ambiental y del ingreso.

Entonces, tomando la derivada total de la función de producción de salud se obtiene que:

$$\frac{ds}{dc} = \frac{\partial s}{\partial a} \cdot \frac{\partial a^*}{\partial c} + \frac{\partial s}{\partial b} \cdot \frac{\partial b^*}{\partial c} + \frac{\partial s}{\partial c}$$

Que reordenando es igual a:

$$\frac{\partial s}{\partial c} = \frac{ds}{dc} - \frac{\partial s}{\partial a} \cdot \frac{\partial a^*}{\partial c} - \frac{\partial s}{\partial b} \cdot \frac{\partial b^*}{\partial c}$$

Y que multiplicado por [7]⁸ obtenido de la condición de primer orden, entonces, se obtiene:

$$-p_a \cdot \frac{\partial s / \partial c}{\partial s / \partial a} = \left(p_w - \frac{\partial u / \partial s}{\lambda} \right) \cdot \frac{ds}{dc} - \left(p_w - \frac{\partial u / \partial s}{\lambda} \right) \cdot \frac{\partial s}{\partial a} \cdot \frac{\partial a^*}{\partial c} - \left(p_w - \frac{\partial u / \partial s}{\lambda} \right) \cdot \frac{\partial s}{\partial b} \cdot \frac{\partial b^*}{\partial c}$$

Que luego de reordenarlo es igual a:

$$w_c = p_w \cdot \frac{ds}{dc} + p_b \cdot \frac{\partial b^*}{\partial c} + p_a \cdot \frac{\partial a^*}{\partial c} - \frac{\partial u / \partial s}{\lambda} \cdot \frac{ds}{dc} \quad [11]$$

⁸ De [7] ordenando se puede obtener: $-\frac{p_a}{\partial s / \partial a} = p_w - \frac{\partial u / \partial s}{\lambda}$

Entonces, en conclusión, se obtiene que la disponibilidad de pago marginal (w_c) corresponde a la suma del costo de enfermedad por las actividades de tratamiento médico incurrido y de mitigación $\left(p_b \cdot \frac{\partial b^*}{\partial c} \right)$, más el costo de las actividades de prevención que realiza el individuo $\left(p_a \cdot \frac{\partial a^*}{\partial c} \right)$, más el valor monetario de la desutilidad que genera la enfermedad $\left(-\frac{\partial u/\partial s}{\lambda} \cdot \frac{ds}{dc} \right)$ (que como ya se mencionó más adelante, $\partial u/\partial s$ es negativo por lo que en vez de restar, sumaría), y más el tiempo perdido de trabajo y ocio que se valorizan al salario $\left(p_w \cdot \frac{ds}{dc} \right)$.

Como lo menciona Freeman III (1999), para el término ds/dc no es necesario estimar una función de producción de salud, pero sí necesitamos estimar una función dosis-respuesta (que es una forma reducida que relaciona la enfermedad con el contaminante más otras variables que afectan el nivel de salud).

De esta manera –como ya se mencionó al inicio–, estimar los tres primeros términos de la ecuación [11] nos permitirá obtener un valor inferior respecto de la disponibilidad de pago pues no se incluye la desutilidad asociada con los síntomas y las pérdidas de oportunidad de ocio causadas por la enfermedad, la cual es posible estimarlo sólo a través del método de valorización contingente (Freeman III, 1999).

Hay pocos estudios empíricos que muestran esta diferencia. Según Alberini y Krupnick (2000), en un estudio implementado en Taiwan, los autores encontraron que para los síntomas respiratorios menores asociados con la contaminación del aire por PM10, los costos hallados por el método de valorización contingente exceden a los costos hallados por el método de costos de la enfermedad entre 1.6 a 2.2 veces, según el nivel del contaminante PM10 debido a que el método de valorización contingente incluye aquellas valorizaciones no monetarias que no son posibles estimarlas a través de la información proveniente del mercado (información en que se basa el método de costos de la enfermedad).

3. Lima Metropolitana y la contaminación ambiental

Luego de haber analizado la relación teórica entre la contaminación y la salud, se analiza las características principales geográficas, poblacionales, los niveles de contaminación ambiental, y las principales causas de morbilidad y mortalidad en Lima metropolitana con el fin de reconocer en qué condiciones se desarrolla la contaminación del aire y cuáles son sus principales consecuencias en la capital.

3.1. Características geográficas

La ciudad de Lima Metropolitana se encuentra situada en los conos de deyección de los ríos Chillón, Rímac y Lurín que forma cada uno respectivas cuencas hidrográficas: La cuenca del río Chillón (que 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), La Cuenca del río Rímac (que 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) y la cuenca del río Lurín (que abarca los distritos de Cieneguilla, Pachacamac, Villa María del Triunfo, Villa El Salvador, Turín y noroeste de Punta Hermosa) (SENAMHI, 2006).

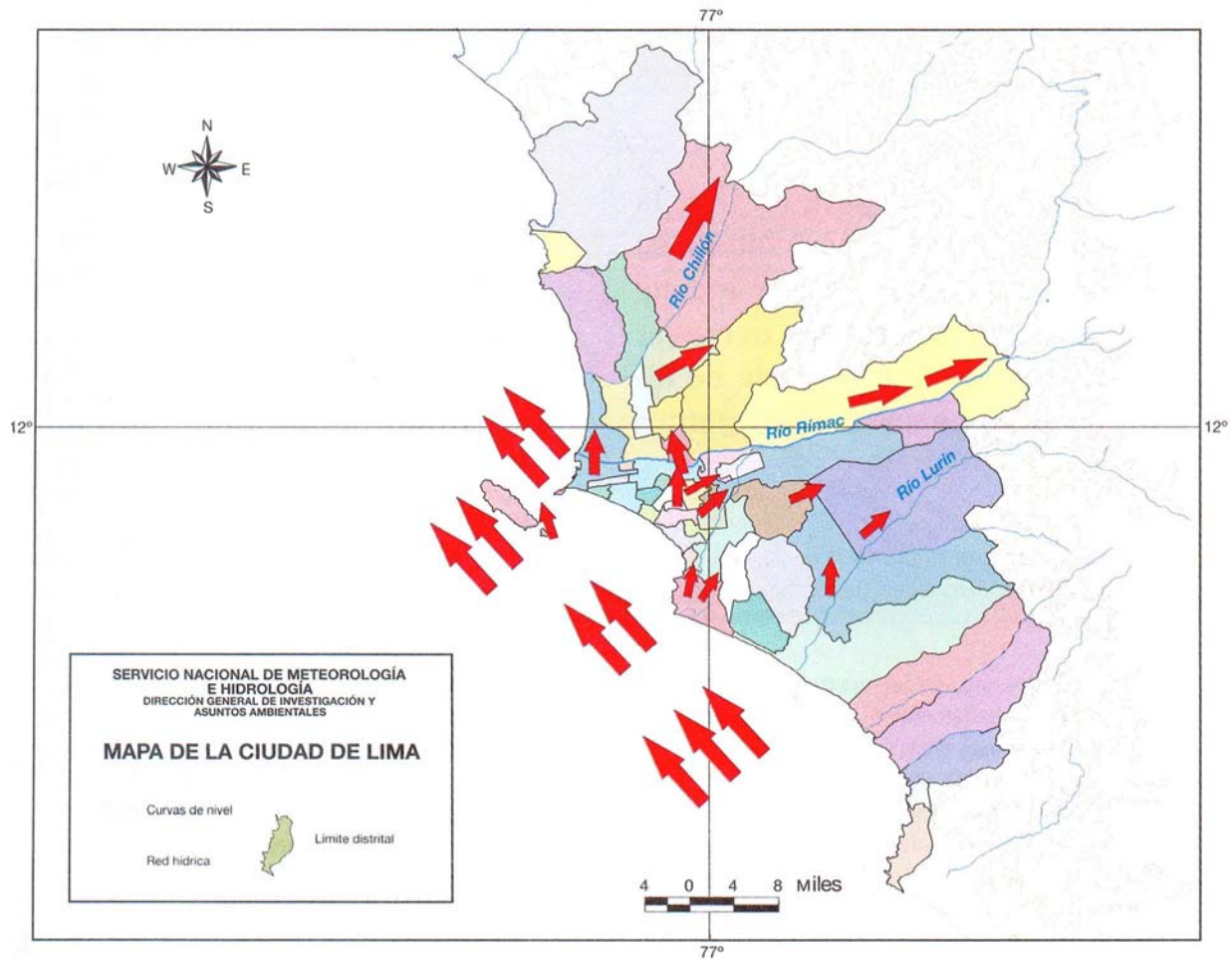
La ciudad se caracteriza por tener una topografía relativamente plana. En adición, se caracteriza por tener un clima templado, con alta humedad atmosférica y constante humedad durante el invierno; escasa precipitación, con un promedio anual de aproximadamente 20 milímetros y una temperatura media anual de 18° centígrados (Korc, 2003).

Según Korc (2003) “los contaminantes son transportados hacia el norte y el este de la ciudad, siguiendo un patrón de vientos dominante. Además, los contaminantes tienden a acumularse en las microcuencas del Río Chillón y del Río Rímac, en La Molina y en San Juan de Lurigancho, debido a la existencia de una inversión térmica permanente de una altura promedio de 500 metros

sobre el nivel del mar (msnm) y porque los vientos son atrapados o desviados de su curso natural por los cerros y las montañas”.⁹

De esta manera, las condiciones meteorológicas y geográficas de Lima Metropolitana contribuyen a la contaminación de su atmósfera. Para mayor detalle sobre cómo afecta los vientos en la ciudad y en qué zonas principalmente se concentra la contaminación del aire, ver Mapa # 2.

Mapa # 2
Mapa de vientos predominantes en cuenca atmosférica de Lima Metropolitana



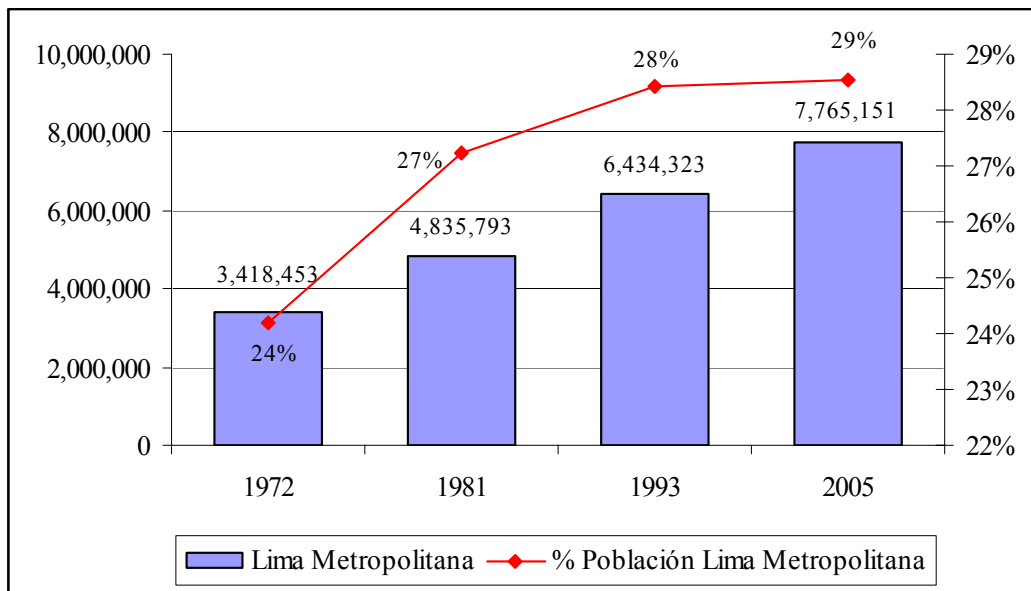
Fuente: Korc (2003).

⁹ Según otros autores, la inversión térmica, en el verano, se presenta a una altura de 300 msnm y en el invierno fluctúa entre 400 y 800 msnm (Cabrera et al, 2002).

3.2. Características poblacionales

La población de Lima Metropolitana ha venido creciendo sosteniblemente. Actualmente, al año 2005, la población asciende a cerca de 7.8 millones de habitantes que representan el 29% del total de la población peruana. Como se observa en Gráfico # 1, en el año de 1972 Lima Metropolitana tan sólo era 3.4 millones de habitantes y representaba un 24% de la población nacional lo que muestra que, en más de 30 años, la población capitalina ha aumentado en 127%.

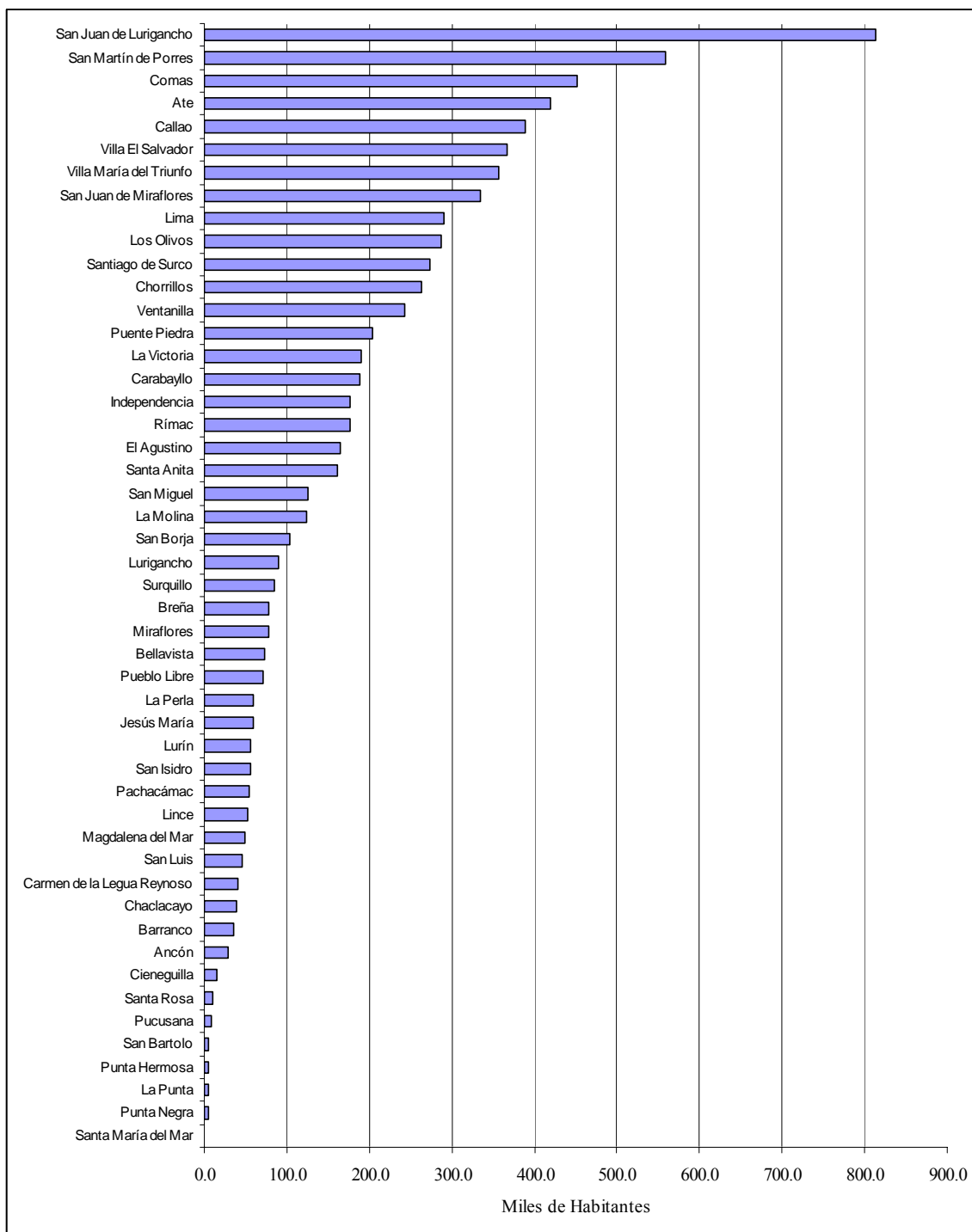
Gráfico # 1
Crecimiento población de Lima Metropolitana
(Censo Nacional 1972, 1981, 1993, 2005)



Fuente: INEI (2005) e INEI (2006).

A nivel distrital, se observa que el distrito de San Juan de Lurigancho es el que tiene mayor población (813 mil habitantes) que representa el 10% de la población de Lima Metropolitana. Luego, continúa el distrito de San Martín de Porres (560 mil habitantes) y representa al 7% del total. Posteriormente sigue el distrito de Comas (452 mil habitantes) representando el 6% del total. Entre estos tres distritos se concentra cerca del 23% de la población, mientras que entre los primeros seis distritos se concentra cerca del 40% de la población de Lima Metropolitana (Ver gráfico # 2).

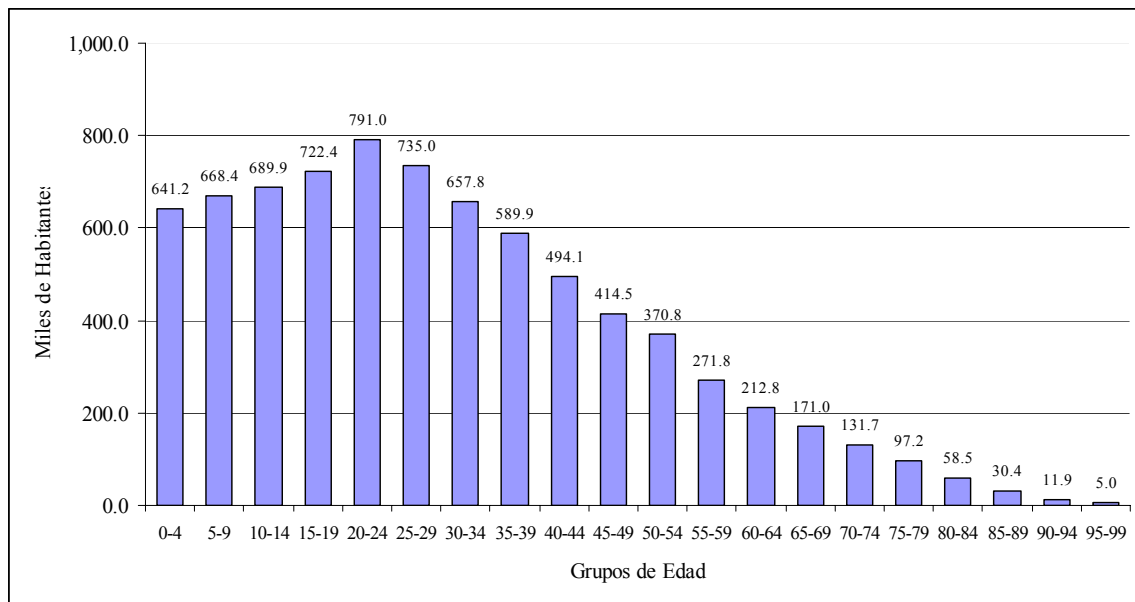
Gráfico # 2
Concentración poblacional de Lima Metropolitana: 2005
(En miles de habitantes)



Fuente: INEI (2006).

Complementariamente, del total de la población de la capital, las personas entre 20 y 24 años de edad representan el 10% del total de la población, seguido por las personas que se ubican entre los 25 a 29 años de edad que representan el 9.5% del total. En general se nota una concentración bastante elevada en los grupos de edad más jóvenes. Así, entre los 0 a 29 años de edad se encuentra el 55% del total de la población de Lima Metropolitana (Ver gráfico # 3).

Gráfico # 3
Grupos de edades de la población de Lima Metropolitana: 2005
(En miles de habitantes)



Fuente: INEI (2006).

3.3. Contaminación ambiental en Lima Metropolitana

En Lima Metropolitana, según la Iniciativa del Aire Limpio para América Latina, el principal problema de contaminación atmosférica es la alta concentración de PM10, siendo las zonas críticas el Centro, Norte, Noreste y Este de la ciudad.¹⁰

Como se observa en el gráfico # 4, los niveles de concentración hallados para las Partículas Menores a 2.5 – PM2.5¹¹, durante los años 2001 y 2002, han sido bastante superiores que los

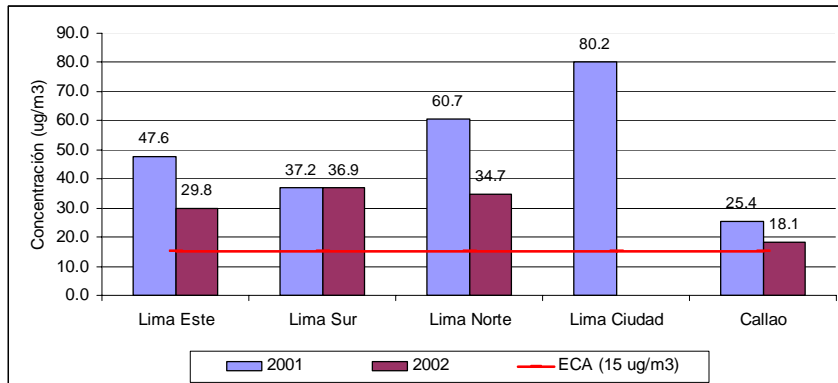
¹⁰ Existe una relación lineal entre los diversos tipos de partículas contaminantes. Así, $PM10 \cong PTS * 0.55$, mientras que $PM10 \cong PM2.5 / 0.6$ (McKinley et.al., 2003).

¹¹ El origen de las PM 2.5 “puede ser natural, constituidas por arenas, polvo del suelo, emisiones volcánicas o antropogénico, como emisiones vehiculares, las procedentes de incineradores, fábricas de cemento y diversas actividades domésticas e industriales. Las partículas menores de 2.5 son las más importantes pues

estándares establecidos, en especial para Lima Ciudad que supera en más de cinco veces el límite permitido.

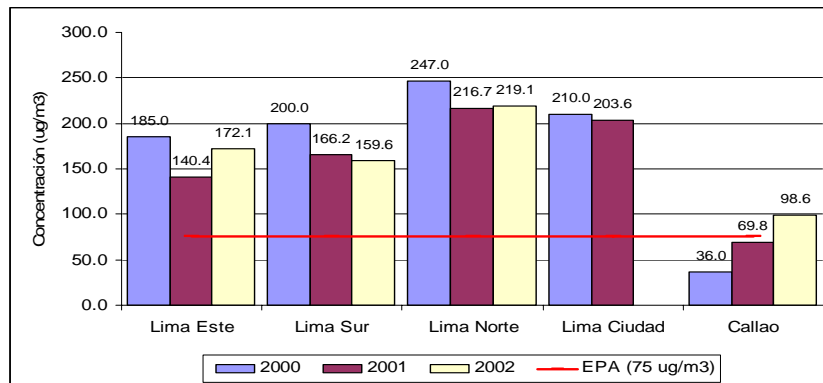
Por otro lado, si se analiza las Partículas Totales en Suspensión, gráfico # 5, el mismo efecto se nota con la sola excepción del distrito del Callao que durante los años 2000 y 2001 no excedía el nivel máximo permitido por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en ingles), pero que en el año 2002 ya sobrepasó dicho límite. En este caso, Lima Norte posee los valores más altos que llegan hasta ser tres veces el límite permitido.

Gráfico # 4
Nivel de concentración de PM 2.5 halladas en Lima Metropolitana



Fuente: DIGESA

Gráfico # 5
Nivel de concentración de PTS halladas en Lima Metropolitana



Fuente: DIGESA

su pequeño tamaño y su forma aerodinámica les permite llegar a los alvéolos pulmonares. Las mayores quedan retenidas en los bronquios” (DIGESA, 2005).

3.4. Enfermedades asociadas a la contaminación ambiental

En Lima Metropolitana las enfermedades asociadas con la contaminación del aire son las que se relacionan con las vías respiratorias¹² y estas se caracterizan por ser importantes tanto en el departamento de Lima como en la provincia del Callao, tal como veremos en las siguientes estadísticas.

En efecto, respecto de las principales causas de consultas de morbilidad llevadas a cabo por el Ministerio de Salud – MINSA, para el período 2002 – 2005, las infecciones agudas de las vías respiratorias superiores (que incluye a los resfriados comunes, sinusitis aguda, faringitis, amigdalitis, laringitis aguda, traqueítis aguda, ente otras) han sido la principal causa de morbilidad. Pero, más aún, las otras infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores y las enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores también constituyeron otras causas principales de morbilidad tanto para el departamento de Lima como para el Callao ubicándose dentro de los principales cinco tipos de causa (ver cuadro # 1).

Cuadro # 1
Ranking de principales causas de morbilidad en Callao y departamento de Lima:
2002 - 2005

Grupo de Causas	Callao				Dpto. Lima			
	2002	2003	2004	2005	2002	2003	2004	2005
Infecciones agudas de las vías respiratorias superiores 1/	1°	1°	1°	1°	1°	1°	1°	1°
Otras infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores 2/	4°	3°	4°	5°	4°	4°	4°	5°
Otras enfermedades de las vías respiratorias superiores 3/	14°	9°	6°	6°	17°	16°	13°	6°
Enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores 4/	5°	5°	5°	4°	5°	5°	5°	4°

1/ Rinofaringitis aguda (resfriado común), sinusitis aguda, faringitis, amigdalitis, laringitis aguda, traqueítis aguda, otras infecciones agudas de sitios múltiples de las vías respiratorias superiores.

2/ Bronquitis aguda, bronquiolitis aguda, infección aguda no especificada de las vías respiratorias inferiores.

3/ Rinitis, sinusitis crónica, pólipos nasal, amigdalitis crónica, laringitis crónica, enfermedades de la faringe, otras enfermedades especificadas de las vías respiratorias superiores.

4/ Bronquitis crónica, enfisemas, enfermedades pulmonares obstructivas crónicas especificadas, asma, bronquiectasia.

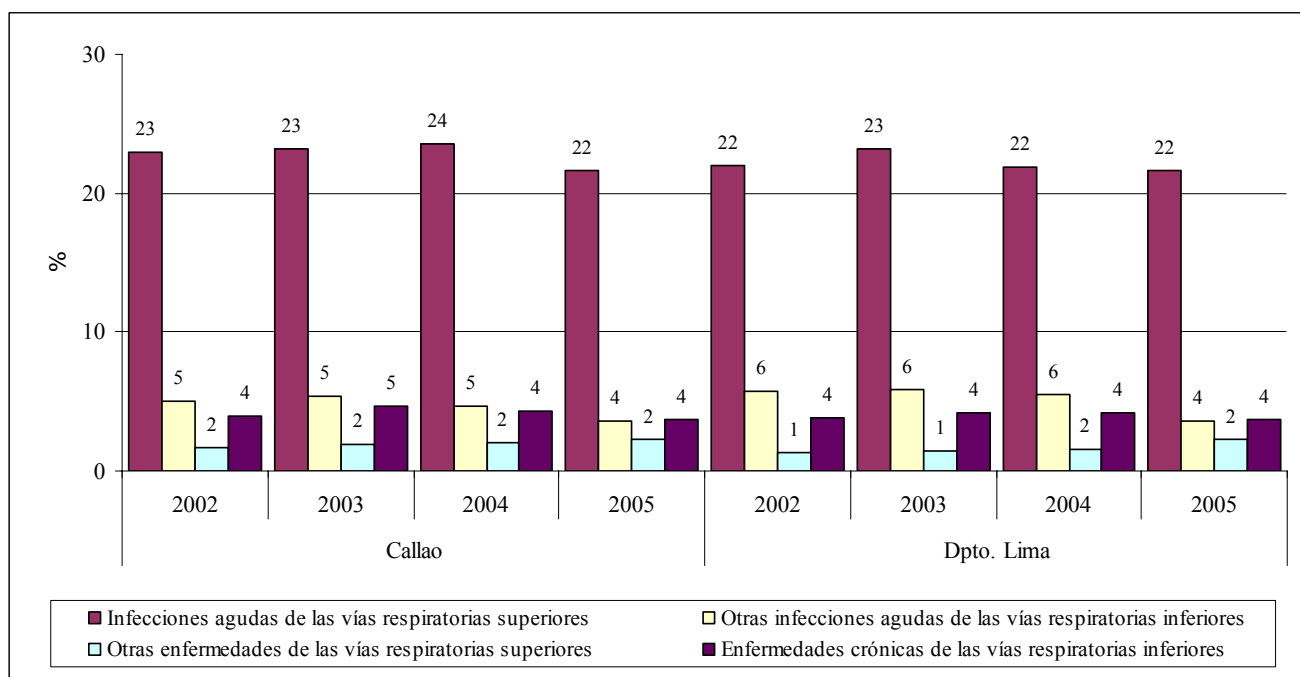
Fuente: MINSA

Elaboración: Propia

¹² Como veremos más adelante, los efectos en la salud Humana por las Partículas en Suspensión pueden ser: Bronquitis crónica, Bronquitis aguda, Ataques de asma, Enfermedades respiratorias, entre otras.

En términos porcentuales, las infecciones agudas de las vías respiratorias superiores, durante los últimos cuatro años, han representado más del 20% de los casos registrados seguido, muy de lejos, por las otras infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores (que en promedio han representado 5% del total de casos), seguido por las enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores (que en promedio representan 4% del total de casos). Ver gráfico # 5.

Gráfico # 5
Principales causas de morbilidad en Callao y departamento de Lima:
2002 - 2005



1/ Rinofaringitis aguda (resfriado común), sinusitis aguda, faringitis, amigdalitis, laringitis aguda, traqueítis aguda, otras infecciones agudas de sitios múltiples de las vías respiratorias superiores.

2/ Bronquitis aguda, bronquiolitis aguda, infección aguda no especificada de las vías respiratorias inferiores.

3/ Rinitis, sinusitis crónica, pólipos nasales, amigdalitis crónica, laringitis crónica, enfermedades de la faringe, otras enfermedades especificadas de las vías respiratorias superiores.

4/ Bronquitis crónica, enfisemas, enfermedades pulmonares obstructivas crónicas especificadas, asma, bronquiectasia.

Fuente: MINSA

Elaboración: Propia

A nivel específico de Lima Metropolitana, para el año 2005, el 20% del total de casos corresponde a enfermedades respiratorias. Como se observa en el Cuadro # 2, de estos, la principal causa son las ya mencionadas infecciones agudas de las vías respiratorias superiores

(obteniendo más de 469 mil casos lo que representa cerca del 45% del total de enfermedades respiratorias, o el 9% del total de morbilidad registrada).

El segundo tipo de enfermedades respiratorias representativas son las enfermedades crónicas de las vías inferiores (que representaron más de 206 mil casos –aproximadamente 20% del total de enfermedades respiratorias–), seguido por las otras infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores (que representaron más de 197 mil casos –cerca del 19% del total de enfermedades respiratorias–) y por las otras enfermedades de las vías respiratorias superiores (que representaron más de 136 mil casos –aproximadamente 13% del total de enfermedades respiratorias–).

A nivel de grupos de edades, estas enfermedades respiratorias mencionadas se concentran principalmente en la población joven, principalmente niños de 0 a 9 años (cerca del 60% del total de casos identificados), seguido por los adolescentes de 10 a 19 años (representando cerca del 16% del total) y las personas maduras de 20 a 59 años (siendo cerca del 20% del total). Ver cuadro # 2.

Cuadro # 2
Morbilidad Registrada para enfermedades respiratorias en Lima Metropolitana
(Incluye Callao): Año 2005

Diagnóstico	De 0 - 9 años	De 10 - 19 años	De 20 - 59 años	De 60 a más años	Total	
					Casos	%
Infecciones agudas de las vías respiratorias superiores 1/	247,617	86,750	112,028	22,901	469,296	45.7%
Enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores 2/	134,331	26,329	28,867	16,562	206,089	20.1%
Otras infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores 3/	134,703	30,976	23,445	8,395	197,519	19.2%
Otras enfermedades de las vías respiratorias superiores 4/	75,311	16,991	32,200	12,048	136,550	13.3%
Otras enfermedades del sistema respiratorio 5/	12,311	1,350	773	543	14,977	1.5%
Otras enfermedades respiratorias que afectan principalmente al intersticio 6/	0	0	0	2,010	2,010	0.2%
Total Enfermedades Respiratorias	604,273	162,396	197,313	62,459	1,026,441	100%
%	58.9%	15.8%	19.2%	6.1%	100%	

1/ Rinofaringitis aguda (resfriado común), sinusitis aguda, faringitis, amigdalitis, laringitis aguda, traqueítis aguda, otras infecciones agudas de sitios múltiples de las vías respiratorias superiores.

2/ Bronquitis crónica, enfisemas, enfermedades pulmonares obstructivas crónicas especificadas, asma, bronquiectasia.

3/ Bronquitis aguda, bronquiolitis aguda, infección aguda no especificada de las vías respiratorias inferiores.

4/ Rinitis, sinusitis crónica, pólipos nasal, amigdalitis crónica, laringitis crónica, enfermedades de la faringe, otras enfermedades especificadas de las vías respiratorias superiores.

5/ Insuficiencia pulmonar aguda y crónica, insuficiencia respiratoria aguda y crónica, trastornos del diafragma y otras enfermedades.

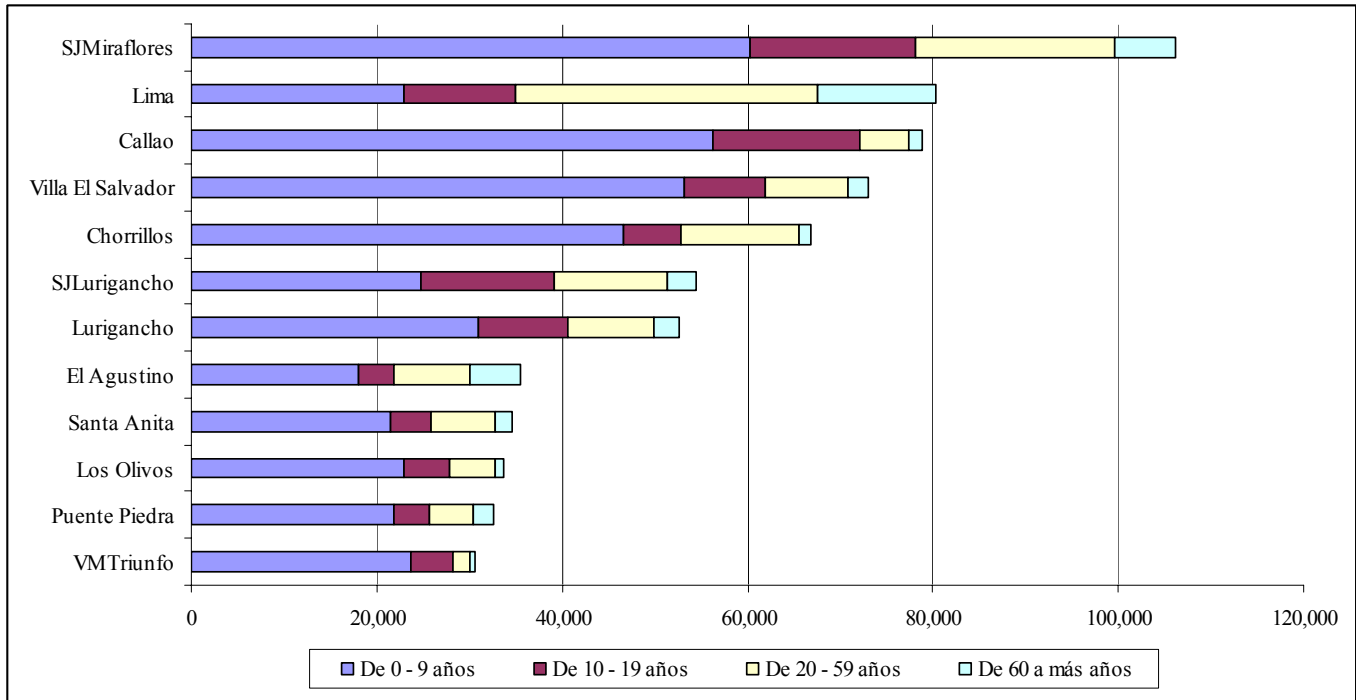
6/ Síndrome de dificultad respiratoria del adulto, edema pulmonar, afecciones alveolares y alveoloparietales y otras enfermedades pulmonares.

Fuente: MINSA

Elaboración: Propia

A nivel geográfico, según el gráfico # 6, el distrito con más casos de enfermedades respiratorias es San Juan de Miraflores (10% del total de casos), seguido por Cercado de Lima (8%), Callao (8%) y Villa el Salvador (7%). Entre los 12 primeros distritos se concentra más del 66% de las enfermedades respiratorias. Para mayor detalle revisar el anexo # 6.

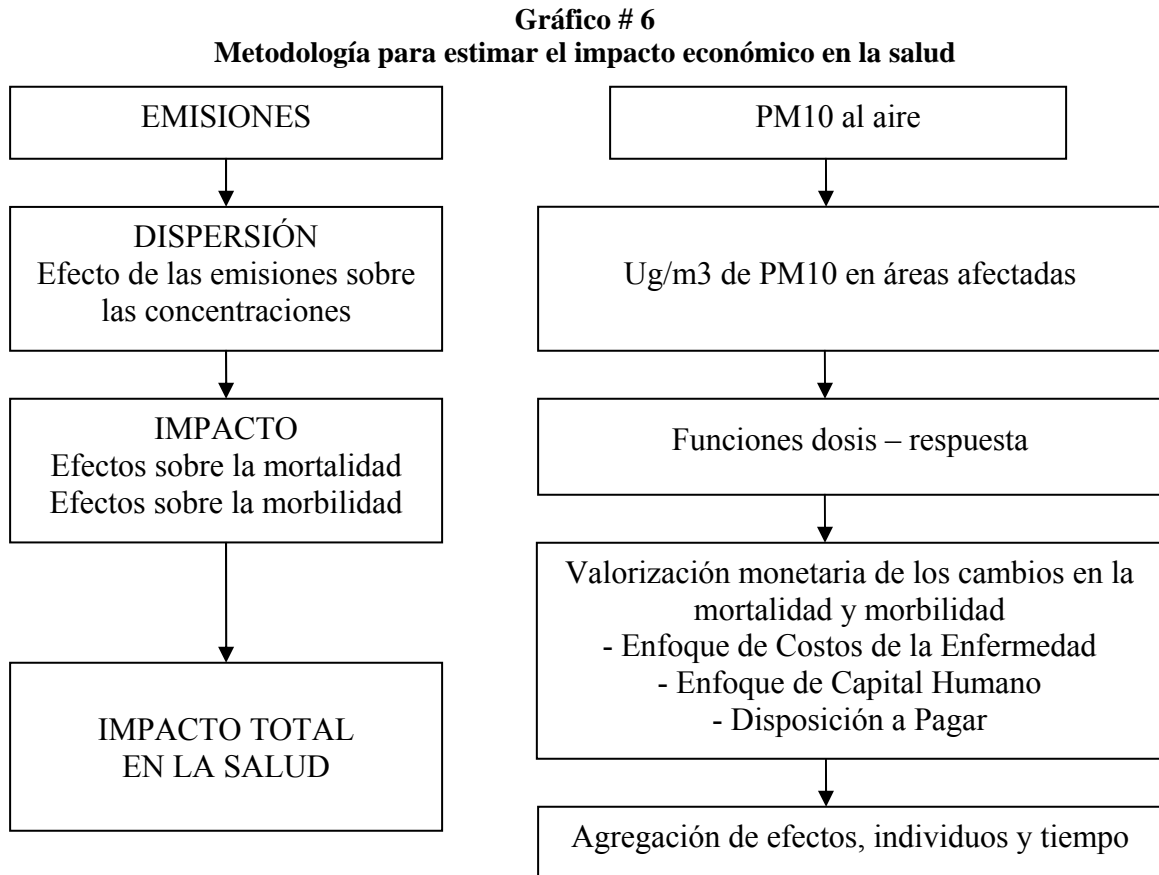
Gráfico # 6
Morbilidad Registrada para enfermedades respiratorias en Lima Metropolitana
Según principales distritos: Año 2005



Fuente: MINSA
 Elaboración: Propia

4. Aproximación “*integrated assessment*”

La aproximación “*integrated assessment*” es una metodología bastante utilizada dentro de los evaluadores de políticas con el fin de lograr aproximarse a un estimado del costo de contaminación ambiental. Para realizar esta aproximación, hay cuatro pasos importantes que deben seguirse y se resumen en el gráfico # 6.



Fuente: Adaptado de Sánchez et. al. (1998)

Primero, se debe estimar las concentraciones y dispersiones en el aire de los contaminantes a evaluar (en nuestro caso el PM10). Segundo, se estiman los efectos que las concentraciones de los contaminantes generan en la salud de las personas tanto sobre la mortalidad y la morbilidad de la población expuesta. Como se observa en el Cuadro # 7, hay efectos no cuantificados y otros posibles efectos que no se incluyen debido a que no existe literatura que corrobore dichas relaciones.

Cuadro # 7
Efectos en la salud humana por las partículas en suspensión

Efectos en la salud cuantificados	<ul style="list-style-type: none"> - Mortalidad prematura - Bronquitis crónica - Bronquitis aguda - Ataques de asma - Enfermedades respiratorias - Enfermedades en el pecho - Admisiones hospitalarias - Días de trabajo perdidos - Días de actividad restringidas
Efectos en la salud no cuantificados	<ul style="list-style-type: none"> - Cambios en las funciones pulmonares
Otros posibles efectos	<ul style="list-style-type: none"> - Problemas respiratorios crónicos - Inflamaciones en el pecho

Fuente: EPA (1997), citado en World Bank Institute (2002).

Para estimar las relaciones entre el contaminante y la salud de las personas, se utiliza las funciones dosis–respuesta que se expresan de la siguiente manera (Ostro, 1994; Sánchez et. al., 1998):

$$dH_i = b * POP_i * dA$$

En donde:

dH_i = Cambio en el riesgo de la población del efecto en salud i

b = Pendiente de la función de dosis–respuesta.

POP_i = Población en riesgo de ser afectada por el efecto i

dA = Cambio en la contaminación atmosférica bajo consideración.

El aplicar funciones dosis–respuesta con estimados realizados en otros países, no es lo óptimo, sin embargo, es una aproximación comúnmente usada (Ostro, 1994; The Mexico Air Quality Management Team, 2002; Sánchez et. al., 1998; Sánchez et. al., 1997; Clean Air Initiative, 2004; McKinley et.al., 2003; EPA, 2004), por lo que conviene aclarar sus limitaciones. Primero, se asume una relación lineal entre el contaminante y el efecto en la salud lo que, en otras palabras, implica que no importa el nivel del contaminante. Segundo, las funciones dosis–respuesta han sido estimadas para otros medios y poblaciones lo que supone que se está asumiendo condiciones semejantes en el estado general de salud de la población, hábitos alimenticios de la población, el

tiempo que se pasa al aire libre y la composición química de los contaminantes (Sánchez et. al., 1998).

El tercer paso corresponde a estimar, en términos monetarios los efectos físicos encontrados en el paso previo. Para valorar los efectos asociados a la morbilidad se utiliza el enfoque de Costo de Enfermedad (el cual tiene dos componentes principales: los gastos asociados a la enfermedad y el salario perdido por los días no laborados) y el enfoque de Valorización Contingente (que estima la disponibilidad a pagar por el individuo por no tener enfermedad alguna relacionada por la contaminación del aire). Complementariamente, para valorar los efectos asociados a la mortalidad también se utiliza dos métodos: el enfoque de Capital Humano (que implica hallar los ingresos dejados de ganar por la muerte prematura de un individuo) y también el enfoque de Valorización Contingente.¹³

Para el caso del enfoque de Capital Humano, lo que se valora es una vida estadística y no necesariamente el valor intrínseco del ser humano. Mediante este método se supone que el valor de cada unidad de capital humano se puede estimar como el valor presente de los ingresos futuros que la persona habría generado de no haber muerto en forma prematura (Sánchez et. al., 1998). Estos ingresos futuros son descontados a una tasa que, según otros estudios, se encuentra en el rango del 3% al 5%.

Finalmente, para el enfoque de Costos de Enfermedad, como ya se ha mencionado, está compuesto de dos partes esenciales: los gastos asociados a la enfermedad (costo de tratamiento) y el salario perdido por los días no laborados. El costo de tratamiento se halla a través de protocolos de tratamiento y diagnósticos locales o, también, aproximando estimados internacionales siendo ajustados a la realidad de pago local ya sea a través de los ingresos o a través de la capacidad de compra.¹⁴ Para mayor detalle ver Kroeger (2004).

¹³ El método de valorización contingente se caracteriza por realizar una encuesta previa en el cual se pregunta sobre cierto bien o servicio que se desea valorar. De esta manera, el valor se calcula sobre la base de lo expresado y no por la conducta observada. Según Cropper y Oates (1997), el basarse en lo expresado, es decir en respuestas hipotéticas, constituye la principal crítica a este método. Este método no analiza la verdadera conducta, sino aquella que resulta de la situación de un mercado construido.

¹⁴ Mediante el costo de enfermedad, hay pérdidas asociadas con la enfermedad que son imposibles de estimarlas como el dolor o el sufrimiento de la persona enferma y de las asociadas a él, además de las restricciones en otras actividades que no constituyen un trabajo. Por tanto, el estimado hallado corresponderá a un valor inferior del verdadero costo (Dixon et. al., 1994).

5. Estimación del beneficio de reducir la contaminación

Para realizar la estimación del beneficio de la contaminación ambiental en Lima Metropolitana por PM 10 se analizan tres escenarios: alto, medio y bajo (de acuerdo a los coeficientes de las funciones dosis-respuesta encontradas) basados en lograr la reducción al máximo nivel permitido por las normas legales peruanas para PM 10, es decir, 50 µg/m³ promedio anual.

En este sentido se trabaja con la información proporcionada por DIGESA para el año 2000 (debido a que es el único año en que se realizaron estimados diarios en las cinco estaciones experimentales (Lima, Lima Sur, Lima Norte, Lima Este, Lima Centro y Callao) en la que se obtiene un promedio aritmético anual de 93 µg/m³.

Estos valores son multiplicado a las funciones dosis – respuesta incluidas en este estudio que corresponden a los seleccionados por Sánchez et al (1997) y que provienen de diversas fuentes, como se observa en el cuadro # 8 para los valores medios y en el anexo # 7 para todos los valores (alto, medio y bajo), además de la fórmula aplicada en detalle.¹⁵

Cuadro # 8
Efectos en la salud humana consideradas en el estudio

Características	Valor Medio Coeficiente Dosis - Respuesta	Fuente
1) Mortalidad	0.100000	Ostro et al (1996)
2) Morbilidad		
a) Cambio en Admisiones Hospitalarias por Enfermedades Respiratorias	0.000673	Burnett et al (1995)
b) Cambio en Admisiones Hospitalarias por Enfermedades Cardiovasculares	0.000640	Burnett et al (1995)
c) Visitas Netas a Sala de Emergencia por Enfermedades Respiratorias	---- *	Sánchez et al (1997)
d) Días de Actividad Restringida	0.016800	Ostro (1990)
e) Enfermedades Respiratorias bajas en Niños (Bronquitis y Tos)	0.001100	Dockery (1996)
f) Bronquitis Crónica	0.000061	Abbey et al (1993)
g) Síntomas respiratorios Agudos	0.169700	Krupnick et al. (1990)
h) Ataques de Asma	0.058400	Ostro et al. (1991), Whittemore and Korn (1980)

* Sánchez, et al (1997), no utilizan una función dosis-respuesta directamente. Trabajan con una relación existente entre el Total de Visitas a Sala de Emergencia y el Total de Admisiones Hospitalarias el cual muestra que las visitas a Sala de Emergencia equivalen a 6 veces las Admisiones Hospitalarias.
Fuente: Sánchez et al (1997).

¹⁵ Se decidió trabajar con la selección realizada por Sánchez et al (1997) debido a que estos autores realizaron un selección detallada de las investigaciones epidemiológicas publicadas en revistas científicas y que sean sólidos metodológicamente, pero, más aún, que muestren una relación estadísticamente significativa entre el contaminante y el efecto en la salud.

Elaboración: Propia

De esta manera, se obtiene el número de casos anuales que se evitarían si es que se logran los estándares nacionales establecidos en la norma respectiva. Como se observa en el cuadro # 9, en términos de mortalidad, se evitarían 2,112 casos (con un mínimo de 1,825 casos y con un máximo de 7,097 casos).

Cuadro # 9
Número de casos anuales estimados por contaminación PM 10
(Reducción al límite máximo anual: 50 µg/m3)

Características	Escenario:		
	Alto	Medio	Bajo
1) Mortalidad	7,097	2,112	1,825
2) Morbilidad			
a) Cambio en Admisiones Hospitalarias por Enfermedades Respiratorias	1,774	1,515	1,324
b) Cambio en Admisiones Hospitalarias por Enfermedades Cardiovasculares	390	316	237
c) Visitas Netas a Sala de Emergencia por Enfermedades Respiratorias	8,872	7,577	6,620
d) Días de Actividad Restringida	5,808,511	4,100,126	2,367,334
e) Enfermedades Respiratorias bajas en Niños (Bronquitis y Tos)	55,162	37,924	24,133
f) Bronquitis Crónica	17,350	11,380	5,597
g) Síntomas respiratorios Agudos	8,704,521	5,781,437	2,735,706
h) Ataques de Asma	3,156,010	935,114	526,802
d) Días de Actividad Restringida Netos*	2,631,555	3,147,245	1,825,290

* Con el fin de evitar doble contabilidad a los días de actividad restringida se le quita los cambios hospitalarios por enfermedades respiratorias, cardiovasculares, las visitas netas a sala de emergencia y los ataques de asma, generando los días de actividad restringida netos.

Fuente: Estimados propios

Elaboración: Propia

Luego, estos valores son estimados en términos monetarios. Para el caso de la mortalidad se asume que la composición en edad de este grupo de individuos se comporta de manera similar al grupo de población de Lima Metropolitana. En este sentido, se divide a la población por grupos de edades y se estima los años que han dejado de ganar ingresos (restándose de la esperanza de vida para Lima que asciende a los 77 años). Estos años dejados de ganar ingresos se monetizan al salario mínimo vital –con el fin de no sobrevaluar los estimados–.¹⁶

¹⁶ El salario mínimo vital asciende a S/. 450 nuevos soles que, en dólares representa US\$ 140 dólares mensuales.

Finalmente, los costos de morbilidad son aproximados a través de los estimados mencionados por Kroeger (2004) quien realiza una extrapolación de los valores estimados para Chile del estudio de Sánchez et al (1997), con la excepción de los días de actividad restringida netos que son monetizados de la misma manera que para el caso de mortalidad, es decir, a través del salario mínimo vital.

De esta manera, el costo estimado para el año 2005 asciende a US\$ 329 millones de dólares (según el escenario medio) que representa el 0.4% del PBI nacional, pero si se compara con el PBI de Lima¹⁷, este porcentaje se duplica a 0.8%.

Complementariamente, si se asume que en términos de política ambiental no se realiza nada durante los siguientes diez años –lo que implica mantener los mismos niveles de contaminación que el año base–, entonces, el costo social en valor presente representa el 3.5% del PBI nacional y el 7.4% respecto del PBI de Lima.¹⁸

Cuadro # 10
Costo anual estimado por contaminación PM 10 en US\$
(Reducción al límite máximo anual: 50 µg/m3)

Características	Escenario:		
	Alto	Medio	Bajo
1) Mortalidad	541,951,601	161,295,119	139,358,983
2) Morbilidad			
a) Cambio en Admisiones Hospitalarias por Enfermedades Respiratorias	860,550	734,962	642,136
b) Cambio en Admisiones Hospitalarias por Enfermedades Cardiovasculares	189,216	153,289	114,966
c) Visitas Netas a Sala de Emergencia por Enfermedades Respiratorias	275,021	234,885	205,219
d) Días de Actividad Restringida*	---	---	---
e) Enfermedades Respiratorias bajas en Niños (Bronquitis y Tos)	2,758,080	1,896,180	1,206,660
f) Bronquitis Crónica	426,730	279,898	137,655
g) Síntomas respiratorios Agudos	87,045,205	57,814,369	27,357,064
h) Ataques de Asma	312,445,033	92,576,306	52,153,433
d) Días de Actividad Restringida Netos	12,335,415	14,752,712	8,556,046
Costo Total Anual	958,286,850	329,737,720	229,732,163
Como porcentaje PBI Nacional 2005	1.21%	0.42%	0.29%
Como porcentaje PBI Dpto. Lima 2005	2.52%	0.87%	0.60%
Costo Total 2005 - 2015	8,174,381,210	2,812,729,636	1,959,661,946
Como porcentaje PBI Nacional 2005	10.30%	3.54%	2.47%
Como porcentaje PBI Dpto. Lima 2005	21.50%	7.40%	5.15%

* Se trabaja sólo con los días de actividad restringida netos.

Fuente: Estimados propios

Elaboración: Propia

¹⁷ Según Cuanto (2005), el PBI de Lima, para el año 2004, representó el 48% del PBI nacional.

¹⁸ La tasa de descuento utilizada para traer los datos a valor presente es de 3%.

6. Conclusiones y recomendaciones

La contaminación ambiental es un problema sustantivo y es poco lo que se ha hecho para reducirla a niveles aceptables o permitidos. Hay diversas normas legales que regulan los niveles de contaminación, sin embargo, no han logrado reducir efectivamente la contaminación.

En el Perú, la contaminación del aire en el Perú se genera principalmente debido al desarrollo de actividades industriales y por el deficiente parque automotor. De manera específica, según el CONAM, para Lima Metropolitana el parque automotor y la actividad industrial son las principales causas de contaminación del aire. Las unidades vehiculares son responsables de aproximadamente el 90% de la contaminación del aire, mientras que el 10% restante se explica por las fuentes estacionarias (PISA, 2002).

Estos niveles elevados de contaminación contribuyen a la mayor incidencia de las enfermedades relacionadas con las vías respiratorias. Así, para el período 2002 – 2005, las infecciones agudas de las vías respiratorias superiores (que incluye a los resfriados comunes, sinusitis aguda, faringitis, amigdalitis, laringitis aguda, traqueítis aguda, ente otras) han sido la principal causa de morbilidad (con un porcentaje superior al 20%). Pero, más aún, las otras infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores (que en promedio han representado 5% del total de casos), y las enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores (que en promedio han representado 4% del total de casos) también constituyeron otras causas principales de morbilidad tanto para Lima como para el Callao ubicándose dentro de los principales cinco tipos de causa.

De esta manera el costo estimado, a través de la metodología “*integrated assessment*”, para el año 2005 asciende a US\$ 329 millones de dólares (según el escenario medio) que representa el 0.4% del PBI nacional, pero si se compara con el PBI de Lima, este porcentaje se duplica a 0.8%. Más aún si se asume que en términos de política ambiental no se realiza nada durante los siguientes diez años –lo que implica mantener los mismos niveles de contaminación que el año base–, entonces, el costo social en valor presente representa el 3.5% del PBI nacional y el 7.4% respecto del PBI de Lima.

Este monto estimado representa un importante costo social para el Perú que no se reconoce y que debería incorporarse con el fin de tomar cartas en el tema y realizar políticas correctivas y coercitivas que permitan, primero, hacer cumplir las leyes normadas y, segundo, como

consecuencia, permitan reducir los niveles de contaminación y por ende la pérdida social estimada.

En este sentido, si ya hay diversos estudios que determinan que el parque automotor es la principal causa de contaminación del aire, entonces, en términos costo – efectividad, debería empezarse a mejorar los niveles de calidad de aire en este sector ya que es lo que permitiría obtener mejores resultados en términos de calidad de aire para la sociedad peruana.

Por otro lado, es importante indicar que este valor estimado representa solamente un valor inferior pues se ha estimado sólo los costos directos asociados y, además, para un solo tipo de contaminante (PM10). Por esto, los valores deben considerarse como conservadores y, además, deben de promoverse nuevos estudios que, primero, permitan reconocer el efecto de la contaminación del aire en la salud humana y, luego, estimar dichos efectos para mostrar su relevancia económica.

A modo de recomendación, es necesario e importante mejorar el sistema de información de esta materia pues si no se reconoce la situación actual de manera específica, no se podrá reconocer el verdadero impacto que origina y tampoco se logrará reconocer los problemas potenciales que se generarán para, finalmente, proponer las alternativas correctivas.

7. Bibliografía

ALBERINI, Anna y KRUPNICK, Alan (2000). Cost of Illness and Willingness to Pay Estimates of the Benefits of Improved Air Quality: Evidence from Taiwan. **Land Economics**, Vol. 76, N° 1 (Feb., 2000), 37 – 53 pp.

CABRERA, Carlos; Manuel MALDONADO; Walter AREVALO; Renán PACHECO; Alfredo GIRALDO; Sebastian LOAYZA (2002). Relaciones entre Calidad Ambiental y Calidad de Vida en Lima Metropolitana. Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas Vol. 5 - N° 09. Enero - Junio 2002. Lima – Perú.

CLEAN AIR INITIATIVE (2004). Economic Valuation of the Health Impacts of Air Pollution.

CONAM (s/f). ABC de la Contaminación. Información disponible en: <http://www.conam.gob.pe/aire>

CROPPER, Maureen; Nathalie SIMON; Anna ALBERINI; Seema ARORA y P.K. SHARMA (1997). The Health Benefits of Air Pollution Control in Delhi. **American Journal of Agricultural Economics**, Vol. 79, N° 5 (Dec., 1997), 1625 – 1629 pp.

CROPPER, Maureen y Wallace OATES (1997). Economía Ambiental: Un Balance. En: BARRANTES, Roxana [Ed.] (1997). Hacia un Nuevo Dorado. Economía de los Recursos Naturales. Consorcio de Investigación Económica. Lima, Perú. 297 – 414 pp.

CUANTO (2005). Anuario Estadístico Perú 2005. Instituto Cuanto S.A. *CD-Rom*. Lima, Perú.

DHARMARATNE, Gerard e Ivar STRAND (1999). Approach and Methodology for Natural Resources and Environmental Valuation. Center for Resource Management and Environmental Studies – University of the West Indies and Department of Agricultural and Resource Economics – University of Maryland. Draft Version. 30 pp. Disponible en: www.cpacc.org/download/valuation.pdf

DIGESA (2005). Red Básica de Monitoreo de la Calidad del Aire. Información disponible en: <http://www.digesa.sld.pe/aire/Lima/pm25.html>

DIXON, John, Louise FALLON, Richard CARPENTER y Paul SHERMAN (1994). **Análisis Económico de Impactos Ambientales**. Edición Latinoamericana. Banco Asiático de Desarrollo y Banco Mundial. Publicado en asociación con el Centro agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 249 pp.

ECON ANALYSIS (2006). Urban Air Pollution Control in Peru. Draft Report. Commissioned by The World Bank. Documentos preliminares de trabajo del Análisis Ambiental del País. Disponible en: <http://www.conam.gob.pe/modulos/home/analisisamb.asp> [Revisado el 15 de Abril del 2006].

EL COMERCIO (2006). Aire Limpio para Todos. Documento Especial. Disponible en: <http://www.elcomerciooperu.com.pe/EdicionOnline/Html/2005-07-04/onlPortada0332424.html>. Publicado el 04 de Julio del 2005.

EPA (1999). Air Quality Criteria for Particulate Matter. Office of Research and Development. Environmental Protection Agency – EPA.

EPA (2004). The Integrated Environmental Strategies Handbook: A Resource Guide for Air Quality Planning. Environmental Protection Agency – EPA.

FREEMAN III, Myrick (1999). **The Measurement of Environmental and Resource Values. Theory and Methods**. Third paperback printing. Resource for the Future. United States.

HARRINGTON, Winston y Paul PORTNEY (1987). Valuing the Benefits of Health and Safety Regulations. **Journal of Urban Economics**. Vol. 22, N° 1. 101 – 112 pp.

INEI (2005). Perú Compendio Estadístico 2005. Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI. *CD-Rom*. Lima, Perú.

INEI (2006). Censo 2005 – X de Población – V de Vivienda. Resultados Definitivos. Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI. *CD-Rom*. Lima, Perú.

MCKINLEY, Galen et. al.(2003). The Local Benefits of Global Air Pollution Control in Mexico City. Final Report of the Second Phase of the Integrated Environmental Strategies Program in Mexico.

MURTY, M. N.; S. C. GULATI; A. BANERJEE (2003). Health Benefits from Urban Air Pollution Abatement in the Indian Subcontinent. Institute of Economic Growth - Delhi University Enclave. India. Mayo, 2003.

KORC, Marcelo (2003). La contaminación del Aire. En: Instituto Cuanto (2003). **El Medio Ambiente en el Perú: Año 2002**. Lima, Perú. 305-332 pp.

KROEGER, Timm (2004). Estimación del Costo – Beneficio de medidas para el saneamiento atmosférico. Documento elaborado para el CONAM. Noviembre, 2004.

OSTRO, Bart (1994). Estimating the Health Effects of Air Pollutants. A method with an application to Jakarta. **World Bank Policy Research Working Paper** N° 1301. Washington D.C.

OSTRO, Bart (1983). The Effects of Air Pollution on Work Loss and Morbidity. **Journal of Environmental Economics and Management**, 10, 372-382 pp.

OSTRO, Bart (1987). Air Pollution and Morbidity Revisited: A Specification Test. **Journal of Environmental Economics and Management**, 14, 87-98 pp.

OSTRO, Bart; Gunnar ESKELAND; Tarhan FEYZIOGLU; José Miguel SANCHEZ (1998). Air Pollution and Health Effects: A Study of Respiratory Illness Among Children in Santiago, Chile. March 1998.

PISA (2002). Plan Integral de Saneamiento Atmosférico Lima – Callao. Versión Preliminar. Lima, Perú. Disponible en: <http://www.comitelairelimpio.org.pe/pisa.html> [Revisado el 10 de Marzo del 2006].

SANCHEZ, José Miguel; Sebastián VALDES y Bart OSTRO (1997). Estimación de los Beneficios en Salud del Plan de Descontaminación de Santiago. Estudio encargado por la CONAMA (Comisión Nacional de Medio Ambiente) de la Región Metropolitana.

SÁNCHEZ, José Miguel; Sebastián VALDES y Bart OSTRO (1998). Los Efectos en Salud de la Contaminación Atmosférica por PM10 en Santiago. **Estudios Públicos**, N° 69, pp. 125-154, Verano 1998.

SENAMHI (2006). IV Evaluación de las Condiciones Ambientales: Contaminación Atmosférica en la Zona Metropolitana de Lima-Callao. Boletín Meteorológico e Hidrológico del Perú. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – SENAMHI. Enero, 2006. 71 – 83 pp.

THE MEXICO AIR QUALITY MANAGEMENT TEAM (2002). Improving Air Quality in Metropolitan Mexico City: An Economic Valuation. **World Bank Policy Research Working Paper** N° 2785. Washington D.C.

WORLD BANK INSTITUTE (2002). Measuring Environmental Health Effects. Session 21. Environmental Economics and Development Policy Course. July 15 – 26, 2002, Washington D.C.

8. Anexos

Anexo # 1 Estándares nacionales de calidad del aire (Todos los valores son concentraciones en microgramos por metro cúbico)

Contaminantes	Periodo	Forma del Estándar		Método de Análisis ^{1/}
		Valor	Formato	
Dióxido de Azufre	Anual	80	Media aritmética anual	Fluorescencia UV (método automático)
	24 horas	365	NE más de 1 vez al año	
PM-10	Anual	50	Media aritmética anual	Separación inercial/ filtración (Gravimetría)
	24 horas	150	NE más de 3 veces/año	
Monóxido de Carbono	8 horas	10,000	Promedio móvil	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
	1 hora	30,000	NE más de 1 vez/año	
Dióxido de Nitrógeno	Anual	100	Promedio aritmético anual	Quimiluminiscencia (Método automático)
	1 hora	200	NE más de 24 veces/año	
Ozono	8 horas	120	NE más de 24 veces/año	Fotometría UV (Método automático)
Plomo	Anual ^{2/}			Método para PM10
	Mensual	1.5	NE más de 4 veces/año	(Espectrofotometría de absorción atómica)
Sulfuro de Hidrógeno	24 horas			Fluorescencia UV (método automático)

1/ O método equivalente aprobado

2/ A determinarse según lo establecido en el Artículo 5 del presente reglamento

NE = No Exceder

Fuente: Decreto Supremo 074-2001-PCM.

Anexo # 2 Valores en tránsito (Todos los valores son concentraciones en microgramos por metro cúbico)

Contaminantes	Periodo	Forma del Estándar		Método de Análisis
		Valor	Formato	
Dióxido de Azufre	Anual	100	Media aritmética anual	Fluorescencia UV (método automático)
PM-10	Anual	80	Media aritmética anual	Separación inercial/ filtración (Gravimetría)
	24 horas	200	NE más de 3 veces/año	
Dióxido de Nitrógeno	1 hora	250	NE más de 24 veces/año	Quimiluminiscencia (Método automático)
Ozono	8 horas	160	NE más de 24 veces/año	Fotometría UV (Método automático)

NE = No Exceder

Fuente: Decreto Supremo 074-2001-PCM.

Anexo # 3
Valores referenciales
(Todos los valores son concentraciones en microgramos por metro cúbico)

Contaminantes	Periodo	Forma del estándar	Método de análisis
		Valor	
PM-2.5	Anual	15	Separación inercial/ filtración (Gravimetría)
	24 horas	65	

Fuente: Decreto Supremo 074-2001-PCM.

Anexo # 4
Niveles de alerta de contaminantes del aire

Tipos de Alerta	Material Particulado (PM10)	Dióxido de Azufre (SO2)	Monóxido de Carbono (CO)	Sulfuro de Hidrógeno (H2S)
Cuidado	>250 ug/m3 prom. aritmético 24 horas	>500 ug/m3 prom. móvil 3 horas	>15,000 ug/m3 prom. móvil 8 horas	>1,500 ug/m3 prom. aritmético 24 horas
Peligro	>350 ug/m3 prom. aritmético 24 horas	>1 500 ug/m3 prom. móvil 3 horas	>20,000 ug/m3 prom. móvil 8 horas	>3,000 ug/m3 prom. aritmético 24 horas
Emergencia	>420 ug/m3 prom. aritmético 24 horas	>2 500 ug/m3 prom. móvil 3 horas	>35,000 ug/m3 prom. móvil 8 horas	>5,000 ug/m3 prom. aritmético 24 horas

Fuente: Decreto Supremo 009-2003-SA y Decreto Supremo 012-2005-SA

Anexo # 5
Altitud, superficie, población de Lima Metropolitana según distritos

Distritos	Altitud (msnm)	Superficie (km ²)	Población	Densidad Pob. (hab / km ²)
Lima		2,670.4	6,954,583	2,604.3
Lima	154	22.0	289,855	13,187.2
Ancón	3	298.6	28,852	96.6
Ate	355	77.7	419,663	5,399.7
Barranco	58	3.3	35,280	10,594.6
Breña	102	3.2	78,864	24,491.9
Carabaylo	238	346.9	188,764	544.2
Chaclacayo	647	39.5	39,686	1,004.7
Chorrillos	37	38.9	262,595	6,743.6
Cieneguilla	300	240.3	15,784	65.7
Comas	140	48.8	451,537	9,262.3
El Agustino	197	12.5	165,425	13,191.8
Independencia	130	14.6	176,304	12,108.8
Jesús María	103	4.6	58,588	12,820.1
La Molina	241	65.8	124,468	1,893.0
La Victoria	133	8.7	190,218	21,764.1
Lince	117	3.0	52,123	17,202.3
Los Olivos	75	18.3	286,549	15,701.3
Lurigancho	861	236.5	90,660	383.4
Lurín	9	180.3	55,953	310.4
Magdalena del Mar	58	3.6	48,445	13,419.7
Pueblo Libre	90	4.4	71,892	16,413.7
Miraflores	79	9.6	77,543	8,060.6
Pachacámac	75	160.2	54,763	341.8
Pucusana	15	37.4	9,231	246.9
Puente Piedra	184	71.2	203,473	2,858.6
Punta Hermosa	18	119.5	4,676	39.1
Punta Negra	16	130.5	4,473	34.3
Rímac	161	11.9	175,793	14,809.9
San Bartolo	30	45.0	5,733	127.4
San Borja	170	10.0	102,762	10,317.5
San Isidro	109	11.1	55,309	4,982.8
San Juan de Lurigancho	220	131.3	812,656	6,191.7
San Juan de Miraflores	141	24.0	335,237	13,979.9
San Luis	175	3.5	46,258	13,254.4
San Martín de Porres	123	36.9	559,367	15,154.9
San Miguel	50	10.7	124,904	11,651.5
Santa Anita	195	10.7	160,777	15,039.9
Santa María del Mar	26	9.8	88	9.0
Santa Rosa	79	21.5	9,946	462.6
Santiago de Surco	68	34.8	272,690	7,847.2
Surquillo	105	3.5	84,202	24,335.8
Villa El Salvador	175	35.5	367,436	10,362.0
Villa María del Triunfo	158	70.6	355,761	5,041.2
Callao (Prov. Constitucional)		129.4	810,568	6,266.5
Callao	7	45.7	389,579	8,534.0
Bellavista	34	4.6	72,761	15,956.4
Carmen de la Legua Reynoso	54	2.1	40,439	19,075.0
La Perla	18	2.8	59,602	21,673.5
La Punta	2	0.8	4,661	6,214.7
Ventanilla	21	73.5	243,526	3,312.4
Lima Metropolitana y Callao		2,799.8	7,765,151	2,773.5

Fuente: CUANTO (2005) e INEI (2006).

Anexo # 6
Morbilidad Registrada para enfermedades respiratorias en Lima Metropolitana
Según distritos: Año 2005

Distrito	De 0 - 9 años	De 10 - 19 años	De 20 - 59 años	De 60 a más años	Total	
					Casos	%
San Juan de Miraflores	60,353	17,853	21,463	6,437	106,106	10.3%
Lima	22,984	12,038	32,570	12,656	80,248	7.8%
Callao	56,182	15,860	5,293	1,567	78,902	7.7%
Villa El Salvador	53,091	8,814	8,851	2,326	73,082	7.1%
Chorrillos	46,644	6,181	12,777	1,241	66,843	6.5%
San Juan de Lurigancho	24,829	14,320	12,196	3,085	54,430	5.3%
Lurigancho	30,876	9,787	9,155	2,730	52,548	5.1%
El Agustino	18,112	3,791	8,142	5,401	35,446	3.5%
Santa Anita	21,412	4,480	6,909	1,850	34,651	3.4%
Los Olivos	22,945	4,973	4,928	910	33,756	3.3%
Puente Piedra	21,794	3,823	4,866	2,090	32,573	3.2%
Villa Maria del Triunfo	23,642	4,574	1,776	553	30,545	3.0%
Carmen de la Legua Reynoso	9,178	4,905	13,883	2,503	30,469	3.0%
San Martín de Porres	10,726	4,906	10,811	3,223	29,666	2.9%
Ate	20,114	1,010	4,886	785	26,795	2.6%
Comas	13,274	6,605	3,322	2,497	25,698	2.5%
Carabayllo	17,829	2,566	1,978	445	22,818	2.2%
Chaclacayo	11,591	2,915	3,886	1,132	19,524	1.9%
La Victoria	13,604	1,065	2,979	564	18,212	1.8%
Lurin	11,374	3,474	1,173	586	16,607	1.6%
La Molina	8,996	2,572	3,882	875	16,325	1.6%
Independencia	6,082	2,835	4,224	900	14,041	1.4%
Bellavista	6,142	3,195	1,193	2,772	13,302	1.3%
Pachacamac	8,037	1,332	2,070	504	11,943	1.2%
Magdalena Vieja	7,665	1,276	571	707	10,219	1.0%
Santiago de Surco	6,107	916	1,953	296	9,272	0.9%
Ventanilla	1,111	5,862	1,437	417	8,827	0.9%
Rimac	5,680	1,265	1,163	429	8,537	0.8%
San Miguel	5,161	1,029	818	323	7,331	0.7%
Barranco	4,360	1,258	1,466	74	7,158	0.7%
Cieneguilla	4,826	985	865	111	6,787	0.7%
San Borja	3,948	1,056	1,457	219	6,680	0.7%
Breña	2,201	1,091	703	649	4,644	0.5%
Miraflores	2,309	740	753	183	3,985	0.4%
Surquillo	2,874		701	198	3,773	0.4%
Ancon	2,505	687	195	102	3,489	0.3%
Santa Rosa	2,532	521	300	114	3,467	0.3%
Pucusana	2,371	186	292	39	2,888	0.3%
Magdalena del Mar	2,414		47	33	2,494	0.2%
Lince	1,736	337	172	137	2,382	0.2%
San Isidro	1,339	348	240	198	2,125	0.2%
San Luis	1,334	198	247	181	1,960	0.2%
La Perla	1,278	58	144	61	1,541	0.2%
Jesús Maria	789	221	195	178	1,383	0.1%
San Bartolo	676	286	193	50	1,205	0.1%
Punta Hermosa	583	68	86	22	759	0.1%
Punta Negra	465	47	22	24	558	0.1%
Santa Maria del Mar	95	43	67	41	246	0.0%
La Punta	103	44	13	41	201	0.0%
Total Enfermedades Respiratorias	604,273	162,396	197,313	62,459	1,026,441	100%

Fuente: MINSA.

Anexo #7

Funciones Dosis-Respuesta Usadas en el Estudio para PM-10

Mortalidad

Fuente: Nivel Alto: Pope y otros (1995), Nivel Medio y Bajo: Ostro y otros (1996)

Nivel alto: Número de casos anuales = $0.336 * \text{dPM-10}(\text{ug}/\text{m}^3)/100 * \text{tasa mortalidad cruda} * \text{población afectada}$.

Nivel Medio: Número de casos anuales = $0.1 * \text{dPM-10}(\text{ug}/\text{m}^3)/100 * \text{tasa mortalidad cruda} * \text{población afectada}$.

Nivel Bajo: Número de casos anuales = $0.0864 * \text{dPM-10}(\text{ug}/\text{m}^3)/100 * \text{tasa mortalidad cruda} * \text{población afectada}$.

Morbilidad

- **Cambio en Admisiones Hospitalarias por Enfermedades Respiratorias (CIE 466,480-486,490-494,496)**

Fuente: Burnett y otros (1995).

Nivel Alto: Número de casos anuales = $0.000788 * (\text{Admisiones Hospitalarias por Enfermedades Respiratorias} / \text{Población Total}) * \text{dPM10 concentraciones anuales}(\text{ug}/\text{m}^3) * \text{Población Expuesta}$.

Nivel Medio: Número de casos anuales = $0.000673 * (\text{Admisiones Hospitalarias por Enfermedades Respiratorias} / \text{Población Total}) * \text{dPM10 concentraciones anuales}(\text{ug}/\text{m}^3) * \text{Población Expuesta}$.

Nivel Bajo: Número de casos anuales = $0.000588 * (\text{Admisiones Hospitalarias por Enfermedades Respiratorias} / \text{Población Total}) * \text{dPM10 concentraciones anuales}(\text{ug}/\text{m}^3) * \text{Población Expuesta}$.

- **Cambio en Admisiones Hospitalarias por Enfermedades Cardiovasculares (CIE 410, 413, 427 Y 428)**

Fuente: Burnett y otros (1995).

Nivel Alto: Número de casos anuales = $0.00079 * (\text{Admisiones Hospitalarias por enfermedades Cardiovasculares} / \text{Población Total}) * \text{dPM10 concentraciones anuales}(\text{ug}/\text{m}^3) * \text{Población Expuesta}$.

Nivel Medio: Número de casos anuales = $0.00064 * (\text{Admisiones Hospitalarias por enfermedades Cardiovasculares} / \text{Población Total}) * \text{dPM10 concentraciones anuales}(\text{ug}/\text{m}^3) * \text{Población Expuesta}$.

Nivel Bajo: Número de casos anuales = $0.00048 * (\text{Admisiones Hospitalarias por enfermedades Cardiovasculares} / \text{Población Total}) * \text{dPM10 concentraciones anuales}(\text{ug}/\text{m}^3) * \text{Población Expuesta}$.

- **Visitas a Sala de Emergencia por Enfermedades Respiratorias**

No se usa una función dosis-respuesta directamente. Se usa relación existente entre el Total de Visitas a Sala de Emergencia y el Total de Admisiones Hospitalarias en 1995. Esto lleva a que las visitas a Sala de Emergencia son 6 veces las Admisiones Hospitalarias.

- **Días de Actividad Restringida**

Ostro (1990).

Nivel Alto: Número de casos anuales = $0.0238 * \text{dPM10 concentraciones anuales}(\text{ug}/\text{m}^3) * \text{población de adultos}$.

Nivel Medio: Número de casos anuales = $0.0168 * \text{dPM10 concentraciones anuales}(\text{ug}/\text{m}^3) * \text{población de adultos}$.

Nivel Bajo: Número de casos anuales = $0.0097 * \text{dPM10 concentraciones anuales}(\text{ug}/\text{m}^3) * \text{población de adultos}$.

- **Enfermedades Respiratorias bajas en Niños (Bronquitis y Tos)**

Dockery (1996).

Nivel Alto: Número de casos anuales = $0.0016 * \text{dPM10 concentraciones anuales}(\text{ug}/\text{m}^3) * \text{Tasa Anual de Consultas por Infecciones Respiratorias Bajas} * \text{población niños}$.

Nivel Medio: Número de casos anuales = $0.0011 * \text{dPM10 concentraciones anuales}(\text{ug}/\text{m}^3) * \text{Tasa Anual de Consultas por Infecciones Respiratorias Bajas} * \text{población niños}$.

Nivel Bajo: Número de casos anuales = $0.0007 * \text{dPM10 concentraciones anuales}(\text{ug}/\text{m}^3) * \text{Tasa Anual de Consultas por Infecciones Respiratorias Bajas} * \text{población niños}$.

- **Bronquitis Crónica**

Abbey et al (1993).

Nivel Alto: Número de casos anuales = $0.000093 * \text{dPM10 concentraciones anuales}(\text{ug}/\text{m}^3) * \text{población mayores de 25 años}$.

Nivel Medio: Número de casos anuales = $0.000061 * \text{dPM10 concentraciones anuales}(\text{ug}/\text{m}^3) * \text{población mayores de 25 años}$.

Nivel Bajo: Número de casos anuales = $0.00003 * \text{dPM10 concentraciones anuales}(\text{ug}/\text{m}^3) * \text{población mayores de 25 años}$.

- **Síntomas respiratorios Agudos**

Krupnick et al. (1990)

Nivel Alto: Número de casos anuales = $0.2555 * \text{dPM10 concentraciones anuales}(\text{ug}/\text{m}^3) * \text{población expuesta}$.

Nivel Medio: Número de casos anuales = $0.1697 * \text{dPM10 concentraciones anuales}(\text{ug}/\text{m}^3) * \text{población expuesta}$.

Nivel Bajo: Número de casos anuales = $0.0803 * \text{dPM10 concentraciones anuales}(\text{ug}/\text{m}^3) * \text{población expuesta}$.

- **Ataques de Asma**

Ostro et al. (1991), Whittemore and Korn (1980).

Nivel Alto: Número de casos anuales = $0.1971 * \text{dPM10 concentraciones anuales}(\text{ug}/\text{m}^3) * 4.7\% * \text{población expuesta}$.

Nivel Medio: Número de casos anuales = $0.0584 * \text{dPM10 concentraciones anuales}(\text{ug}/\text{m}^3) * 4.7\% * \text{población expuesta}$.

Nivel Bajo: Número de casos anuales = $0.0329 * \text{dPM10 concentraciones anuales}(\text{ug}/\text{m}^3) * 4.7\% * \text{población expuesta}$.

Fuente: Sanchez, Valdes y Ostro (1997).