

Impacto del cambio climático en las enfermedades infecciosas

Impact of climate change on infectious diseases

Dra. Griselda Berberian^a y Dra. María Teresa Rosanova^a

<http://dx.doi.org/10.5546/aap.2012.39>

RESUMEN

Las infecciones en el hombre están íntimamente relacionadas con el medio ambiente, en especial aquellas transmitidas por vectores, aguas y alimentos. El cambio ambiental tiene un gran potencial de selección de distintas enfermedades infecciosas, lo cual favorece la aparición de epidemias.

A pesar de ello, establecer una relación directa causa-efecto, clima-enfermedad, no resulta sencillo debido a su condición multifactorial. Por ese motivo se han desarrollado distintos modelos epidemiológicos predictivos teóricos, con el objetivo de determinar el grado de sensibilidad de las distintas enfermedades a las variaciones climáticas y su relación con los brotes infecciosos para poder así implementar medidas preventivas.

Palabras clave: cambio climático, infecciones, vectores.

SUMMARY

Infections in humans are related with changes in the environment specially those associated with food, water, and vectors. Changes in the environment are also related to epidemics, however this relationship has not been clarified, and multiple factors additional to climate changes may be involved in the pathogenesis of epidemics. Therefore, several predictive epidemiological models have been developed with the aim to determine the degree of sensitivity of different diseases to climate changes, and their association with outbreaks to plan prevention strategies.

Key words: climate change, infections, vectors.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es un fenómeno emergente con una distribución no equitativa, ya que los mayores riesgos los padecen las poblaciones más pobres, que son las que menos contribuyen en la emisión de gases generadores del efecto invernadero.¹ Un ejemplo de ello es que la emisión en EE.UU., es 7 veces mayor que en China y 19 veces mayor que en África.²

Durante el siglo XX, la temperatura aumentó aproximadamente 0,6°C (Figura 1). Las proyecciones estiman un aumento entre 1,4- 5,8°C de la temperatura en el siglo XXI, con aparición de temperaturas extremas, inundaciones y sequías que afectaron la fauna y flora mundial.³ La Organización Mundial de la Salud (OMS) informa que los efectos del cambio climático iniciado en 1970 fueron los responsables del aumento de 150 000 óbitos para el año 2000, cifras que aumentarían en el futuro, principalmente en las poblaciones más vulnerables.⁴

El Panel Intergubernamental para el Cambio Climático agrega que los

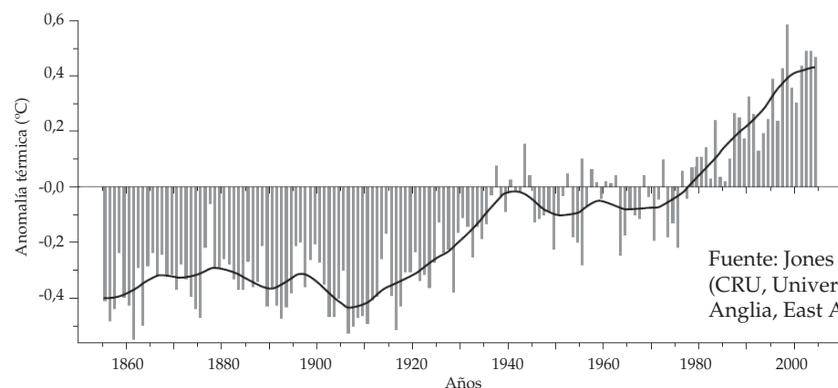
a. Servicio de Control Epidemiológico e Infectología Hospital de Pediatría "J.P. Garrahan". Buenos Aires. Argentina

Correspondencia:
Dra. Griselda Berberian
griselberberian@yahoo.com.ar

Conflicto de intereses:
Ninguno que declarar.

Recibido: 30-09-2011
Aceptado: 16-12-2011

FIGURA 1. Anomalía térmica global durante el último siglo y medio. Documento obtenido de <http://www.doyma.es> el 30/03/2006



Fuente: Jones y Palutikof (CRU, University of East Anglia, East Anglia, UK)

motivos que generaron el calentamiento en los últimos 50 años se relacionan fundamentalmente con las actividades del hombre.⁵

1. Conceptos básicos sobre el cambio climático

La comprensión e interpretación de la interrelación entre el cambio climático con las enfermedades infecciosas requieren un conocimiento multidisciplinario, tanto médico como de biología, entomología, antropología, astronomía, geografía, ciencias exactas.

La atmósfera que rodea al planeta es la que permite mantener la temperatura ideal para la vida.

Está constituida por 5 capas concéntricas de gases, formadas por nitrógeno y oxígeno como componentes principales, que filtran las radiaciones solares. La capa más baja es la "troposfera", donde se genera la temperatura de la superficie de la tierra. Está compuesta en mínimas cantidades (1%) por gases denominados "de invernadero", como el dióxido de carbono (CO₂), metano, óxido nitroso, entre otros, que son producidos naturalmente y gases industriales fluorados como hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos y hexafluoruro de azufre, generados artificialmente.

En pequeñas concentraciones, estos gases son

vitales para mantener a la tierra dentro de temperaturas viables (Figura 2).⁶

¿Qué es y cómo se genera el efecto invernadero?

La tierra recibe y utiliza la energía solar, y parte vuelve a la atmósfera. Los "gases de invernadero" absorben esta energía evitando que escapen de retorno al espacio, calientan tanto la tierra como el aire, y la energía solar queda atrapada por los gases, del mismo modo en que el calor queda atrapado detrás de los vidrios de un invernadero, por lo que se lo denomina "efecto invernadero", descrito por primera vez por Fournier en 1827.⁷

Las causas principales del incremento de estos gases están generadas por el hombre. El CO₂ en la atmósfera aumenta por la combustión de combustibles fósiles y destrucción de los bosques que son los absorbentes naturales del CO₂. El metano se genera en la agricultura, extracción de aceites etc. (Figura 3).

En el año 1997, con la finalidad de evitar la progresión del deterioro climático, 170 países firmaron el Protocolo de Kyoto, con el objetivo de reducir las emisiones de gases con efecto invernadero en un 5% para el año 2012, mediante medidas de protección medioambientales.

Las consecuencias del "efecto invernadero"

FIGURA 2. Efecto invernadero



Fuente: Unite Nations Environment Programme. Arendal (Noruega)

son el aumento de la temperatura media del planeta, con olas de calor, sequías, inundaciones, catástrofes y aumento del nivel del mar por deshielos polares.

El cambio climático significa la alteración de los sistemas ecológicos y biofísicos de la tierra, que se manifiestan por los cambios en la capa de ozono, pérdida de biodiversidad, daños en la producción alimentaria terrestre y marina, disminución de las fuentes de agua potable, y aumento de la contaminación ambiental.^{8,9}

2. Cambio climático y salud pública

El cambio climático tiene implicancias sobre la salud pública, principalmente en grupos con mayor vulnerabilidad, como inmunocomprometidos, ancianos, niños, enfermos cardiovasculares y aquéllos con menores ingresos^{10,11} (Figura 4).

Los efectos en la salud relacionados con el cambio climático pueden ser tanto directos, como las olas de calor, o indirectos, a través de cambios en los vectores, calidad de las aguas y alimentos, lo cual favorece la aparición de enfermedades, como:

- 1) Aumento de morbilidad y mortalidad en relación a la temperatura, como la ola de calor registrada en el año 2003 con un exceso de 25 700 defunciones en Europa.¹²
- 2) Incremento en el nivel del océano, con inundaciones de zonas altamente pobladas y productivas y consecuente movimiento migratorio forzoso con dificultades de acceso al agua potable y alimentos.
- 3) Efectos en la salud relacionados con eventos meteorológicos extremos (tornados, tormen-

tas, huracanes y precipitaciones extremas), con consecuencias tanto directas como indirectas, por consumo de aguas contaminadas.¹³

- 4) Contaminación atmosférica, con enfermedades respiratorias y cardiovasculares.
- 5) Enfermedades transmitidas por el agua y los alimentos.
- 6) Enfermedades transmitidas por vectores.

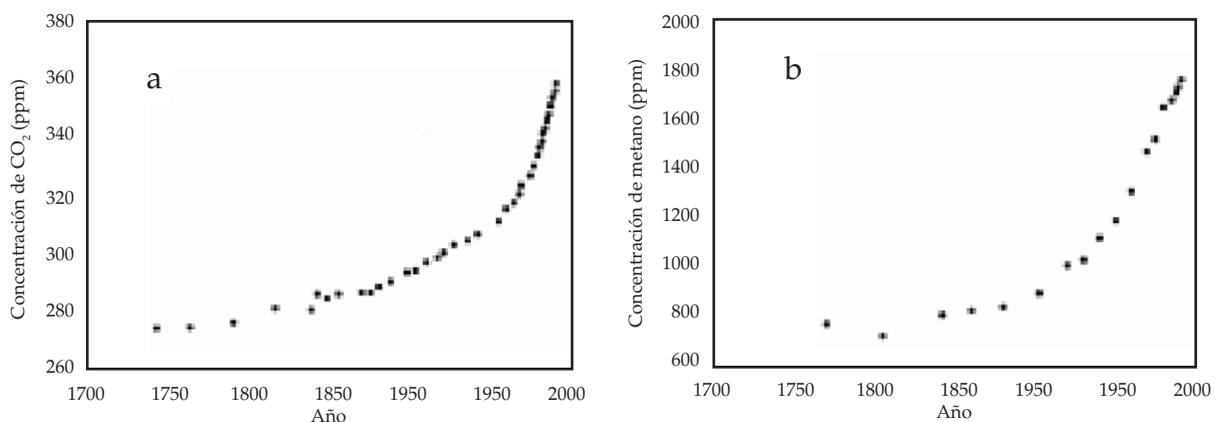
Respecto de las enfermedades infecciosas, la incidencia y la distribución geográfica de las enfermedades transmitidas por el agua, alimentos y vectoriales, pueden verse afectadas por cambios en las condiciones climáticas. Cambios en la temperatura, la humedad, el patrón de precipitaciones o vientos, o las superficies de agua influyen en la reproducción y maduración de vectores. Son procesos ecológicos complejos, en los que intervienen otros factores ambientales y sociodemográficos, por lo que es difícil efectuar predicciones lineales. Sin embargo, la mayor parte de los modelos indican que el cambio climático podría inducir un incremento en el número de casos y la presencia estacional de enfermedades transmitidas por vectores, como el paludismo, el dengue o las encefalitis virales.^{14,15}

Ejemplo de ello, es la epidemia de dengue boliviana en 2008, seguida por la Argentina en 2009 una de las más importantes de la historia.

El agua es un elemento básico para la vida, pero 1,1 billones de personas no tienen acceso a aguas seguras y 2,4 billones a condiciones básicas de saneamiento.¹⁶ La diarrea infantil continúa siendo la causa mundial más frecuente de muerte.

Predecir los impactos potenciales del cambio climático en estas enfermedades es complicado,

FIGURA 3. Cambios en la concentración de gases de efecto invernadero. CO₂ (a) y metano (b) desde el período preindustrial. Datos obtenidos del IPCC año 2001



debido a que el acceso al agua y los alimentos seguros está determinado por condiciones socioeconómicas locales. La escasez de agua lleva al uso de fuentes inapropiadas con el aumento del riesgo de infección.^{17,18}

Los alimentos también son fundamentales para la vida. La OMS muestra que 800 millones de personas están malnutridas.¹⁹ El aumento de la población mundial crea el consecuente incremento de la demanda de alimentos, deforestación de bosques y uso de cultivos intensivos que aumentan la producción de gases con efecto invernadero.²⁰

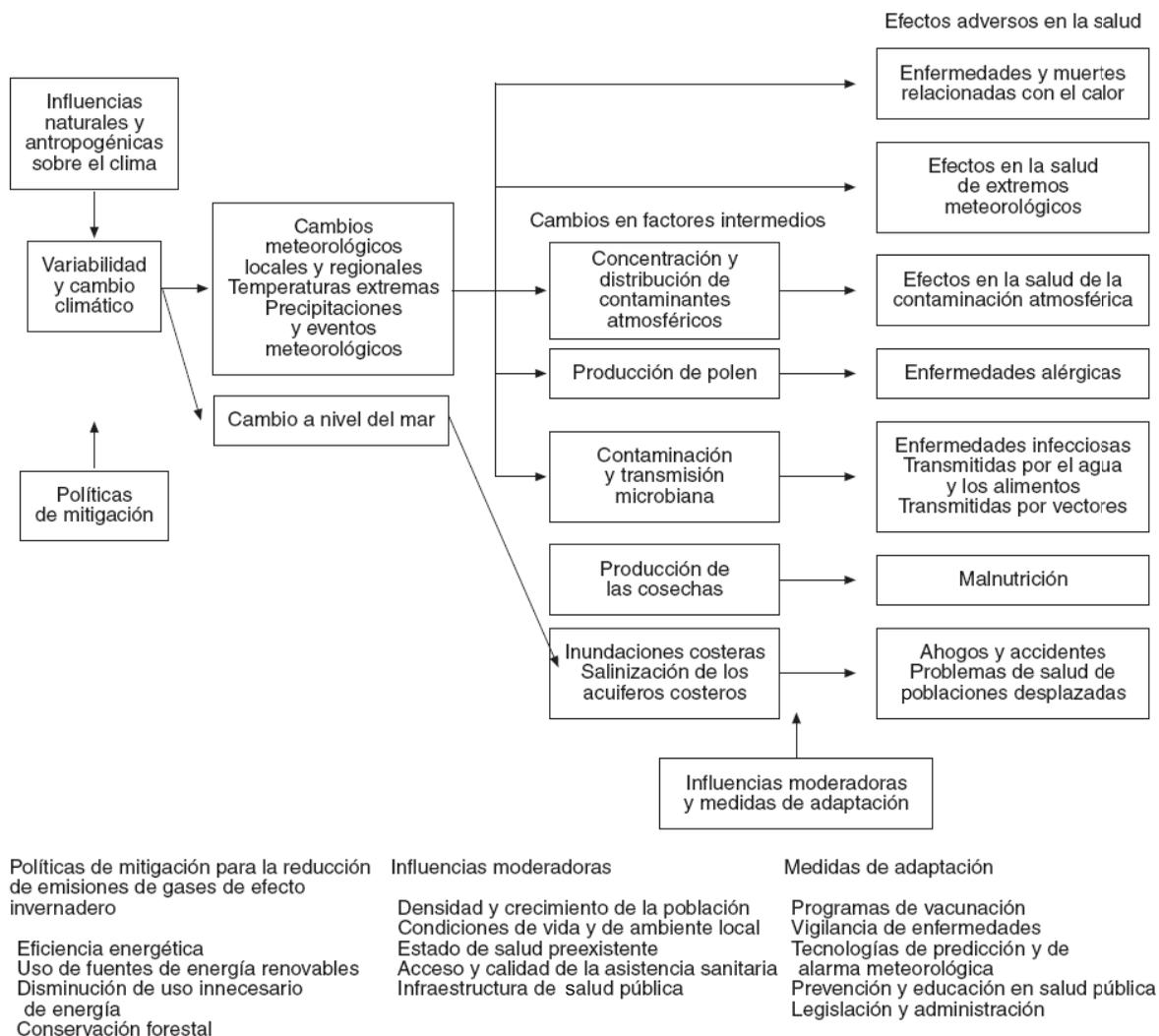
3. Factores relacionados con los brotes epidémicos

Las enfermedades infecciosas frecuentemente se presentan en forma de brotes.

Algunas tienen ciclos epidémicos independientes de factores externos, como el sarampión, otras requieren de la combinación de factores tanto intrínsecos como ambientales.

Aun en las situaciones en donde la asociación entre clima y enfermedad parecería ser muy fuerte, resulta importante considerar que los factores no relacionados con el clima también pueden tener impacto sobre el momento y gravedad de un

FIGURA 4. Efectos probables del cambio climático en la salud y sus posibles respuestas



brote. Entre los determinantes más importantes de vulnerabilidad poblacional se encuentra el nivel nutricional e inmunológico de la población y el antecedente de exposición a la infección. Está demostrado que, incluso bajo situaciones ideales de epidemia, para que ello ocurra, es necesaria una determinada cantidad de personas susceptibles.

Existen otros factores extrínsecos que tienen que ver con el comportamiento humano, posibilidades de acceso sanitario, habitacionales, migraciones y trabajos. Un ejemplo es el impacto que produce la deforestación en la prevalencia de enfermedades transmitidas por vectores, como paludismo, leishmaniasis y fiebre amarilla, donde las intervenciones provocan un cambio forzoso del hábitat natural del vector, desplazándolo de las áreas rurales a las urbanas, o bien exponiendo al hombre a la adquisición.

4. Relación del cambio climático con los brotes epidémicos

El cambio climático perturba los ecosistemas naturales y favorece las condiciones ideales para la propagación de las infecciones y epidemias, principalmente relacionadas a vectores, agua y alimentos.

Como muchas de las enfermedades infecciosas están en relación directa con las características geográficas y estacionales, la utilización de parámetros climáticos como indicadores predictivos de enfermedad es de interés. Resultados que deberán ser interpretados en su contexto y con precaución. Sin olvidarnos de que existe una fuerte evidencia sobre la influencia antropológica en la interacción clima-enfermedad, como es el ejemplo de las migraciones de grupos poblacionales vinculadas con catástrofes climáticas que se relacionan con epidemias locales.

Desde 1990, el aumento en la precisión de los sistemas de predicción climática, conocimientos epidemiológicos y la mejor comprensión de las interacciones entre el clima y las enfermedades infecciosas, motivó la necesidad de desarrollar modelos predictivos de cambios en las enfermedades infecciosas con características epidémicas.²¹

Uno de los sistemas de vigilancia epidemiológica que permiten predecir la aparición de brotes es el publicado por la OMS en el año 2005, denominado "*early warning system model*" (EWS), realizado con el objetivo de lograr una rápida identificación de los brotes epidémicos, como primer paso importante para la implementación de intervenciones eficaces. Este sistema incorpora información relacionada con el clima, medio am-

biente y además utiliza sistemas de información geográfica (SIG), que posibilitan predecir a través de modelos matemáticos la aparición de las epidemias, lo cual permite individualizar la sensibilidad de las distintas enfermedades infecciosas a la variabilidad climática e identificar aquellas para las cuales las predicciones climáticas ofrecerían el mayor potencial de control de la enfermedad.

La mayoría de los expertos coinciden en que las enfermedades infecciosas más frecuentes, en especial las transmitidas por vectores, son altamente sensibles a las variaciones climáticas.²²

De acuerdo a los resultados obtenidos del EWS, respecto del riesgo epidémico y la sensibilidad a las variaciones climáticas, el **paludismo** dentro de las enfermedades transmitidas por vectores y el **cólera** entre las relacionadas con el agua y los alimentos, fueron aquellas enfermedades donde se observó una fuerte asociación entre el factor de variación climática y la epidemia.

En otras enfermedades, la variación climática tuvo un rol importante, pero no determinante, como en leishmaniasis, dengue, encefalitis virales y meningitis meningocócica, donde aparecen además otros factores relacionados con la epidemia.

En el caso de fiebre amarilla, influenza y diarrea, la influencia de la variación climática fue moderada, muy baja para Chagas, parasitosis intestinales, esquistosomiasis y Lyme, y nula para tuberculosis.

¿Cómo interviene el clima en las enfermedades infecciosas?

El impacto climático sobre las enfermedades infecciosas está principalmente relacionado al comportamiento humano, efectos sobre el patógeno y el vector que provocan la enfermedad.

Comportamiento humano

Las distintas temperaturas y estaciones del año condicionan cambios en el comportamiento humano, como trabajos, esparcimiento y movilizaciones. Por ejemplo, el aumento de la transmisión del virus de la gripe en invierno donde la gente busca lugares cerrados, o el pico de incidencia de gastroenteritis durante el verano cuando se acostumbra a estar fuera del hogar.

Efectos sobre el patógeno

Existe una relación directa entre los factores climáticos y los patógenos que provocan enfermedades infecciosas.

La mayoría de los virus, parásitos y bacterias no pueden desarrollarse por debajo de ciertos lí-

mites de temperatura, como es el caso de *Plasmodium falciparum*, que requiere temperaturas mayores a 18°C para desarrollarse.

Efectos sobre el vector

La distribución geográfica y la dinámica poblacional de las enfermedades vectoriales se relacionan con los patrones de temperatura, lluvias y humedad. La mayoría de los vectores son artrópodos de sangre fría altamente sensibles a las temperaturas ambientales.

El calentamiento mundial favorece su desarrollo. Las temperaturas más altas aceleran el metabolismo de los insectos, incrementan la producción de huevos y la necesidad de alimentarse.

Las lluvias además tienen un efecto indirecto sobre la longevidad del vector, debido al aumento de la humedad que crea un hábitat favorable para su desarrollo. Las inundaciones pueden generar efectos catastróficos en la naturaleza al disminuir las fuentes de alimentación, que al igual que la deforestación favorece el desplazamiento de los insectos a zonas habitadas por el hombre.²³

El paludismo, el dengue, la plaga y los virus neurotrofos (encefalitis) son las patologías transmitidas por artrópodos más involucradas.

En el caso del paludismo, es transmitido por el mosquito *Anopheles* que se desarrolla en climas cálidos y húmedos, más comúnmente en áreas selváticas tropicales alrededor de viviendas rurales. La transmisión del paludismo está claramente influenciada por el clima, ya que la transmisión no ocurre en climas donde el mosquito no puede sobrevivir. Las condiciones ideales están dadas por temperaturas mayores a 20°C, sin embargo, existen 4 casos de paludismo en el altiplano boliviano relacionados con la adaptación vectorial.²⁴ El aumento de casos no está sólo en relación a la temperatura, sino también a la disponibilidad de medidas de prevención inexistentes en países como los de África, donde se concentra el 90% de los casos mundiales.

En los últimos años se han observado cambios entomológicos en relación a la aparición de adaptaciones biológicas del mosquito a situaciones inhabituales como supervivencia a mayores alturas (>2600 m) y a menores temperaturas (hasta 8°C), como se comunicó en Bolivia en 2008, donde se hallaron colas de *Anopheles pseudopunctipennis* en Oruro, a unos 3710 metros de altura. Reafirmando las predicciones de los científicos respecto de que los mosquitos se han adaptado a zonas más altas y frías, como altitudes entre 2620 y 3590 m, condiciones muy diferentes a las que existen en su

ambiente tradicional: regiones tropicales y subtropicales cálidas por debajo de los 2600 m.²⁵

La mayor parte de los análisis sobre el impacto climático en las enfermedades vectoriales se han enfocado en el paludismo. Distintos estudios indican que mayores temperaturas llevarán a un aumento de la población expuesta al paludismo como resultado de la expansión geográfica de las enfermedades vectoriales a mayores altitudes y latitudes, con lo que la proporción de la población mundial afectada pasaría de 45% al 60%, aproximadamente, a mediados del siglo XXI.^{26,27}

El dengue es la enfermedad viral más frecuente en el mundo. *Aedes aegypti* está bien adaptado al medio urbano, pero no resiste la desecación. La expansión del área de distribución del *Aedes* y del dengue están favorecidos por el aumento de la humedad y la temperatura, como de las lluvias, generados por el cambio climático.²⁸

El calentamiento mundial, influye en la aparición del dengue, tanto por el aumento de las temperaturas y precipitaciones cuanto por los fenómenos de deforestación, como en Tartagal, donde el desmoronamiento producido por las lluvias en regiones deforestadas empeoró la condición epidemiológica. Vezzani y cols., estudiaron el desarrollo del *Aedes* en Buenos Aires y observaron que el mayor desarrollo aparecía luego de varios meses con temperaturas sobre los 20°C y lluvias acumuladas por sobre los 150 mm. Un marcado descenso se observó por debajo de los 16,5°C y no se observó desarrollo por debajo de los 14,8°C.²⁹

Los cambios en la incidencia del dengue no son exclusivamente climatológicos, existe otros factores relacionados, como la disminución de las medidas de control del vector y fenómenos de urbanización no planificada que alteran el hábitat del mosquito.

Ejemplos actuales del avance de las enfermedades vectoriales son la aparición de brotes de dengue en Sudamérica y la aparición de patologías re-emergentes o emergentes en zonas inhabituales, como la fiebre amarilla y la leishmaniasis visceral en nuestro país.³¹

Agradecimiento

A Juan Casavelos que generosamente facilitó un valioso aporte bibliográfico. ■

BIBLIOGRAFÍA

1. Campbell Landrum D, Corvalán C. Climate Change and Developing-Country Cities: Implications for Environmental health and Equity. *J Urban Health* 2007;84(Suppl):i109-17.

2. McMichael AJ. The urban environment and health in a world of increasing globalization: issues for developing countries. *Bull World Health Organ* 2000;78(9):1117-26.
3. McMichael A, Githeko A, Akhta R, Carcavallo R, et al. Human Health. En: Mc Carthy JJ, Canziani OF, Leary NA, Dokken DJ, White KS, eds. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge: Cambridge University Press; 2001. Págs.451-85.
4. Patz J, Campbell-Landrum D, Holloway T, Foley JA. Impact of regional climate change on human health. *Nature* 2005;438(7066):310-7.
5. Summary For Policymakers. *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Fourth Assessment Report (AR4) Nov 2007. [Acceso: 20 diciembre 2011]. Disponible en: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_spm.pdf
6. Istalens I. Efecto Invernadero: causas y efecto. [Acceso: 3-12-2011] Disponible en: http://www.portalplanetasedna.com.ar/efecto_invernadero1.htm.
7. WHO. Climate change and human health. Risk and responses. Summary. [Acceso: 20 diciembre 2011] Disponible en: <http://www.WHO.Int/globalchange/summary/en/index.html>
8. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Houghton J. Ed. *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*. Cambridge, UK: Cambridge University Press; 1996.
9. Woodward A, Hales S, Litidamu N, Phillips D, Martin J. Protecting human health in a changing world: the role of social and economic development. *Bull World Health Organ* 2000;78(9):1148-55.
10. Hainez A, Patz J. Health effects of climate Change. *JAMA* 2004;291(1):99-103.
11. Ballester F, Díaz J, Moreno J. Cambio climático y Salud Pública: escenarios después de la entrada en vigor del Protocolo de Kioto. *Gac Sanit* 2006;20(supl 1):160-74.
12. Ledrans M, Pirard P, Tillaut H, Pascal M, et al. The heat wave of August 2003: what happened? *Rev Prat* 2004;54(12):1289-97.
13. Beniston M. Climate Change: possible impacts on human health. *Swiss Med Weekly* 2002;132:332-7.
14. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Houghton J, Ding J, Griggs D, Noger M, et al. *Climate Change 2001. The Scientific Basis*. New York: Cambridge University Press; 2001.
15. Sutherst R. Global change and human vulnerability to Vector-Born diseases. *Clin Microbiol Rev* 2001;5:136-73.
16. Cairncross S. Sanitation in the developing world: current status and future solutions. *Int J Environ Health Res* 2003;13(Suppl 1):123-31.
17. Rose J, Epstein P, Lipp E, Sherman B, et al. Climate Variability and Change In the United States: Potential Impacts on Water and Foodborne Diseases Caused by microbiologic Agents. *Environ Health Perspect* 2001;109(Suppl 2): 211-21.
18. Ballester F, Sunyer J. Drinking water and gastrointestinal disease: need of better understanding and an improvement in public health surveillance. *J Epidemiol Community Health* 2000;54(1):3-5.
19. Haddad L, Martorell R. Feeding the world in the coming decades requires improvements in investment, technology and institutions. *J Nutr* 2002;132(11):S3435-36.
20. Khasnis A, Nettleman M. Global Warming an Infectious Disease. *Arch Med Res* 2005;36(6):689-96.
21. Campbell-Lendrum D, Woodruff R. Comparative Risk Assessment of the Burden of Disease from Climate Change. *Environ Health Perspect* 2006;114(12):1935-41.
22. Kuhn K, Campbell-Lendrum D, Haines A, Cox J, et al. Using Climate to predict infectious disease epidemics. WHO 2005. Págs.1-47.
23. Patz JA, Kovats RS. Hotspots in climate change and human health. *BMJ* 2002;325:1094-8.
24. Reiter P. From Shakespeare to Defoe: Malaria in England in the Little Ice Age. *Emerg Infect Dis* 2000;6(1):1-11.
25. Pabón C. Se Propaga la malaria en el altiplano boliviano. *Sci Dev Net*; 19 de dic 2008. [Acceso: 20 diciembre 2011] Disponible en: <http://www.scidev.net/es/news/se-psopaga-la-malaria-en-el-altiplano-boliviano.html>.
26. Watson R, Zinyowera M, Moss R, Dokken D. Impactos regionales del cambio climático: Evaluación de vulnerabilidad. Cambridge University Press 1997. [Acceso: 20 diciembre 2011] Disponible en: <http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/region-sp.pdf>
27. Tanser FC, Sharp B, le Sueur D. Potential effect of climate change on malaria transmission in Africa. *Lancet* 2003;362(9398):1792-98.
28. Hales S, de Wet N, Maindonald J, Woodward A. Potential effect of population and climate changes on global distribution of dengue fever: an empirical model. *Lancet* 2002;360(9336):830-4.
29. Vezzani D, Velázquez S, Schweigmann N. Seasonal pattern of abundance of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Buenos Aires City, Argentina. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2004;99(4):351-6.
30. McCarthy M. Uncertain impact of global warming on disease. *Lancet* 2001;357(9263): 1183.
31. Salomon O, Sinagra A, Nevot M, Barberian G, et al. First visceral leishmaniasis focus in Argentina. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2008;103(1):109-11.