

Monografía

Cambio climático y sus consecuencias en las enfermedades infecciosasEnrique Meléndez-Herrada,¹ Maritoña Ramírez Pérez,² Bertha Guadalupe Sánchez Dorantes,² Alejandro Cravioto²¹ Microbiología y Parasitología.² Departamento de Salud Pública

Facultad de Medicina. Universidad Nacional Autónoma de México.

*– En la naturaleza no hay premios ni castigos
únicamente consecuencias –*

Robert Green Ingersoll

Introducción

La adaptación del humano a su ambiente en toda su historia siempre ha constituido un reto continuo, de tal forma que en los inicios del siglo XXI la humanidad se encuentra distribuida en toda clase de climas y entornos.

Sin embargo, hoy como nunca la temperatura del planeta está aumentando, de tal forma, que todos los ecosistemas se verán afectados, la vida estará sometida a condiciones extremas. Ante el nuevo reto histórico, la amenaza de las enfermedades infecciosas, va a estar latente en diversas formas y la dinámica epidemiológica deberá cambiar en mucho de su contenido.

La temperatura media de la superficie terrestre ascendió 0.6 °C a finales del siglo XX y se ha estimado un aumento de 1.4 °C a 5.8 °C para el año 2100. Aun con la cifra mínima esto significa el mayor aumento de temperatura en los últimos 10,000 años. La principal razón es el proceso mundial de industrialización con sus fenómenos de combustión y el llamado «efecto de invernadero» con la emisión de gases como el dióxido de carbono, metano y óxido nitroso, causantes de un aumento artificial de temperatura del planeta, y como consecuencia la modificación del clima de manera alarmante, el entorno ecológico y el hábitat humano. El decenio de los 90 ha sido el más cálido del último milenio y el año 1998 como el más caluroso registrado. La actual tendencia hacia el calentamiento global provocará sin lugar a duda cambios climáticos importantes y seguramente acompañados de la extinción de especies de vegetales y animales. Es probable que el ser humano no se vea amenazado de esta manera, aunque es posible que afecte por mucho su salud.¹

La variabilidad del clima y su impacto en los asentamientos humanos se encuentra en el fenómeno de El Niño – Oscilación Austral, este es el ejemplo más conocido de va-

riabilidad natural casi periódica del clima a escala anual. Se manifiesta por variaciones de la temperatura en el Océano Pacífico (El Niño) y variaciones de presión atmosférica sobre la cuenca del Pacífico (Oscilación Austral) con efectos sobre el estado del tiempo mundial. Los episodios del Niño suceden a intervalos de entre dos y siete años, sus consecuencias van acompañadas de sequías severas y crecidas de agua. A diferencia del cambio climático que tiende a ser permanente.²

Como resultado de estos escenarios climáticos, estudios de tipo epidemiológico se han creado para enfermedades transmitidas por vectores y que pueden ser tomados en cuenta como modelos de cambio climático a escala global y servir para tomar las medidas de control epidemiológico necesarias.

I. Cambio climático y sus consecuencias en la salud

Hace más de diez años la mayor parte de los países del mundo se adhirieron a un tratado internacional, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de 1997, se le adiciona después el Protocolo de Kioto. Desde 1998 un grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático ha examinando las consecuencias de este cambio, entre otros el impacto en las enfermedades infecciosas.

Consideremos que los efectos del cambio climático a nivel global inciden en la compleja interacción entre el huésped y el agente infeccioso. Para los humanos los cambios en el ambiente pueden desatar la inmigración y con ellos iniciar nuevos patrones de distribución de enfermedades. La migración humana afectaría a los actuales asentamientos humanos y a la infraestructura de salud pública existente en los países. Este escenario puede ser empeorado por la desnutrición, debido a la pérdida de cosechas y generación de hambrunas con la consecuente predisposición del huésped a la infección.³

No ha sido posible cuantificar el riesgo exacto de las consecuencias del cambio climático en relación a enfermedades

infecciosas, este impacto depende de la compleja interacción entre el huésped y el agente causal. Algunos efectos en la salud son conocidos como consecuencia de desastres en los ecosistemas naturales, por ejemplo, una condición climática alterada puede cambiar el hábitat de vectores tales como los mosquitos, ratas y diversos parásitos que acarrean agentes patógenos. El efecto del cambio climático en la salud dependerá también de la capacidad de respuesta del humano y de los sistemas de salud pública que se implementen.⁴

Muchos esfuerzos en medicina preventiva deberán realizarse con tiempo, es sabido que las enfermedades infecciosas no transmitidas por vectores, tales como la salmonelosis, cólera, giardiasis, pueden surgir de manera importante bajo estas circunstancias. Sin embargo, una categoría especial de enfermedades infecciosas, las transmitidas por vectores deberán ser la gran preocupación de América Latina incluyendo a la república mexicana, porque tienen un entorno tropical y subtropical muy extenso, sus habitantes están expuestos a un número de enfermedades típicas de la zona. Muchas comunidades viven en la pobreza con una desnutrición prevalente y una exposición crónica a agentes infecciosos.

II. Impacto en las enfermedades infecciosas

La necesidad de emplear la información climática para pronosticar brotes infecciosos inicia con el trabajo de Gill en la India en 1923, con el diseño de un sistema de pronóstico de aparición de *malaria*. El modelo se fundamentó en las mediciones de precipitación de lluvia y su impacto económico en la distribución de granos alimenticios y su potencial epidémico. También en este sentido Rogers (1923-1926) en la India describió la asociación entre las variables climáticas, temperatura, lluvia, humedad y viento, con la incidencia de enfermedades infecciosas, como neumonía, viruela, lepra y tuberculosis. La sobrevivencia de un patógeno fuera de su huésped depende de las características del ambiente en particular, temperatura, humedad, exposición a la luz solar, salinidad y el pH de su ambiente. Por lo tanto las variaciones climáticas pueden resultar en una elevación de la incidencia de enfermedades con el desarrollo de picos estacionales complejos. Incrementos en la estacionalidad e incidencia de cólera ocurren cuando el microambiente favorece el desarrollo de la bacteria, el cual depende de la temperatura, y la salinidad del agua. Predecir la incidencia de cólera es difícil a partir de simples datos climáticos, sin embargo puede tener picos estacionales, una o dos veces al año dependiendo de las condiciones del ambiente local.⁵

La capacidad de cada agente patógeno de sobrevivir fuera del huésped es también una variable importante en la incidencia estacional para las infecciones transmitidas por la vía aérea mediante aerosoles, gotitas y fomites. Por ejem-

plo, la baja humedad permite la estabilidad del virus de la influenza en el aire, y mantiene sus cualidades de infección.

El realizar investigaciones epidemiológicas con datos obtenidos *in situ* de la influencia del clima en el desarrollo de enfermedades infecciosas necesita un volumen de información que permita discernir entre cuáles se deben a cambios climáticos y cuáles a factores no climáticos.

Aunque es bien conocido cómo el estado del clima influye notablemente en la reproducción de los insectos y roedores, claramente existe una relación entre las precipitaciones de lluvia y las enfermedades infecciosas propagadas por insectos vectores, como el mosquito, que depende del agua. Por lo tanto es necesario comprender con mayor amplitud la ecología de las especies de vectores locales y por extensión poder describir la epidemiología de las enfermedades infecciosas en un cambio climático global de consecuencias que no se habían presentado nunca antes en la existencia del género humano.^{6,7}

La presencia de plagas de insectos, especialmente las moscas, roedores y cucarachas se debe al incremento de temperatura. En países con climas cálidos y vientos de intensidad mediana se favorece la abundancia de moscas.

En el caso de enfermedades infecciosas no transmitidas por vectores como el cólera u otras enfermedades diarreicas, las lluvias intensas son frecuentemente un factor importante de contaminación del agua potable por aguas de desecho. En este sentido brotes de diarrea son el efecto de la contaminación de las fuentes de agua y sus crecidas, siendo los causantes el cólera, la fiebre tifoidea y la shigelosis. En cambio la sequía puede inducir una mayor concentración de patógenos de esta clase en el agua y favorecer las enfermedades antes mencionadas. Por lo cual medidas sanitarias deberán ser aplicadas para controlar estas infecciones.

Las bacterias del género *Vibrio*, *parahaemolyticus* y *vulnificus* han sido responsables de infecciones no virales muy relacionadas al consumo de mariscos en los Estados Unidos, Japón, y Sudeste de Asia. La presencia de estos agentes patógenos es dependiente de la salinidad y temperatura de las aguas costeras. Por ejemplo, un brote en el año 2004 fue debido al consumo de ostras contaminadas por *V. parahaemolyticus* debido a temperaturas atípicas que se presentaron en las costas de Alaska.^{8,9}

Enfermedades infecciosas a intensificarse por el cambio climático

- Cólera
- Malaria
- Meningitis meningocócica
- Dengue/dengue hemorrágico
- Fiebre amarilla
- Encefalitis japonesa
- Encefalitis de San Luis

- Fiebre del Valle de Rift
- Leishmaniasis
- Tripanosomiasis africana (enfermedad del sueño)
- Tripanosomiasis sudamericana (mal de Chagas)
- Virus del oeste del Nilo
- Encefalitis del Valle de Murray
- Influenza

En su reporte de cambio climático del 2007 el Panel Intergubernamental del Cambio Climático nuevamente mencionan la presencia en forma endémica y epidémica de la meningitis meningocócica que se presenta en África Subsahariana, muy unida a factores climáticos y ambientales particularmente las sequías, aunque la totalidad de este efecto no está totalmente entendido desde el punto de vista epidemiológico.¹⁰

III. Enfermedades infecciosas causadas por vectores

Una categoría especial de enfermedades infecciosas es el grupo de enfermedades transmitidas por vectores, los pronósticos señalan que afectarían a un gran número de personas en México y América Latina. Virus, bacterias y parásitos no completan su desarrollo si la temperatura ambiental está bajo cierto umbral (p.ej. 18 °C para el parásito de la malaria *Plasmodium falciparum* y 20 °C para el virus de la encefalitis japonesa).

La distribución geográfica de las poblaciones de insectos vectores está relacionada con patrones de temperatura, lluvia y humedad. La elevación en la temperatura acelera la tasa de metabolismo en los insectos y se incrementan el desove y su frecuencia de alimentación de sangre (en el caso de insectos hematófagos). En este sentido la precipitación pluvial es también significativa aunque no fácil de predecir en este comportamiento metabólico. Las lluvias tienen un efecto indirecto en la longevidad del vector, aunque la humedad crea una serie de hábitat favorable, incrementan la distribución geográfica de los insectos con una abundancia estacional de vectores de enfermedad. En otros casos el exceso de lluvias puede tener efectos catastróficos en la población local de vectores por constantes lavados del suelo por las inundaciones. En áreas geográficas de clima muy húmedo, las sequías pueden convertir los ríos en una sucesión de charcas favorables a la reproducción de vectores. Por lo tanto, la reproducción oportunista de vectores puede crear condiciones epidémicas.¹¹

IV Situación en América Latina y en México

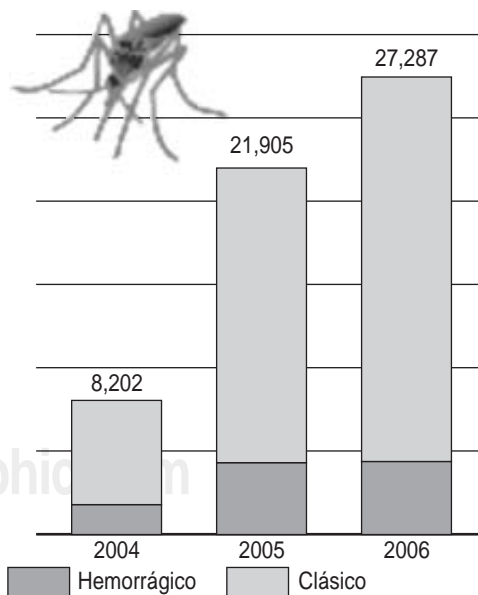
Algunos países de América Latina reportaron brotes severos por dengue en los 80 y los 90 probablemente debidos al cambio climático. Paraguay declara un estado de emer-

gencia en marzo de 2007 después de que 17 personas murieron de dengue hemorrágico y un estimado en infectados de 400,000. En la república Dominicana 24 personas murieron de dengue hemorrágico. Los casos de dengue se han incrementado más de 600% en México desde el año 2001. Aunque el dengue hemorrágico se ha incrementado en el mundo en vías de desarrollo, el problema es más drástico en América Latina de acuerdo al CDC de Atlanta de EUA. En México el dengue está presente en las temporadas de lluvia y calor pero en algunas regiones del país está con presencia todo el año.^{4,12} Un reflejo de esta situación se observa en el incremento de registros de dengue (*Figura 1*).

Por otra parte, el Instituto Nacional de Ecología de México en su Tercera Comunicación Nacional menciona de la situación de vulnerabilidad que tiene el país al cambio climático debido a su posición geográfica, y cómo eventos climatológicos como El Niño o La Niña han repercutido con serios desastres.¹³

Los escenarios climáticos para un futuro cercano basado en modelo de circulación general A2 y B2 concluyen lo siguiente.

- Alta probabilidad de un clima cálido para los años 2020, 2050, y 2080 principalmente en el norte del país.
- Disminución de las lluvias y cambios en su distribución temporal con respecto al periodo de 1961-1990.
- Aumento en la severidad de las tormentas e intensidad de los periodos de sequía.



Fuente: Secretaría de salud

Figura 1. Casos registrados por dengue en México durante 2004-2006.

- De acuerdo al Panel Intergubernamental de Cambio Climático (PICC) refieren que México puede experimentar una disminución significativa de escurrimientos de agua de lluvia, del orden de 10 al 20% a nivel nacional y 40% en la zona de humedales del Golfo.
 - Para los frentes fríos existe la probabilidad que se presenten con menos frecuencia en las precipitaciones del Golfo de México.
 - Se incrementarán las temperaturas del Mar Caribe, Golfo de México y el Pacífico entre 1 y 2 °C, con ello un aumento en la presencia de ciclones tropicales.
- México presenta en el año 2007 la Estrategia Nacional de Cambio Climático, como una serie de políticas para reducir los gases de combustión.¹⁴

V. Oportunidades de investigación en el cambio climático

Se requiere de una compleja cooperación interdisciplinaria entre los profesionistas de la salud, climatólogos, biólogos ambientales y científicos sociales. Nuevos esfuerzos y avances en medicina preventiva deben realizarse para el control de las enfermedades infecciosas. La investigación genómica de patógenos e insectos vectores (mosquitos) es necesaria. De igual forma la investigación microbiológica en ambientes naturales, la biorremediación, requieren de intensos estudios ante la presencia de desastres naturales consecuencia de un cambio climático.¹⁵⁻¹⁷

VI. Consideraciones finales

El efecto global del calentamiento depende de una compleja interacción entre el huésped y el agente infeccioso. Para el humano los cambios en el clima llevan a la inmigración, patrones de enfermedades, pérdidas de cosechas en el campo, y hambrunas en general. Ello disminuye la resistencia natural del huésped a la infección. No es posible cuantificar el riesgo exacto por el cambio climático en particular a las enfermedades infecciosas, el efecto del calentamiento global depende y dependerá principalmente de la capacidad del humano y de los sistemas de salud a adaptarse a las nuevas condiciones. Por lo cual nuevos sistemas de salud deberán desarrollarse o adaptarse como una compleja co-

operación interdisciplinaria entre profesionistas de la salud, climatólogos, biólogos ambientales, y otros especialistas.

Referencias

1. Grassly CN, Fraser C. Seasonal infectious disease epidemiology. *Proc Biol Sci* 2006; 273: 2541-2550.
2. Liang YS, Linthicum KJ, Gaydos JC. Climate change and the monitoring of vector-borne disease. *JAMA* 2002; 287: 2286.
3. Khasnis AA, Nettleman MD. Global warming and infectious diseases. *Arch Med Res* 2005; 36: 689-696.
4. Epstein RP. Climate change and emerging infectious diseases. *Microbes Infect* 2001; 3: 747-754.
5. Kuhn K, Campbell-Lendrum D, Haines A, Cox J. Using climate to predict infectious disease epidemics. WHO. 2005.
6. Canziani O, Diaz S, Calvo E, Campos M, Carcavallo R, Cerri CC, Gay-García C. Impactos regionales del cambio climático: Evaluación de la vulnerabilidad en América Latina. Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático. 2000.
7. Staropoli FJ. The public health implications of global warming. *JAMA* 2002; 287: 2282.
8. Lipp EK, Huq A, Colwell RR. Effects of global climate on infectious disease: the cholera model. *Clin Microbiol Rev* 2002; 15: 757-770.
9. King MG, Kirchman D, Salyers AA, Schlesinger W, Tiedje MJ. Global environmental change. Microbial contributions, Microbial solutions. American Society of Microbiology 2001.
10. Confalonieri UB, Menne R, Akhtar KL, Ebi M, Hauengue RS, Kovats B, Woodward AR. Human health climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change. Eds. Cambridge University Press. Cambridge UK.
11. Koelle K, Pascual M, Yunus M. Pathogen adaptation to seasonal forcing and climate change. *Proc Biol Sci* 2005; 272: 971-977.
12. The Associated Press. Deadly dengue fever spikes in Mexico. March 30, 2007.
13. Instituto Nacional de Ecología. Tercera Comunicación Nacional. México. <http://www.ine.gob.mx/climatico/comnal3.html>
14. Estrategia Nacional del Cambio Climático. México. 2007. Comisión Intersecretarial del Cambio Climático. SAGARPA, SEDESOL, SEMARNAT.
15. McLaren SS. Future renewable resource needs: Will genomics help? *J Chem Technol Biotechnol* 2000; 75: 927-932.
16. Davila AM, Steindel M, Grisard EC. Tropical diseases, pathogens, and vectors. Biodiversity in development countries need for development of genomics and bioinformatics approaches. *Ann NY Acad Sci* 2004; 1026: 41-46.
17. Lump SA, Peñuelas J. Running to stand still: Adaptation and the response of plants to rapid climate change. *Ecol Lett* 2005; 8: 1010-1020.