

## ARTÍCULO ORIGINAL

**Aspectos metodológicos para estimar la carga de factores de riesgo ambientales****Methodological features to estimate the environmental risk factors burden****Manuel Romero<sup>I</sup>; Emma Domínguez<sup>II</sup>; Armando H. Seuc<sup>III</sup>**

<sup>I</sup> Investigador. Subdirector de Salud Ambiental. Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología. Ciudad de La Habana, Cuba.

<sup>II</sup> Investigadora. Instituto Nacional de Endocrinología. Ciudad de La Habana, Cuba.

<sup>III</sup> Investigador Titular. Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología. Ciudad de La Habana, Cuba.

---

**RESUMEN**

Se presentan por primera vez en una publicación nacional los conceptos y aspectos metodológicos más importantes relacionados con la adecuación del método general para estimar la carga de factores de riesgo, al caso particular de los factores de riesgo ambientales. Los trabajos fundamentales sobre este tema han sido desarrollados desde hace un poco más de 10 años por especialistas de la Organización Mundial de la Salud. Se ilustra el procedimiento con la estimación de la carga atribuible al factor de riesgo ambiental "agua y saneamiento" en Cuba. El objetivo del trabajo es contribuir a un mayor conocimiento y debate sobre estas técnicas, lo que eventualmente conduciría a su gradual aplicación y al uso inteligente de sus resultados en la toma de decisiones relacionadas con la salud ambiental.

**Palabras clave:** carga de enfermedad, factores de riesgo ambientales, DALYs.

---

**ABSTRACT**

This is the first time that in a national publication to appear the more important methodological concepts and features related to general method adjustment to

estimate the risk factors burden, particularly the environmental ones. From approximately 10 years ago the WHO's specialist have made fundamental papers on this subject. Procedure is illustrated with the burden valuation attributable to "water and disinfection" as an environmental risk factor in Cuba. The aim of present paper is to contribute to a greater knowledge and debate on these techniques what possibly could to lead to its gradual application and to wise use of results in the decision-making related to environmental health.

**Key words:** burden of disease, environmental risk factors, DALYs.

---

## INTRODUCCIÓN

El análisis comparativo de los riesgos para la salud (*comparative risk analysis, CRA*, en inglés), es un elemento fundamental para la prevención de enfermedades y lesiones, lo que complementa las estimaciones de las cargas asociadas con las enfermedades, más útiles para orientar los servicios terapéuticos y paliativos.

En un trabajo previo<sup>1</sup> se introdujo el tema de la estimación de la carga de factores de riesgo en general para el contexto cubano. La carga de los factores de riesgo asociados con el medio ambiente, se incluyó desde sus inicios en los estudios globales de carga de enfermedades (*global burden of disease studies*, en inglés) para el año 1990 (publicados por primera vez en 1996),<sup>2</sup> en particular para los riesgos a) agua y saneamiento, b) contaminación del aire dentro de las viviendas por uso de combustible sólido, y c) contaminación del aire en exteriores. Este tipo de estudios representó un paso de avance importante con respecto a lo que se venía haciendo con anterioridad, consistente en esencia en monitorear los niveles y tendencias de determinados contaminantes ambientales, buscando que no sobrepasaran niveles de seguridad internacionalmente establecidos y aceptados.<sup>3</sup>

Numerosos trabajos metodológicos y con resultados a nivel global y por regiones se han realizado acerca de la carga de los factores de riesgo, en particular los asociados con el ambiente.<sup>4-9</sup> Algunos trabajos contienen estimaciones preliminares de la carga de factores de riesgo ambientales para los países pertenecientes al sistema de las Naciones Unidas,<sup>3,10,11</sup> pero como bien aclaran sus autores, son estimaciones no definitivas y no oficiales, que pueden o requieren perfeccionarse a partir de los datos que puedan aportar los países involucrados. No obstante, a pesar de la prioridad dada a la prevención y la promoción de salud, en nuestro país no se han realizado evaluaciones comparativas de la carga de factores de riesgo, en particular riesgos ambientales, lo que consideramos se debe en parte al desconocimiento acerca de las técnicas involucradas.

En este trabajo se abordan los conceptos y aspectos metodológicos más importantes relacionados con la adecuación del método general para estimar la carga de factores de riesgo,<sup>1</sup> al caso particular de los factores de riesgo ambientales. Se ilustra el procedimiento con la estimación de la carga en Cuba, debido al factor de riesgo ambiental "agua y saneamiento". Con ello se espera contribuir a un mayor conocimiento y debate sobre estas técnicas en nuestro país.

## RESUMEN DE LA METODOLOGÍA GENERAL

---

**Principales conceptos**

El enfoque clásico en epidemiología para evaluar el impacto sobre la salud de un factor de riesgo es a través de la fracción atribuible (FA), dada por la [fórmula](#):

$$FA = \frac{P(RR - 1)}{P(RR - 1) + 1}$$

donde P es la prevalencia de la exposición al factor de riesgo, y RR es el riesgo relativo con respecto a la "no exposición." Por otro lado, si en vez de estar la población expuesta a un nivel específico de exposición al factor de riesgo, lo que se tiene es una distribución de exposición de la población al factor de riesgo, la que se compara con una distribución de exposición hipotética "de referencia", entonces [1] se convierte en [2]:

$$FA = \frac{\sum_{i=1}^n P_i * RR_i - \sum_{i=1}^n P'_i * RR_i}{\sum_{i=1}^n P_i * RR_i}$$

donde n es el número de categorías de exposición, la proporción de la población en la i-ésima categoría de exposición, la proporción de la población en la i-ésima categoría de exposición en la distribución hipotética de referencia, y el riesgo relativo asociado con la i-ésima categoría de exposición. Si se asume que en la distribución hipotética de referencia el riesgo relativo es 1, entonces [2] se convierte en [3]:

$$FA = \frac{\sum_{i=1}^n P_i(RR_i - 1)}{\sum_{i=1}^n P_i(RR_i - 1) + 1} = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i * RR_i) - 1}{\sum_{i=1}^n (P_i * RR_i)}$$

En los estudios de carga de factores de riesgo la estimación de las fracciones atribuibles desempeña un rol central. La fracción atribuible cuantifica la reducción proporcional que se produce en los niveles de riesgo cuando la exposición al factor se reduce de a, i=1,...,n. <sup>10</sup> Para estimar la fracción de la carga negativa de la enfermedad s atribuible al factor de riesgo r, donde la carga negativa usualmente se expresa en términos de mortalidad (M), mortalidad prematura (YLL, según sus siglas en inglés, ó AVPP), discapacidad (YLD, según sus siglas en inglés), o DALYs (suma de los YLL y los YLD), se usa entonces la expresión [3] de la fracción atribuible correspondiente a la pareja "factor de riesgo-enfermedad" objeto de estudio, como se presenta en las siguientes fórmulas:

Mortalidad atribuible: AM<sub>rs</sub> = FA(M)<sub>rs</sub> \* M<sub>s</sub>

Carga por mortalidad (YLL) atribuible: AYLL<sub>rs</sub> = FA(YLL)<sub>rs</sub> \* YLL<sub>s</sub> [4]

Carga por morbilidad (YLD) atribuible:  $AYLD_{rs} = FA(YLD)_{rs} * YLD_s$   
Carga total (DALYs) atribuible:  $ADALYs_{rs} = AYLL_{rs} + AYLD_{rs}$ . (CTA)

Nota: la fracción atribuible (FA) puede en general variar según el indicador de carga negativa empleado.

Hasta el momento hemos descrito como calcular la carga total atribuible (DALYs) a una enfermedad por la sumatoria de la carga por mortalidad (YLL) atribuible y la carga por morbilidad (YLD) atribuible; a continuación presentamos los principales pasos para el cálculo de la carga de factores de riesgo.

### **Principales pasos para realizar un estudio de carga de factores de riesgo**

Los principales pasos generales para la ejecución de un estudio de carga de factores de riesgo fueron presentados y brevemente discutidos por *Seuc* y otros;<sup>1</sup> estos son:

1. Elección de los factores de riesgo.
2. Elección de las enfermedades y lesiones relevantes que tienen como causa cada uno de los factores de riesgo del paso 1.
3. Elección del indicador o variable de exposición adecuada para cada factor de riesgo del paso 1.
4. Obtención de información acerca de la distribución de exposición en la población a cada uno de los factores de riesgo del paso 1.
5. Especificación de la relación (riesgo relativo) entre cada enfermedad del paso 2 y los factores relevantes de riesgo del paso 1. Para ello se deberá hacer una revisión exhaustiva de la literatura.
6. Elección de la distribución de exposición hipotética de referencia (o escenario alternativo de referencia) para cada uno de los factores de riesgo del paso 1.
7. Cálculo de la carga (YLL, YLD, DALYs, y otros) para cada enfermedad del paso 2.
8. Cálculo de la carga por cada enfermedad del paso 2 atribuible a los factores de riesgo relevantes del paso 1, usando las fórmulas presentadas en [3] y en [4].
9. Análisis de la confiabilidad de los resultados obtenidos.

### **El caso de los factores de riesgo ambientales**

La cuantificación de la carga asociada con los factores de riesgo medio-ambientales, ha sido en general difícil debido a la falta o insuficiencia de los datos relevantes, en comparación con otros factores de riesgo más fáciles de medir o en los que se ha trabajado más desde el punto de vista metodológico. No obstante, esta cuantificación constituye una evidencia importante para la toma de decisiones en salud ambiental.

### **Factores de riesgo ambientales**

El término salud ambiental ha evolucionado, adquiriendo varios significados para diferentes países o circunstancias concretas, por ejemplo "saneamiento ambiental",

"protección y desarrollo del ambiente", "salud y ambiente", "ambiente y salud", entre otras. Básicamente todas ellas significan lo mismo, si bien su contenido específico responde al campo de la salud ambiental.<sup>12</sup>

En el contexto de la salud ambiental, la Organización Mundial de la Salud (OMS) define que comprende aquellos aspectos de la salud humana, incluida la calidad de vida, que son determinados por factores ambientales físicos, químicos, biológicos y psicosociales.<sup>12</sup> En Cuba, el Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología (INHEM) por su experiencia en este campo, considera que la salud ambiental incorpora aquellos factores o actividades que tienen que ver con los problemas de salud asociados con el ambiente, teniendo en cuenta que el ambiente humano abarca un complejo contexto de factores y elementos de variada naturaleza, que actúan favorable o desfavorablemente sobre el individuo y se interrelacionan con su biología.<sup>13</sup>

En este contexto, se miden y reportan indicadores de salud, indicadores medio-ambientales, e indicadores de salud medio-ambientales, siendo estos últimos los más importantes y útiles a la hora de cuantificar la carga del medio ambiente sobre la salud, ya que vinculan los 2 aspectos de interés: la salud y el medio-ambiente.

Los factores de riesgo medio-ambientales pueden categorizarse de distintas maneras, 3 por ejemplo:

*Según el medio a través del cual se transmite el riesgo:*

- Agua.
- Alimentos.
- Aire.
- Suelo, etc.

*Según el agente específico que provoca el riesgo:*

- Agentes biológicos patógenos (virus, bacterias, hongos, etcétera).
- Agentes o sustancias químicas (COPs, HAPs, etcétera).
- Agentes físicos: ruido, vibraciones, radiaciones, etcétera.

*Según la naturaleza del riesgo:*

- Riesgos químicos y toxicológicos.
- Riesgos físicos mecánicos y no mecánicos.
- Riesgos microbiológicos.
- Riesgos entomológicos, etcétera.

El cálculo de la carga de los factores de riesgo ambientales requiere, como muestran las expresiones [1]-[3], de estadísticas periódicas y/o suficientemente confiables acerca de: a) grado de exposición a cada uno de los factores de riesgo

de interés, b) relación (usualmente riesgo relativo) entre cada factor de riesgo y la correspondiente enfermedad, y c) carga de las enfermedades asociadas (medida en mortalidad, AVPP, DALYs, etc.). Las 2 primeras se combinan para obtener la fracción atribuible, la que multiplicada por la tercera, la medida que representa la carga, genera la carga atribuible.

Con frecuencia la exposición al factor de riesgo se puede medir solo indirectamente; en la [tabla 1](#) mostramos los indicadores o variables de exposición (indicadores de salud ambiental) para algunos de los factores de riesgo comúnmente evaluados en estos estudios, así como las enfermedades asociadas con cada uno de ellos, según el "estado del arte" para la fecha.<sup>3</sup> En la tabla 2 de la referencia 3 se muestra esta información para 7 factores de riesgo ambientales adicionales.

**Tabla 2.** Escenarios de exposición al factor "agua y saneamiento" <sup>I</sup>

Escenario	Descripción	Riesgo relativo **
VI	Población no cubierta por servicios mejorados <sup>II</sup> de abastecimiento de agua, ni por servicios mejorados de saneamiento, en países donde la cobertura de estos servicios no es óptima (menos de 98 % de cobertura), y donde el suministro de agua probablemente no se controla de rutina	11
Vb	Población cubierta por servicios mejorados de abastecimiento de agua, pero no por servicios mejorados de saneamiento, en países donde la cobertura de estos servicios no es óptima (menos de 98 % de cobertura), y donde el suministro de agua probablemente no se controla de rutina	8,7
Va	Población cubierta por servicios mejorados de saneamiento, pero no por servicios mejorados de abastecimiento de agua, en países donde la cobertura de esos servicios no es óptima (menos de 98 % de cobertura), y donde el suministro de agua probablemente no se controla de rutina	6,9
IV	Población con acceso a servicio mejorado de suministro de agua y a servicio mejorado de saneamiento, en países donde la cobertura de estos servicios no es óptima (menos de 98 % de cobertura), y donde el suministro de agua probablemente no se controla de rutina	6,9
III	IV y calidad mejorada del agua de tomar, IV e higiene personal mejorada, o IV y agua de tomar desinfectada en el punto de uso. Se considera en general que 0 % de la población se encuentra en este escenario	*
II	Población con acceso a servicio mejorado de abastecimiento de agua y servicio mejorado de saneamiento, en países donde más del 98 % de la población está cubierta por estos servicios. Generalmente corresponde con suministro de agua regulado y saneamiento total, con tratamiento parcial de residuales, típico de países desarrollados.	2,5
I	Situación ideal (escenario de referencia) en la que no existe transmisión de enfermedades diarreicas debido al agua, saneamiento e higiene no seguras. Se considera en general que 0 % de la población se encuentra en este escenario.	1

<sup>1</sup> Tomado de *Fewtrell* y otros (2007).<sup>11</sup>

\*\* Con respecto al escenario de referencia I.

\* Variable, no precisable.

<sup>II</sup> Para definición de servicios mejorados y no mejorados ver tabla 3.

### **-Las fracciones atribuibles**

Una característica importante de las fracciones atribuibles que no se discutieron en el trabajo previo,<sup>1</sup> pero que es de validez general, se refiere a su no aditividad.<sup>3</sup> Por ejemplo, si la fracción atribuible de las muertes por diarrea a causa de "agua y saneamiento" es 10 %, y la correspondiente fracción atribuible a causa de "contaminación de alimentos" es 20 %, entonces la fracción atribuible de la mortalidad por diarrea a estos 2 factores de riesgo simultáneamente no es 30 %; esto se debe a la interdependencia que en general existe entre los factores de riesgo, en particular entre los 2 antes mencionados. Si 2 factores de riesgo para una determinada enfermedad pudieran considerarse (prácticamente) independientes, sus fracciones atribuibles podrían entonces sumarse, pero la experiencia indica que esto en general no ocurre, sino que los riesgos "compiten" entre sí a la hora de provocar la enfermedad de interés.<sup>3</sup>

### **Determinación de los niveles de exposición a los factores de riesgo**

En primer lugar debe decirse que el indicador que se escoja para reflejar el nivel de exposición al factor de riesgo ambiental debe ser congruente con el indicador que refleje la fuerza de la asociación entre la exposición al factor y la aparición del evento (en general mortalidad o morbilidad) para la enfermedad o condición estudiada. Por ejemplo, si la exposición al factor de riesgo ambiental "plomo" se mide mediante la concentración de este metal en sangre, la asociación entre el retraso mental ligero y la exposición al plomo debe estar expresada en términos de concentración de plomo en sangre. Algunas de las discrepancias en este terreno podrían ser resueltas mediante transformaciones relevantes en las unidades de medida; en otros casos, será un problema más difícil de modificación de estándares más o menos establecidos.

Otra característica importante referida a la determinación de los niveles de exposición es que, en dependencia de las características de los factores de riesgo y de la información que sobre ellos se disponga, la exposición puede ser "discreta" (basada en escenarios cualitativamente distintos) o "continua" (basada en un "continuo" de exposición al factor).

Por ejemplo, la exposición al factor "agua, saneamiento e higiene no seguras" se ha podido estimar aproximadamente, hasta la fecha, mediante los indicadores "cobertura del servicio mejorado de agua" (porcentaje de la población con el servicio adecuado) y "cobertura del servicio mejorado de saneamiento" (porcentaje de la población con manejo adecuado de las excretas humanas); a partir de estos 2 indicadores (entre otras informaciones disponibles, como por ejemplo carga de patógenos en el ambiente), se han definido 6 escenarios (tabla 2 y [tabla 3](#)), para los cuales se han estimado:

- a) los riesgos relativos de distintas enfermedades asociadas, diarrea por ejemplo, y
- b) los porcentajes de la población que están en cada uno de ellos.

Como ya se dijo previamente, la información en a) y b) permite obtener la fracción atribuible, por ejemplo de diarrea (morbilidad o mortalidad) debida al factor "agua, saneamiento e higiene no seguras".

La exposición al plomo representa, por otro lado, un caso típico de exposición continua, debido en primer lugar a que la exposición a este factor de riesgo se basa en un único indicador (concentración de plomo en sangre), y en segundo lugar a que este indicador tiene un carácter continuo; los riesgos relativos asociados con la exposición al plomo y al retraso mental ligero, por ejemplo, no tienen que variar linealmente, pero sí de forma continua o aproximadamente continua con respecto a los niveles de plomo en sangre; el grado de detalle posible estará en dependencia de la información que sobre este particular se haya podido obtener.

Un ejemplo: estimación para Cuba de la carga por diarrea atribuible al factor "agua y saneamiento" en el año 2004.

La cantidad de enfermedad diarreica causada por "agua y saneamiento" en Cuba durante el 2004 se estimará en primera instancia usando los datos por países de los que dispone la Organización Mundial de la Salud en sus bases de datos.

Siguiendo los pasos enunciados en previamente, ya está cumplido el paso 1, pues el factor de riesgo que se estudiará es "agua y saneamiento". El paso 2 también está resuelto, pues el foco de atención es la carga de las enfermedades diarreicas (para todas las edades) como consecuencia del factor de riesgo seleccionado. Como se observa en la tabla 1, otras enfermedades son atribuibles a este factor, mientras que en un artículo de Prüss-Üstün 10 se discuten enfermedades adicionales atribuibles también al factor seleccionado, en particular "desnutrición" asociada con diarrea; pero sin dudas, la diarrea es la consecuencia más importante de este factor de riesgo a nivel global y regional y por lo tanto, solo esta será considerada en los cálculos.

El paso 3, correspondiente a la elección del indicador de exposición del factor de riesgo, ya ha sido resuelto por consenso internacional, pues se asume que son 2, "cobertura de servicios mejorados de suministro de agua" y "cobertura de servicios mejorados de saneamiento".

Con el paso 4, se entra en materia: obtener la distribución de exposición de la población al factor "agua y saneamiento". Según la información disponible en la OMS sobre este tema por países 14 para Cuba, en el 2004 la cobertura de servicios mejorados de agua y la cobertura de servicios mejorados de saneamiento fueron 91 % y 98 %, respectivamente. A partir de estos 2 indicadores, asumiendo que el 91 % con cobertura de agua está totalmente contenido en el 98 % con cobertura de saneamiento, podemos deducir que el 2 % de la población no tiene cobertura por ninguno de los 2 servicios (escenario VI). También se puede deducir que del 9 % que no tiene cobertura de agua, el 7 % tiene cobertura de saneamiento y no de agua (escenario Va). Se deduce también que el porcentaje con servicio de agua y no de saneamiento (escenario Vb) es 0 %. Y finalmente, el 91 % tiene cobertura por los 2 servicios (escenario IV). El porcentaje en el escenario II se acuerda que en general sea 0 % para países subdesarrollados, y para el escenario III se acuerda que en general sea 0 % (tabla 2).

Resumiendo entonces tenemos que los niveles de exposición en los distintos escenarios para Cuba en el año 2004 son:

- Escenario II: 0 %.
- Escenario III: 0 %.
- Escenario IV: 91 %.

- Escenario Va: 7 %.
- Escenario Vb: 0 %.
- Escenario VI: 2 %.

El paso 5 y el paso 6 ya fueron resueltos previamente y en la tabla 2 se presentan los riesgos relativos con respecto al escenario I de referencia, para los escenarios del II al VI.

El paso 7 consiste en calcular la carga de las enfermedades diarreicas para Cuba en el 2004; en efecto se hizo para el 2005 (por disponer ya los autores con el registro de mortalidad para este último año, por gentileza de la Dirección Nacional de Estadísticas del MINSAP), en 2 de las más usadas variantes de expresión de la carga, "mortalidad" y "AVPP" (años de vida potencial perdidos).<sup>14</sup> La mortalidad (número de fallecidos) por enfermedades diarreicas (CIE-10: A01-A04, A06-A09) para todas las edades en Cuba 2005, fue de 316, mientras que los AVPP (con descuento en el tiempo y ponderación por edad)<sup>14</sup> fueron 32 236, es decir, 2,9 x 1 000 habitantes (asumiendo una población total en Cuba para la fecha de 11 245 000 habitantes).

El paso 8 indica aplicar las fórmulas [3] y [4] para obtener la fracción atribuible y la carga atribuible, respectivamente. De la fórmula [3] se obtiene la fracción atribuible:

$$\frac{(91\% \times 6,9 + 7\% \times 6,9 + 2\% \times 11,0)}{(91\% \times 6,9 + 7\% \times 6,9 + 2\% \times 11,0)} = 85,7\%$$

la que multiplicada por la mortalidad, da, según la expresión [5], la mortalidad por diarrea atribuible al "agua y saneamiento":

$$85,7\% \times 32\ 236 = 271,$$

mientras que los AVPP por diarrea atribuibles al mismo factor son [6]:

$$85,7\% \times 32\ 236 = 27\ 626$$

o equivalentemente [7],

$$85,7\% \times (2,9 \times 1\ 000) = 2,5 \times 1\ 000$$

habitantes en la población cubana.

El paso 9 hace reflexionar sobre los componentes de esta estimación que están más sujetos a error. En primer lugar puede cuestionarse la validez y confiabilidad de las proporciones de la población expuesta a cada uno de los 6 escenarios considerados para este factor de riesgo; si se tienen estimaciones alternativas, más válidas y confiables, serían entonces sustituidas en las expresiones [3] y [4], para obtener

estimaciones eventualmente mejores, de las cargas por diarrea atribuibles a "agua y saneamiento".

## **CONCLUSIONES**

La realización de estudios que hagan un análisis comparativo de los riesgos para la