Canvi climàtic i malalties infeccioses

Coll del Cura, J. Universitat Autònoma de Barcelona.

Resum

El canvi climàtic és una realitat i té efectes, tant directes com indirectes, sobre la salut. Són necessàries actuacions concertades per abordar aquestes qüestions de salut pública plantejades pel canvi climàtic, així com també disposar de mecanismes per predir quina serà la seva evolució. En aquest projecte es discuteixen les malalties infeccioses adquirides a través de diferents vies (artròpodes vectors, rosegadors, aigua, aliments i aire) en referència al canvi climàtic al món i també a Catalunya. Basat en una extensa revisió dels treballs i articles publicats, i de comentaris d'experts, es presenta una avaluació dels canvis de les malalties infeccioses: incidència, prevalença i distribució dels patògens i vehicles transmissors en un entorn canviant. En el present estudi es detallen alguns dels casos més estudiats i demostrats d'emergència i reemergència de brots infecciosos a diferents zones del planeta associats a certes variacions en les variables climàtiques. Degut a l'alt nivell d'incertesa sobre el ritme del canvi climàtic i el seu impacte sobre les malalties infeccioses, es proposa un seguit de línies de futur. Una de les propostes és crear una xarxa integrada de dades ambientals i epidemiològiques, amb capacitat de connectar aquestes dades amb la vigilància dels patògens, vectors i de la qualitat de l'aigua, entre d'altres factors. Aquestes anàlisis podrien orientar les estratègies d'actuació en un futur per la protecció de la salut de la població.

Paraules clau: canvi climàtic, salut, malalties infeccioses, emergència.

Resumen

El cambio climático es una realidad y tiene efectos, tanto directos como indirectos, sobre la salud. Son necesarias actuaciones concertadas para abordar estas cuestiones de salud pública planteadas por el cambio climático, así como poseer mecanismos para predecir su evolución. En este trabajo se discuten las enfermedades infecciosas adquiridas a través de distintas vías (artrópodos vectores, roedores, agua, alimentos y aire) en referencia al cambio climático en el mundo y también en Catalunya. Basado en una extensa revisión de los trabajos y artículos publicados, y comentarios de expertos, se presenta una evaluación de los cambios de las enfermedades infecciosas: incidencia, prevalencia y distribución de los patógenos y vehículos transmisores en un entorno cambiante. En el presente proyecto se detallan algunos de los casos más estudiados y demostrados de emergencia y reemergencia de brotes infecciosos a distintas zonas del planeta asociados a ciertas variaciones en las variables climáticas. Debido al alto nivel de incertidumbre sobre el ritmo del cambio climático y su impacto sobre las enfermedades infecciosas, se propone una serie de líneas de futuro. Una de las propuestas es crear una red integrada de datos ambientales y epidemiológicos, con capacidad de conectar estos datos con la vigilancia de los patógenos, vectores y de la calidad del agua, entre otros factores. Estos análisis podrían orientar las estrategias de actuación en un futuro para la protección de la salud de la población.

Palabras clave: cambio climático, salud, enfermedades infecciosas, emergencia.

Abstract

Climate change is a reality, and has health effects, both direct and indirect. Concerted action is needed to address public health issues raised by climate change, and have mechanisms to predict its evolution. In this review is discussed infectious diseases acquired through various routes (arthropod vectors, rodents, water, food, air) in reference to climate change in the world and also in Catalunya. Based on an extensive review of published studies and articles, and expert commentary, is presented an assessment of the infectious disease changes: incidence, prevalence, and distribution of pathogens and transmitting vehicles in a changing environment. In this project are some of the most studied and proven emergence and re-emergence outbreaks in different parts of the world associated with certain variations in climatic variables. Due to the high level of uncertainty on the rate of climate change and its impact on infectious diseases, it is proposed a series of lines for the future. One proposal is to create an integrated network for environmental and epidemiological data, with ability to connect this data to the monitoring of pathogens, vectors and water quality, among other factors. Such analysis could guide actuation strategies in the future for the protection of population's health.

Keywords: climate change, health, infectious diseases, emergence.

INTRODUCCIÓ

El canvi climàtic en el segle XXI és una realitat (Bernstein *et al.*, 2009). Es pot discutir sobre quines seran les seves conseqüències a mitjà i llarg termini, però és innegable. Un dels fets que ho manifesten és que la temperatura mitjana superficial del planeta es va incrementar 0,74ºC entre el 1906 i el 2005, segons el quart informe de l'IPCC del 2007 (IPCC, 2007).

Els models climàtics són previsions de futur elaborades a partir d'indicadors basats en suposicions sobre l'evolució demogràfica, la utilització i evolució de la tecnologia i l'economia (Roe i Baker, 2007). Els sis escenaris possibles descrits al 2007 per l'IPCC adverteixen que la temperatura mitjana podria augmentar entre 1,1 i 6,4ºC en els pròxims cent anys, amb escenaris d'increment d'emissions de CO_2 de 600 a 1500 ppm (IPCC, 2007). La pujada tèrmica, doncs, tindrà relació amb el volum d'emissions de contaminants atmosfèrics, com el CO_2, que a mesura que augmenta a l'atmosfera, també hi ha un increment de temperatura associat (Hansen, *et al.*, 2007).

Una de les conseqüències que habitualment s'atribueixen al canvi climàtic és que provocarà una alteració en l'epidemiologia de les malalties infeccioses (Jofre, 2008). Hi ha raons que fan pensar que hi pot haver un canvi en la incidència, que no ha de ser necessàriament un augment, i en la distribució geogràfica de les malalties infeccioses que afecten a humans i animals. De totes maneres, ara per ara, hi ha molts interrogants sobre quin serà l'impacte en una determinada zona geogràfica, ja que hi ha massa incerteses sobre el canvi climàtic i també sobre els diversos factors que condicionen les malalties infeccioses (Rodó, conversació personal).

Entre els documents que analitzen la relació entre el canvi climàtic i les malalties infeccioses elaborats per organitzacions destaquen els de l'Organització Mundial de la Salut (Michael *et al.*, 2003), l'Acadèmia Americana de Microbiologia (Rose *et al.*, 2001) i els informes del Grup Intergovernamental d'Experts sobre el Canvi Climàtic (IPCC, 2007). Durant la realització del projecte s'han consultat aquestes fonts, entre d'altres, a la vegada que s'han realitzat consultes directes a diferents experts que han treballat i/o treballen en la matèria.

L'objectiu principal d'aquest estudi és el d'establir si existeix una relació entre el canvi climàtic i l'emergència i reemergència de malalties infeccioses. Per tal d'aconseguir aquest objectiu general s'estableixen una sèrie d'objectius específics:

- Examinar les investigacions més rellevants que relacionen canvi climàtic i malalties infeccioses a la natura.

- Analitzar la relació entre canvi climàtic i salut.

- Identificar i determinar les malalties infeccioses emergents i reemergents més freqüents i quines tenen un perill potencial per a la humanitat més elevat.

- Reconèixer les zones potencialment més vulnerables del planeta.

- Avaluar la relació canvi climàtic i malalties infeccioses a Catalunya.

- Concretar les mesures preventives i les possibles actuacions.

CANVI CLIMÀTIC I SALUT

La influència del clima sobre la salut humana en general i sobre les malalties infeccioses en particular és ben coneguda, fins i tot molt abans que s'establís la relació entre microorganismes i malalties infeccioses, durant el darrer terç del segle XIX (Ress, 1996).

Encara que la salut pot estar afectada tant per variacions climàtiques (regionals) com per canvis en el temps meteorològic, l'associació entre la variabilitat climàtica i la salut permeten inferir la possibilitat que el canvi climàtic tingui efectes sobre la salut de la població, tant de forma directa com

indirecta, tenint en compte el nivell socio-econòmic i la qualitat de la sanitat de cada regió (*figura 1*) (Patz i Khaliq, 2002).

Hi ha nombrosos efectes directes i indirectes del canvi climàtic que tenen i tindran conseqüències sobre la salut humana. Els efectes directes inclouen, sobretot, impactes físics que causen estrès fisiològic o un dany físic sobre les persones, com serien les riuades, ventades o els efectes que tenen les temperatures extremes, de vegades acompanyat del conseqüent excés de mortalitat degut a onades de calor[1].

Els efectes indirectes poden operar a través de diverses vies, en les quals estan implicades variables molt diverses. Aquests efectes inclouen la contaminació atmosfèrica (antropogènica) i el pol·len (biogènica), i els problemes que ocasionen a la salut respiratòria. Alguns experts afirmen que l'augment dels casos d'asma està indirectament relacionat amb el canvi climàtic (D'Amato *et al.*, 2008). A Europa, però, es creu que l'augment de les temperatures mitjanes podria significar una important reducció de les afeccions de vies respiratòries a l'hivern (Langford i Bentham, 1995).

Els canvis de temperatura i d'humitat de l'atmosfera a les zones inundades, com a conseqüència del canvi de les temperatures mitjanes, poden influir sobre la incidència i la distribució de les malalties infeccioses (IPCC, 2007), i és possible que les zones que es poden veure més afectades siguin les zones peripolars (Parkinson i Butler, 2005) i les zones de frontera per latitud o per altitud de les àrees amb clima tropical (Michael *et al.*, 2003). Les malalties infeccioses transmeses per vectors, les zoonosis i les transmeses per l'aigua es veuen afectades pel canvi climàtic, distorsionant la seva distribució i abundància (Gage *et al.*, 2008; Gubler *et al.*, 2001). Segons l'informe del grup de treball conjunt de l'Organització Mundial de la Salut (OMS), de l'Organització Mundial de Meteorologia (OMM) i del Programa de les Nacions Unides per al Medi Ambient (PNUMA), titulat *Climate Change and Human Health*, la incidència de les malalties infeccioses augmentarà com a conseqüència de l'escalfament global.

Altres impactes secundaris derivats del canvi climàtic sobre patògens vegetals són la degradació dels ecosistemes, que pot ocasionar una pressió sobre la productivitat agrícola (Anderson *et al.*, 2004), la pèrdua de collites, la desnutrició i la fam, ja que la majoria de població mundial s'alimenta de blat, arròs, blat de moro i patates (Harlan, 1995). Això portaria a l'augment dels desplaçaments de població i al conflicte de recursos, tots ells amb risc de transmissió de malalties transmeses per l'aigua degut a la contaminació amb femta humana de les aigües superficials (Shultz *et al.*, 2009; Diaz, 2007).

MALALTIES INFECCIOSES TRANSMESES PER VECTOR

Les malalties infeccioses transmeses per vectors i les malalties zoonòtiques (en anglès, vectorborne and zoonotic diseases, VBZD) són malalties infeccioses la transmissió de les quals implica animals hoste o vectors. Les malalties transmeses per vectors són aquelles en les quals els organismes, generalment artròpodes -insectes, paparres o àcars-, entren en contacte amb la sang d'un organisme i transporten el patogen d'un hoste a un altre, generalment amb amplificació (augment de la virulència) en el vector –per exemple, la malària o la pesta bubònica- (IWGCCH[2], 2009). Aquests insectes i invertebrats són poiquiloterms, per tant tenen una gran dependència de la temperatura del seu entorn, i canvis en aquesta pot fer variar la grandària de les seves poblacions. Les zoonosis són malalties que es poden transmetre d'animals a humans per contacte –com la grip aviar– (IWGCCH, 2009).

La complexitat i els múltiples factors que determinen la transmissió de les malalties

[1] Encara que no existeix cap definició consensuada d'onada de calor, l'Institut de Veille Sanitaire al 2003 el va nomenar com el manteniment de temperatures elevades durant un període de 48 hores consecutives.

[2] The Interagency Working Group on Climate Change and Health.

transmeses per vectors fan que sigui molt difícil generalitzar sobre els mecanismes de transmissió i molt menys predir en quina direcció es produiran els canvis derivats de la variabilitat en el clima (IPCC, 2007).

Les àrees de distribució, la durada dels períodes d'activitat del vector i de multiplicació dels patògens en el vector, es poden veure afectades pel canvi climàtic (Jofre, 2008). El canvi climàtic pot ampliar la durada de l'estació de transmissió i facilitar la dispersió dels vectors a latituds i altituds més elevades i incrementar la multiplicació del patogen en el vector, però també, un excés de calor pot reduir la supervivència dels vectors en algunes àrees on habiten actualment (McCarthy *et al.,* 2001).

La davallada de les economies, les àmplies rutes de transport, l'agricultura i altres serveis ambientals podrien donar lloc a moviments massius de població dins i entre països, així com una disminució general del que avui són considerats com els estàndards mínims de vida (Costello, 2009), i d'aquesta manera ampliar la distribució geogràfica de les malalties transmeses per vectors. En molts països de l'hemisferi nord, ja fa més de cent anys que malalties freqüents als països en vies de desenvolupament, tenen molt poca o nul·la incidència (IWGCCH, 2009). Però una degradació del clima rural i urbà, acompanyat de males condicions sanitàries podria tornar a portar la malària, el tifus epidèmic, la pesta, la febre groga –entre d'altres- a la seva incidència passada (IWGCCH, 2009).

Les possibles projeccions sobre els impactes del canvi climàtic en les VBZD són escasses, i el consens científic no és destacable. Tot i que avui dia es posseeix el coneixement tècnic per tractar i vacunar contra les VBZD, en absència d'aquesta tecnologia, molts experts creuen que la mortalitat de la població a causa de brots d'aquestes malalties podria arribar a ser del 20-50% (Orenstein *et al.,* 2005). No obstant, aquestes projeccions han de ser específiques a la ubicació, altitud, ecosistemes, a l'hoste i al vector.

Philip Mellor, investigador de l'Institut per la Salut Animal al Pirbright Laboratory, Regne Unit, investiga sobre els components del clima que probablement tindran els efectes més importants en quant a alterar la distribució de les infeccions virals transmeses pels insectes, com el virus de la llengua blava i altres infeccions arbovíriques[3] (Wilson i Mellor, 2009). Part dels seus estudis estan adreçats sobre la base d'un augment suposat de la temperatura mitjana global d'1,1 a 6,4ºC -que és el previst que es produeixi durant la primera part d'aquest segle- (IPCC, 2007).

Hi ha estudis recents que pronostiquen un augment en la distribució de la paparra del gènere *Ixodes* (vector d'encefalitits víriques) en latitud al Canadà (*figura 2*) (Ogden *et al.,* 2006). Aquesta previsió es basa en models matemàtics que tenen en compte el ritme de creixement de població actual i el mateix ritme d'emissió de gasos d'efecte hivernacle (Greer *et al.,* 2006). A Suècia s'ha descrit que després d'uns quants hiverns més càlids del que és habitual, les paparres del gènere *Ixodes* que transmeten la malaltia de Lyme s'han estès cap al nord (Lindgren *et al.,* 2000). De totes maneres hi ha certa discrepància sobre les causes d'aquesta dispersió, ja que alguns autors creuen que és deguda a un augment de la densitat de les poblacions d'uns rosegadors que són els seus hostes homeoterms que s'hauria produït degut a canvis en l'ús del territori (Githeko *et al.,* 2000).

Noves distribucions geogràfiques de les espècies animals; el descens de la biodiversitat, que tindria com a conseqüència l'augment de les densitats d'algunes espècies, i l'aparició de noves rutes migratòries d'aus, que poden ser alhora hostes homeoterms no humans i també transportadors dels vectors hematòfags (Hubálek, 2004), podrien comportar l'aparició de noves zoonosis a certes zones geogràfiques. La tendència de les malalties infeccioses emergents suggereix que la freqüència d'events de zoonosis a la natura no disminuirà en un futur (Woolhouse i Gaunt, 2007). En tot cas, amb l'augment de les

[3] Infeccions virals transmeses per artròpodes, com mosquits o puces. Apareixen en major freqüència durant els mesos càlids, quan els artròpodes estan més actius.

poblacions humanes i animals, amb les variacions climàtiques i la desforestació –que desplaça a molts animals–, les tendències apunten a un augment continu de l'emergència de zoonosis, però tot i així, es desconeix quan i on es produirà (King *et al.*, 2004; Morens *et al.*, 2004).

La febre del dengue (DF) és causada per qualsevol dels quatre serotips que té el virus del dengue (serotips 1, 2, 3 i 4), que és un arbovirus, de la família *Flaviviridae*. La infecció d'un serotip no protegeix dels altres, i les infeccions seqüencials poden augmentar el risc de patir la febre hemorràgica del dengue (DHF) i la síndrome de xoc per dengue (SCD). El dengue és transmès entre persones pels mosquits *Aedes aegypti* i *Aedes albopictus albopictus* (actualment pertanyen al gènere *Stegomyia*), que tenen una distribució gairebé mundial. Els mosquits requereixen temperatures estables d'entre 12 i 28 ºC, i els seus ous són resistents a sequeres, podent sobreviure temps llargs. Diferents investigacions han posat de manifest que *el Niño* i *la Niña* poden haver afectat a l'aparició de la febre del dengue a la regió del sud-est asiàtic (Hales *et al.*, 2000). Tot i això, aquestes associacions no són completament consistents, el que reflexa la gran complexitat dels efectes climàtics sobre la transmissió i/o la presència dels patògens i vectors (Cummings, 2004). Si bé les grans precipitacions o les elevades temperatures poden donar lloc a un augment de la transmissió, els estudis han demostrat que la sequera també pot ser un atenuant en la malaltia, per la pràctica de l'emmagatzematge d'aigua a nivell domèstic, adequant llocs òptims per a la cria del mosquit (Pontes *et al.*, 2000; Depradine i Lovell, 2004; Guang *et al.*, 2005). Basats en el clima –temperatura, precipitacions, nuvolositat–, els mapes de densitat del principal vector del dengue, *Aedes aegypti*, coincideixen amb la distribució de la malaltia observada (Hopp i Foley, 2003). Aproximadament un terç de la població mundial viu en regions on el clima és propici per la transmissió del dengue, i es pot veure augmentat per variacions en el clima (Hales *et al.*, 2002; Rogers *et al.*, 2006). La ràpida urbanització, amb una proliferació de cavitats on es pot quedar estancada l'aigua, com pneumàtics a l'aire lliure, que poden servir com a zones de cria del mosquit, l'augment dels viatges internacionals i la falta de mesures eficaces de control de vectors han estat les causes en la propagació del dengue, augmentant els casos tant de DF, com de DHF en molts països (*figura 3*) (http://www.who.int/topics/dengue/). Un model empíric basat en la projecció dels augments de pressió de vapor i l'augment mitjà i alt d'emissions de gasos d'efecte hivernacle, han permès preveure les expansions dels vectors del dengue a zones d'Austràlia i Nova Zelanda (Hales *et al.*, 2002; Woodruff, 2005) (*figura 4*). Es preveu que en el 2080 entre 5 i 6 mil milions de persones estaran en risc de contraure el dengue com a conseqüència del canvi climàtic i l'augment de la població, en comparació amb els 3,5 mil milions de persones si el clima es mantingués sense canvis (Hales *et al.*, 2002).

La febre del virus del Nil Occidental és una malaltia causada pel virus del Nil Occidental (NO), un flavivirus endèmic a l'Àfrica. Aquest virus és transmès per vectors poiquiloterms –mosquits–, que afecten a una àmplia gamma de vertebrats, com aus migratòries. Degut a la proximitat espacial i temporal de les infeccions d'aus i humans, els epidemiòlegs han arribat a la conclusió que la transmissió segueix un cicle enzoòtic: les aus actuen com a reservori natural infectant als mosquits, que a la vegada infecten a la resta de vertebrats (Gubler, 2000). La transmissió no és possible a temperatures inferiors a 20 ºC a l'estiu, i els augments de temperatura poden produir un augment vectorial i incrementar el risc de transmissió (Wilgoren, 1999). Les primaveres seques seguides d'estius molt calorosos acceleren la transmissió del virus del mosquit a aus. Al 1999 es va descriure el primer cas als EUA, a Nova York, atribuït a la sequera de l'estiu anterior (Balbus i Wilson, 2000). Les larves de mosquit del gènere *Culex* es desenvolupen inicialment en aigua estancada, i la sequera de l'estiu va fer que l'aigua quedés estancada en clavegueres i piscines no utilitzades, donant-se les condicions ideals per al mosquit (Wilgoren, 1999). Va originar un brot molt important, acompanyat d'una disseminació posterior a 44 estats i a sis províncies de Canadà en tan sols cinc anys, transmès pel mosquit *Culex pipiens*

a partir d'aus migratò-ries infectades (Steele *et al.,* 2000; Weiss *et al.,* 2000). Al 2006 el virus ja ocupava tot Estats Units –excepte Alaska i altres territoris no continentals– causant 4269 casos de malaltia en humans, amb 177 morts (Madigan *et al.,* 2009). Encara que no és probable, el virus del Nil Occidental es podria haver contingut quan va sorgir a Nova York al 1999, però el retard d'unes poques setmanes en reconèixer el brot en les aus i la identificació del virus, combinat amb l'absència d'una efectiva capacitat de control dels mosquits, va permetre al virus del Nil Occidental la seva ràpida extensió (IWGCCH, 2009). Actualment és l'agent patològic que més ràpid està creixent als EUA (IWGCCH, 2009). A la zona d'Emilia-Romagna, al delta del Po, Itàlia, es van donar uns quants casos de febre del Nil Occidental en humans al 2008 (Rossini *et al.,* 2008), que és justament la mateixa àrea on un any abans es va donar un brot de Chikungunya. Encara no s'ha establert una relació, però el delta del Po és una àrea de gran diversitat biològica, degut a la presència d'aigua dolça i salada, amb boscos de fulla caduca, llacunes obertes d'aigües poc profundes i un alt grau d'humitat, fent d'aquesta àrea una zona atractiva pels mosquits, molt abundants a l'estiu. També es troba en una cruïlla de camins de moltes aus migratòries, que connecta Europa, la conca mediterrània i Àfrica. Per tant, l'alta concentració de mosquits i aus migratòries crea les condicions idònies per la transmissió de virus mitjançant vectors (Rezza, 2009).

El paludisme és causat per *Plasmodium*, un protozou que es transmet a través de la picadura de mosquits infectats, concretament només a través de determinades espècies del gènere *Anopheles* i únicament les femelles (Madigan *et al.,* 2009). Els mosquits, com tot animal poiquiloterm, tenen unes àrees de distribució que solen dependre de la temperatura – amb temperatures mínimes, òptimes i màximes-, i de la disponibilitat d'aigua entollada per multiplicar-se (Jofre, 2008). També *Plasmodium* té una temperatura màxima ($T_{màx}$) i mínima ($T_{mín}$) per poder multiplicar-se en el vector. Així, *P. falciparum*, que es troba a les zones tropicals i causa la varietat més greu de malària, té una $T_{mín}$ de 16-19 ºC i una $T_{màx}$ de 39 ºC, mentre que *P. Vivax*, que és el que havia hagut a Catalunya, les $T_{mín}$ i $T_{màx}$ són 14,5-15 i 39 ºC (McCarthy *et al.,* 2001; Jofre, 2008). La malària ha estat considerada com la malaltia lligada a vectors hematòfags[4] probablement més susceptible d'experimentar un augment de les àrees endèmiques com a conseqüència del canvi climàtic a llarg termini (Michael *et al.,* 2003). Un augment de la temperatura d'entre 3 i 5ºC a finals del segle XXI implicaria que la població exposada a la malària passés del 45% del total mundial al 60% (Llebot, 1997). Anàlisis de dades històriques han mostrat que el risc de malària epidèmica es multiplicava per cinc durant l'any següent a episodis de *el Niño* al subcontinent índic (Bouma i van der Kaay, 1994). També s'han comprovat augments significatius d'incidència de malària els anys posteriors a episodis de *el Niño* a Veneçuela (Bouma i Dye, 1997). Bouma (1994) va establir una clara relació entre l'augment de la temperatura mitjana als mesos de novembre i els casos de malària al Pakistan (*figura 5*). Els investigadors han examinat si la distribució més àmplia de malària en les terres altes de l'Àfrica s'associa amb el canvi climàtic, i han realitzat prediccions quantitatives dels efectes de diversos escenaris de canvi climàtic sobre la distribució de la malaltia (Ebi *et al.,* 2008). Altres estudis han afirmat que el canvi climàtic indueix a l'augment de les temperatures, i que aquest fet pot tenir diferents efectes sobre la malària: i) augment de la distribució de malària enfront a l'altitud; ii) intensificació de la transmissió a altituds més baixes; iii) major pressió sobre l'eficàcia dels esforços de control de vectors (Thomson i Connor, 2001). A les terres altes de l'Àfrica Oriental, on les densitats del vector són baixes, la contribució de temperatures més altes al problema creixent de la malària és un tema molt controvertit, perquè la resistència als medicaments i els afectats de HIV s'ha estès al llarg del mateix període (Craig *et al.,* 2004). Tot i els vincles causals coneguts entre el clima i la dinàmica de transmissió de la malària, encara hi ha molta incertesa sobre l'impacte potencial del canvi climàtic sobre la malària a escala local i mundial, degut a les poques observacions

[4] Animals que s'alimenten de sang.

simultànies de clima i malària realitzades, la complexitat de la malaltia i la importància dels factors no climàtics, incloent el desenvolupament socio-econòmic, la immunitat i resistència als medicaments, la determinació de la infecció i els seus resultats (IPCC, 2007). A dia d'avui existeixen pocs projectes que estudiïn la projecció de la malària relacionats amb el canvi climàtic fora del continent africà (IPCC, 2007). Un estudi a Portugal, ha previst un increment del nombre de dies per any favorables per la transmissió de malària en relació a la temperatura, però actualment el risc actual de transmissió és quasi nul, ja que no es té constància de la infecció dels vectors (Casimiro *et al.*, 2006). Actualment hi ha pràctiques en ús, com la intensificació de l'agricultura, que poden afavorir el paludisme degut a una major utilització d'insecticides que implica un increment paral·lel de les resistències associades als vectors de transmissió.

MALALTIES TRANSMESES PER L'AIGUA

Existeix una clara relació entre els increments de la precipitació i els brots de malalties transmeses per l'aigua (http://www.who.int/features/qa/70/en/index.html). Alguns dels majors brots de malalties transmeses per l'aigua a molts països de l'hemisferi nord han estat resultat d'events de sequera o de precipitació severa. Als Estats Units des de 1948 fins al 1994, les fortes inundacions s'han relacionat amb la meitat dels brots de malalties transmeses per l'aigua (Curriero *et al.*, 2001). S'espera que el canvi climàtic comporti un major nombre de fenòmens de sequera i de precipitació severa (IPCC, 2007). Per tant, sent l'aigua un element indispensable per a la vida, aquesta correlació ha estat objecte de nombroses investigacions. Per exemple, al maig del 2000, fortes pluges a Ontario, EUA, van resultar amb 2300 afectats i set morts per malalties diarreiques després de beure l'aigua corrent (Hrudey, 2003).

La supervivència dels microorganismes patògens a l'aigua es pot veure afectada per factors climàtics, sent la temperatura i les radiacions els elements més importants (Medema *et al.*, 1997; Enriquez *et al.*, 2000). Tant *Salmonel·la* com bacteris del gènere *Vibrio*, proliferen més ràpidament a temperatures més elevades, la primera tant als budells d'animals com en aliments, i el còlera a l'aigua (McMichael *et al.*, 2006). Altrament, les epidèmies també podrien resultar de la migració relacionada amb el clima (Hales *et al.*, 2000). Alhora, molts microorganismes s'uneixen a sòlids i persisteixen a sediments d'aigües superficials o a components del sòl. Episodis de pluja intensa mobilitzen els microorganismes atrapats a sediments, a fangs de depuradora i al sòl, i s'han registrat augments significatius del nombre de microorganismes indicadors de contaminació fecal en aigües de platges (Vidal i Lucena, 1997), aigua de deu i aigua de xarxa de distribució per aquest motiu (Méndez *et al.*, 2004).

A nivell mundial, l'impacte de les malalties diarreiques transmeses per l'aigua és elevat (http://www.who.int/topics/water/en/), i amb el canvi climàtic és molt probable que augmenti la seva incidència, així com que també hi hagi alteracions del cicle hidrològic, -la freqüència i intensitat de fenòmens meteorològics-, i aquests canvis poden complicar la previsió de la incidència i distribució de les malalties diarreiques (Williams *et al.*, 2001). L'expansió d'aquestes malalties es pot donar, per intenses precipitacions que provoquin desbordament d'aigua, degut a l'augment de la seva temperatura, però també per una major concentració humana en entorns urbans sense el sanejament i la higiene mínimes, degut per exemple a sequeres (Sidley, 2008). Al mateix temps, els residus acumulats en l'aigua, incrementen la presència de molts vectors, com el mosquit *Aedes aegypti*, transmissor de malalties com el dengue. Les estratègies de prevenció i tractament per les malalties transmeses per l'aigua estan ben establertes en els països desenvolupats, i no es creu que el canvi climàtic tingui un impacte negatiu significatiu.

El Programa de Ciència del Canvi Climàtic (CCSP) va informar d'un probable augment en la propagació de patògens en l'aigua en funció de la supervivència dels patògens, la seva persistència, el rang d'hàbitat

i la seva transmissió en un entorn i clima canviant (Ebi *et al.,* 2008). El CCSP va detectar la forta associació entre la temperatura superficial del mar i la proliferació de moltes espècies del gènere *Vibrio*, i va suggerir que l'augment de temperatures degudes al canvi climàtic probablement conduiria a una major incidència de malalties entèriques associades amb bacteris del gènere *Vibrio* (*V. cholerae, V. vulnificus* i *V. parahaemolyticus*). A més, estudis recents demostren que els agents patògens que poden implicar riscos de malaltia als humans, estan molt extesos als vertebrats marins i també al marisc i a peixos de piscifactories (Moore *et al.,* 2008). Les plantes de tractament d'aigua no estan exemptes als efectes del canvi climàtic. Per exemple, les sequeres poden causar problemes amb l'augment de les concentracions dels agents patògens d'efluents i col·lapsar així les plantes de tractament, de manera que dificultaria l'eliminació de la càrrega de patògens (Kistermann *et al.,* 2002), i això perjudicaria a la salut humana (Dwight *et al.,* 2004). El mateix resultat s'obtindria amb les inundacions de la planta per pluges extremes.

Brots de còlera han estat directament associats amb inundacions a Àfrica i Índia (Sidley, 2008). Un augment de 40 cm. del nivell del mar, combinat amb fenòmens meteorològics més severs, fa preveure que augmenti el número anual mitjà de persones afectades per inundacions litorals, dels 50 milions en l'actualitat a 250 milions al 2080, amb el corresponent augment de la incidència de malalties associades a patògens de transmissió hídrica (Ford *et al.,* 2009). El còlera està causat pel bacteri *Vibrio cholerae* i segons l'OMS es registra tan sols el 5-10 % dels casos totals, per tant es calcula que la incidència del còlera supera el milió de casos per any (http://www.who.int/topics/cholera/surveillance/en/index.html). Rodó *et al.* (2002) han descrit una relació molt significativa entre episodis de *el Niño,* progressivament més forts, i la prevalença de còlera a Bangla Desh durant un període de setanta anys. Els autors van trobar que l'associació entre la incidència de còlera i *el Niño* era molt dèbil i no correlacionada a la primera part del segle (1883-1940), mentre que des de 1980 fins a 2001 l'associació era molt forta i consistent (Rodó *et al.,* 2002). Estudis de Colwell (1996) han demostrat una relació entre la temperatura de la superfície del mar i els casos de còlera a Bangla Desh (*figura 6*). S'observa també una variabilitat interanual en períodes de més de set anys que té una forta correspondència amb les pluges i les descàrregues del riu Brahmaputra (relacionat amb els monsons) i uns períodes més curts (menors de set anys) que estan relacionats amb la variabilitat de *el Niño* i la seva influència en la temperatura (Koelle *et al.,* 2005). Estudis realitzats en altres països, per exemple Ghana (Constantin de Magny *et al.,* 2006), també han mostrat una associació entre incidència de còlera i variacions del clima, augmentant sempre els casos de la malaltia quan es donen fenòmens de precipitació abundant i d'augment de temperatures. A Perú també s'ha relacionat l'augment de la incidència de diarrees coincidint amb el fenomen de *el Niño* (Checkley *et al.,* 2005).

CATALUNYA

Segons l'Informe sobre el Canvi Climàtic a Catalunya del 2005, els viatges i la immigració constitueixen el principal factor que hi ha al darrera de l'expansió de moltes de les malalties infeccioses emergents al territori català, moltes d'elles associades al canvi climàtic. Aquest mateix informe afirma que aquestes malalties i problemes poden esdevenir una amenaça significativa per a la salut dels catalans si el canvi climàtic augmenta la seva incidència fora del país (Saez i Lertxundi-Manterola, 2005). Pel que fa a malalties que es transmeten per vectors, espècies pertanyents als gèneres de mosquits implicats en la transmissió de malària, febre groga, dengue, Chikungunya i algunes encefalitis víriques s'han trobat o es troben a Catalunya (Jofre, 2008). Diferents espècies dels gèneres de mosquits *Anopheles, Aedes* i *Culex* formen part de les poblacions actuals a la península Ibèrica (Eritja *et al.,*1998). Alguns són autòctons, com *Anopheles atroparvus*, i altres han estat introduïts, com *Aedes aegypti* – fa dos-cents anys i eradicat fa uns cinquanta anys–, o *Aedes albopictus*, recentment

introduït i que s'està assentant a algunes zones del litoral Mediterrani, segurament per desídia col·lectiva (Jofre, 2008).

La presència d'aquests mosquits no implica una transmissió, ni a nivell local ni de forma persistent, inclús havent-hi la introducció de persones infectades no provoca l'aparició d'epidèmies. Això és degut a que tot i que les condicions climàtiques canviessin de tal forma que els mosquits vectors de malalties fossin més abundants o tinguessin una extensió més àmplia, es requeriria que totes les altres condicions per una transmissió es donessin alhora i de forma augmentada (Saez i Lertxundi-Manterola, 2005).

Per tant, tot i que Catalunya està en una zona geogràfica potencialment susceptible de ser afectada per algunes malalties transmeses per vectors poiquiloterms hematòfags, cal pensar que si en el passat –amb menys mitjans que ara– van ser controlades, es creu que si el canvi climàtic fa més susceptible Catalunya a aquestes malalties, no representaran problemes per controlar-les (Jofre, 2008). Tot i així, degut a la proximitat a Àfrica i el clima temperat de la península Ibèrica, cal prendre mesures per evitar situacions com la de la falta de control d' *Aedes albopictus* o per evitar que casos importats de malària donin lloc a petits brots de malària indígena –com el que es va donar a Itàlia–, la qual cosa seria el primer pas perquè es tornés a convertir en endèmica (Jofre, 2008). Mentre es mantinguin aquests mecanismes de control i l'actual nivell socioeconòmic, no és probable que el canvi climàtic augmenti de forma significativa el risc de patir aquestes malalties (Saez i Lertxundi-Manterola, 2005). La reducció del nombre de mosquits (controlant el focus de producció primària), la limitació del seu contacte amb persones (per exemple millorant les condicions d'habitatge o fomentant la utilització de repel·lents) i l'absència de persones infectades (els viatgers es vacunen o prenen mesures preventives), contribuiran a reduir el risc de la introducció de les malalties transmeses per vectors (Saez i Lertxundi-Manterola, 2005).

LÍNIES D'ACTUACIÓ DE FUTUR

Per les malalties zoonòtiques i transmeses per vectors, caldria:

- Comprendre els cicles de transmissió dels VBZD, i l'impacte de la gestió ecològica en la transmissió de VBZD, inclòs l'impacte de les pressions selectives degudes al canvi climàtic.

- Desenvolupar mètodes més eficients per detectar, quantificar, caracteritzar i monitoritzar el potencial de transmissió de VBZD associats als canvis en els ecosistemes terrestres i marins.

- Desenvolupar i validar models ecològics dels VBZD vinculats a les bases de dades de les malalties transmeses per VBZD, i identificar els patrons relacionats amb el clima.

- Comprendre els efectes secundaris del canvi climàtic, com la desnutrició, els conflictes i desplaçaments de població en contacte amb VBZD, i l'avaluació de l'eficàcia de les estratègies de prevenció.

- Impulsar la investigació sobre l'eficàcia de nous mètodes de prevenció de malalties, incloses les vacunes, repel·lents, mosquiteres, profil·làctics i altres.

- Desenvolupar nous plaguicides destinats a controlar els vectors de malalties, combinant l'especificitat, la persistència, la seguretat al medi ambient –bioacumulació o cap efecte sobre organismes ni objectes–, i la baixa susceptibilitat a la resistència dels vectors.

- Millorar la infraestructura existent de vigilància de la salut pública per incloure la vigilància en la perifèria de les zones endèmiques, per detectar el rang d'expansió i els punts d'entrada dels vectors a zones no endèmiques –aeroports, ports marítims–.

- Augmentar la vigilància de la salut dels animals –tant domèstics com salvatges–, i la detecció precoç de les malalties

emergents d'origen animal, amb especial èmfasis als humans amb major contacte amb la fauna salvatge.

- Desenvolupar sistemes d'alerta que integrin la vigilància de la salut pública i animal.

- Impulsar la investigació sobre els riscs i estratègies de prevenció dels VBZD.

Per les malalties transmeses per l'aigua seria útil:

- Comprendre la probabilitat i magnitud potencial de brots de malalties transmeses per l'aigua degut al canvi climàtic, inclosos els augments en la freqüència i intensitat de les precipitacions, els canvis de temperatura, fenòmens meteorològics extrems i marees, entre d'altres.

- Investigar la vulnerabilitat de desbordament dels sistemes d'aigua de clavegueram, o inundacions causades per fenòmens meteorològics extrems.

- Entendre com les toxines i patògens en l'escorrentia de terra i desbordament d'aigua interactuen sinèrgicament amb les espècies marines, especialment les de consum humà, i els riscs potencials per la salut de l'evolució de la qualitat de l'aigua.

- Desenvolupar mitjans d'identificació dels indicadors de malalties transmeses per aigua i la comprensió de com es pot establir un sistema d'alerta precoç.

- Desenvolupar o millorar vacunes, antibiòtics i altres estratègies preventives per reduir o prevenir les conseqüències sanitàries de les malalties transmeses per l'aigua a nivell mundial.

- Millorar la comprensió de les floracions d'algues nocives, incloent la seva iniciació i desenvolupament, així com la naturalesa exacta de les seves toxines associades.

- Realitzar estudis epidemiològics sobre la incidència i severitat de les malalties relacionades amb els oceans i humans, especialment a les poblacions de risc elevat en relació amb el canvi climàtic.

- Millorar els mètodes per detectar, quantificar i pronosticar les amenaces sanitàries relacionades amb els oceans, incloent una major vigilància i control d'agents patògens en les aigües litorals, en organismes marins –sobretot marisc–.

- Millorar la capacitat de detectar i respondre a malalties transmeses per l'aigua.

En general, però, a totes les malalties cal:

- Disposar de laboratoris adequadament equipats, amb personal preparat, per tenir una bona capacitat de diagnosi, i per tant de resposta eficaç.

- Educar a la població sobre les malalties infeccioses més perilloses, com es transmeten i com prevenir i reduir el risc d'exposició.

Per ajudar a dirigir les activitats d'adaptació i mitigació enfront a brots de malalties, cal la integració de la ciència del clima amb la ciència de la salut i també la integració de la salut ambiental, pública i la vigilància dels ecosistemes terrestres i marins (McMichael, 2003). Els sistemes integrats de dades han d'incorporar una amplitud important de paràmetres ambientals, així com els paràmetres sociodemogràfics (Rodó, conversació personal).

La capacitat per estudiar i comprendre com responen aquestes malalties a la variabilitat climàtica és bàsic per avaluar la possibilitat de la seva reaparició en les diferents zones del planeta en un context de canvi climàtic. Estudiar els efectes a altres països és imprescindible per avaluar el comportament que tindria, per exemple, a Catalunya, ja que l'evidència empírica duta a terme a Catalunya sobre els efectes del clima i de la variabilitat climàtica sobre la salut avui dia és molt escassa.

Totes les estratègies de mitigació hauran d'incloure una millor i major vigilància de dades ambientals i sistemes de salut, ja existents. Les necessitats regionals i d'àmbit urbà han de veure's reflectides en els serveis de salut pública, a fi de que es proporcioni una resposta eficaç. Un altre principi important és el concepte de co-beneficis, o de sinèrgies entre els esforços de mitigació del canvi climàtic i la millora de la salut. Programes de mitigació del canvi climàtic poden oferir oportunitats per reduir les emissions de gasos d'efecte hivernacle mentre que s'obté un benefici en la salut al mateix temps (Frumkin *et al.*, 2008).

Un altre aspecte important que s'extreu d'aquest projecte, és l'increment observat i previst, per una sèrie de malalties infeccioses transmeses per vectors i per l'aigua a Àfrica, sud-est asiàtic i altres zones en vies de desenvolupament del planeta. Paradoxalment, aquestes zones són les que menys contribueixen a l'escalfament global del planeta i tot i així són les més perjudicades. Aquest fet posa de manifest un factor afegit de desigualtat al comparar els desequilibris entre el món desenvolupat i el no industrialitzat. Aquest contrast planteja que és necessari establir un mecanisme de compensació entre uns i altres.

CONCLUSIONS

El canvi climàtic és una realitat i pot tenir efectes sobre la salut, tant de forma directa com indirecta. Les malalties infeccioses que afecten a flora, fauna i humans es poden veure afectades per canvis en les variables climàtiques, tant en la seva incidència com en la seva distribució.

Molts vectors poiquiloterms han augmentat la seva distribució geogràfica i la grandària de les seves poblacions degut a l'augment de la temperatura i a altres millores de les condicions per al seu creixement, augmentant d'aquesta manera la possibilitat d'una major incidència de malalties transmeses per vectors, com la malària i el dengue, entre d'altres. Un major contacte entre animals i humans, degut a canvis en les condicions climàtiques sobre els ecosistemes o per la desforestació que provoquin el desplaçament d'animals a àrees urbanes, pot provocar l'emergència o reemergència de zoonosis.

L'augment de la temperatura de l'aigua i els canvis en els patrons de les precipitacions, per excés o manca d'elles, poden provocar l'emergència i/o reemergència de malalties transmeses per l'aigua, com el còlera. Hi ha malalties infeccioses emergents que tot i l'increment de la seva incidència no s'ha pogut demostrar, a dia d'avui, que tinguin relació amb el canvi climàtic, com la tuberculosi.

Els efectes del canvi climàtic més importants a Catalunya són els directes, com riuades, augment de temperatura i d'altres impactes que causen estrès fisiològic o dany físic sobre les persones. Es poden donar casos importats de malalties infeccioses, però a dia d'avui resulta una quimera parlar d'influència del canvi climàtic sobre les malalties infeccioses al nostre territori, tot i que a Catalunya hi hagi alguns dels vectors que poden transmetre malalties.

Les condicions higièniques, sanitàries, la ràpida detecció, el control de les malalties i dels vectors i el tractament de les aigües potables i residuals, redueixen altament la possibilitat de que brots esporàdics d'infeccions desemboquin en epidèmies. Cal realitzar una millor i major vigilància de dades climàtiques, epidemiològiques i ecològiques i interrelacionar-les per preveure i contenir les malalties infeccioses afectables pel canvi climàtic.

Avui dia, hi ha moltes incerteses sobre quin serà l'impacte del canvi climàtic a les malalties infeccioses en una àrea geogràfica concreta i al planeta en general, ja que hi ha molts interrogants sobre el canvi climàtic i també sobre la complexitat i els múltiples factors que condicionen les malalties infeccioses, sobretot les transmeses per vectors. Per tant les prediccions, ara per ara, són gairebé inexistents.

BIBLIOGRAFIA

Anderson, P.K. *et al*. (2004). *Emerging infectious diseases of plants: pathogen pollution, climate change and agrotechology drivers*. Trends in Ecology and Evolution, vol. 19, núm. 10 p. 535-544.

Balbus, J.M.; Wilson, M.L. (2000). *Human health and global climate change. A review of potential impacts in the United States*. Report of the Pew Center on Global Climate Change.

Bernstein, L.; *et al*. (2009). *Climate change 2007: Synthesis Report.* In: Allali, A.; Bojariu, R.; Diaz, S.; Elgizouli, I; Griggs, D.; Hawkins, D.; Hohmeyer, O.; Jallow, B.P.; Kajfez-Bogataj, L.; Leary, N.; Lee, H.; Wratt, D. (eds). IPCC, p. 1-52.

Bouma, M.J.; Dye, C. (1997). *Cicles of malaria associated with El Niño in Venezuela.* Journal of the American Medical Association, vol. 278, p. 1772-1774.

Bouma, M.J.; Kaay, H.J. van der. (1994). *Epidemic malaria in India and the El Niño Southern Oscillation*. The Lancet, vol. 344, p. 1638-1639.

Casimiro, E.; Calheiros, J.; Santos, D.; Kovats, S. (2006). *National assessment of human health impacts of climate change in Portugal: approach and key findings*. Environ. Health. Persp., vol. 114, p. 1950-1956.

Chekley, W.; Epstein, L.D.; Gilman, R.H.; Figueroa, D.; Cama, R.I.; Patz, J.A.; Black, R.E. (2005). *Effects of El Niño and ambient temperature on hospital admissions for diarrhoeal diseases in Peruvian children.* The Lancet, vol. 355, p. 442-450.

Colwell, R.R. (1996). *Global Climate and Infectious Disease: the Cholera Paradigm*. Science, vol. 274, p. 2025-2031.

Costello, A. (2009). *Managing the health effects of climate change*. The Lancet, vol. 373, p. 1693-1733.

Craig, M.H.; Kleinschmidt, I.; Nawn, J.B.; Le Suer, D.; Sharp, B. (2004). *Exploring 30 years of malaria case data in Kwa-Zulu-Natal, South Africa. Part I. The impact of climatic factors.* Trop. Med. Int. Health, vol. 9, p. 1247.

Cummings, D.A. (2004). *Travelling waves in the occurrence of dengue haemorrhagic fever in Thailand*. Nature, vol. 427, p. 344.

Curriero, F.C.; Patz, J.A.; Rose, J.B.; Lele, S. (2001). *The association between extreme precipitation and waterborne disease outbreaks in the United States, 1948-1994.* Am J Public Health, vol. 91, núm. 8, p. 1194-1199.

D'Amato, G. *et al.* (2008). *Effects of climate change on environmental factors in respiratory allergic diseases*. Clinical and experimental allergy, vol. 38, núm. 8, p. 1264-1274.

Depradine, C.A.; Lovell, E.H. (2004). *Climatological variables and the incidence of dengue fever in Barbados*. Int. J. Environ. Heal. R., vol. 14, p. 429-441.

Diaz, J.H. (2007). *The influence of global warming on natural disasters and their public health outcomes.* Am J. Disaster Med, vol. 2, núm. 1, p. 33-42.

Dwight, R.H.; Baker, D.B.; Semenza, J.C.; Olson, B.H. (2004). *Health effects associated with recreational coastal water use: urban versus rural California*. Am. J. Public Health, vol. 94, núm. 4, p. 565-567.

Ebi, K.L. *et al.* (2008). *Effects of global change on human health. Analyses of the effects of global change on human health and welfare and human systems.* U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research. Washington, D.C.

Enriquez, C.E.; Hurst, C.J.; Gerba, C.P. (2000). *Survival of the enteric adenoviruses 40 and 41 in tap, sea and waste water*. Water Research, vol. 29, p. 2548-2553.

Eritja, R.; Aranda, C.; Padrós, J.; Goula, M. (1998). *Revised checklist of the Spanish mosquitoes*. Acta Virologica Portuguesa, vol. 5, p. 25-31.

Ford, T.E.; Colwell, R.R.; Rose, J.B.; Morse, S.S.; Rogers, D.J.; Yates, T.L. (2009). *Using satellite images of environmental changes to predict infectious disease outbreaks*. Emerging Infectious Diseases, vol, 15, núm. 9, p. 1341-1346.

Frumkin, H.; McMichael, A.J.; Hess, J.J. (2008). *Climate change and the health of the public*. American Journal of Preventive Medicine, vol. 35, p. 401-402.

Gage, K.L.; Burkot, T.R.; Eisen, R.J.; Hayes, E.B. (2008). *Climate and vectorborne diseases*. American Journal of Preventive Medicine, vol 35, p. 436-450.

Githeko, A.K.; Lindsay, S.W.; Confalonieri, U.E.; Patz, J.A. (2000). *Climate change and vector-borne diseases: a regional analysis*. Bulletin of the World Health Organization, vol. 78, p. 1136-1147.

Greer, A.; *et al.* (2008). *Climate change and infectious diseases in North America: the road ahead.* CMAJ, vol. 178, núm. 6, p. 715-722.

Guang, W.; Qing, W.; Ono,M. (2005). *Investigation on Aedes aegypti and Aedes albopictus in the north-western part of Hainan Province.* China Trop. Med., vol. 5, p. 230-233.

Gubler, D. (2000). *Surveillance for West Nile Virus in the Americas*. Third Meeting of the surveillance networks for emerging infectious diseases in the Amazon and Southern Cone Regions.

Gubler, D.; Reiter, P.; Ebi, K.; Yap, W.; Nasci, R.; Patz, J. (2001). *Climate variability and change in the United States: potential impacts on vector- and rodent- borne diseases.* Environmental Health Perspective, vol. 109, p. 223-233.

Hales, S.; Kovats, S.; Woodward, A. (2000). *What el Niño can tell us about human health and global climate change*. Global Change Human Health, vol. 1, p. 66-77.

Hales, S.; Wret, N. de; Maindonald, J.; Woodward, A. (2002). *Potential effect of population and climate changes on global distribution of dengue fever: an empirical model*. The Lancet, vol. 360,, p. 830-834.

Hansen, J.; Sato, M.; Kharecha, P. (2007). *Climate change and trace gases*. Philosophical Transactions of the Royal Society, vol. 365, p. 1925-1954.

Harlan, J.R. (1995). *The living Fields*. Cambridge University Press.

Hoop, M.J.; Foley, J.A. (2003). *Worldwide fluctuations in dengue fever cases related to climate variability*. Climate Res., vol 25, p. 85-94.

Hrudey, S.E.; Payment, P.; Huck, P.M.; Gillham, R.W.;

Hrudey, E.J. (2003). *A fatal waterborne disease epidemic in Walkerton Ontario: comparison with other waterborne outbreaks in the developed world.* Water Science Technology, vol. 47, núm. 3, p. 7-14.

Hubálek, Z. (2004). *An annotated checklist of pathogenic microorganisms associated with migratory birds.* Journal of Wildlife Diseases, vol. 40, p. 639-659.

IPCC. (2007). *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976pp.

IWGCCH. (2009). *A Human Health Perspective on Climate Change. A Report Outlining the Research Needs on the Human Health Effects of Climate Change.* Environmental Health Perspectives and the National Institute of Environmental Health Sciences. U.S. Department of Health and Human Services.

Jofre, J. (2008). *Canvi climàtic i malalties infeccioses*. Institut d'Estudis Catalans, secció de Ciències Biològiques. Barcelona.

King, L.J.; Marano, N.; Hughes, J.M. (2004). *New partnerships between animal health services and public health agencies.* Rev. Sci. Tech. vol. 23, núm. 2, p. 717-725.

Kistermann, T.; Classen, T.; Koch, C.; Dangendorf, F.; Fischeder, R.; Gebel, J.; Vacata, V.; Exner, M. (2002). *Microbial load of drinking water reservoir tributaries during extreme rainfall and runoff*. Applied Environmental Microbiology, vol. 68, p. 2188-2197.

Koelle, K.; Rodó, X.; Pascual, M.; Yunus, M.; Mostafa, G. (2005). *Refractory periods and climate forcing in cholera dynamics.* Nature, vol. 436, p. 696-700.

Langford, I.; Bentham, G. (1995). *The potential effect of climatic change on winter mortality in England and Wales*. International Journal of Biometeorology, vol. 38, p. 141-147.

Lindgren, E.; Tälleklint, L.; Polfeld, T. (2000). *Impact of climate change on the northern latitude limit and population density of the disease-transmitting European tick Ixodes ricinus*. Environmental Health Perspectives, vol. 108, p. 119-123.

Llebot, J.E. (1997). *El canvi climàtic*. Departament de Medi Ambient, Generalitat de Catalunya. Barcelona.

Madigan, M.T.; Martinko, J.M.; Dunlap, P.V.; Clark, D.P. (2009). *Brock. Biología de los microorganismos.* Pearson Education, Inc. Madrid.

McCarthy, J.; Canziani, O.; Leary, N.; Dokken, D.; White, K. (2001). *Climate change 2001: impacts, adaptation and vulnerability*. Cambridge University Press. Nova York.

McMichael, A.J. (2003). *Global climate change: will it affect vector-borne infectious diseases?* Intern Met. J., vol. 33, núm. 12, p. 554-555.

McMichael, A.J.; Woodruff, R.E.; Hales, S. (2006). *Climate change and human health: present and future risks*. The Lancet, vol. 367, p. 859-869.

Medema, G. J.; Bahar, M.; Schets, F.M. (1997). *Survival of Cryptosporidium parvum, Escherichia coli, faecal enterococci and Clostridium perfringens in river water: influence of temperature and autochthonous microorganisms.* Water Science and Technology, vol. 35, p. 249-252.

Méndez, J.; Audicana, A.; Cancer, M.; Isern, A.; Llaneza, J.; Moreno, B.; Navarro, M.; Tarancón, M.L.; Valero, F.; Ribas, F.; Jofre, J.; Lucena, F. (2004). *Assessment of drinking water quality using indicator bacteria and bacteriophages*. Journal of Water and Health, vol. 2, p. 201-214.

Michael, A.J.; Campbell-Lendrum, D.H.; Corvalán, C.F.; Ebi, K.L.; Githeko, A.K.; Scheraga, J.D.; Woodward, A. (2003). *Climate change and human health. Risk and responses.* World Health Organization. Ginebra.

Moore, S.K.; Trainer, V.L.; Mantua, N.J.; Parker, M.S.; Laws, E.A.; Baker, L.C.; Reming, L.E. (2008). *Impacts of climate variability and future climate change on harmful algal blooms and human health*. Environmental Health 7, suppl. 2.

Morens, D.M.; Folkers, G.K.; Fauci, A.S. (2004). *The challenge of emerging and re-emerging infectious diseases*. Nature, vol. 430, núm. 6996, p. 242-249.

Ogden, N.H.; Maarouf, A.; Barker, I.K; *et al.* (2006). *Climate change and the potential for range expansion of the Lyme disease vector Ixodes scapularis in Canada*. Int. J. Parasitol., vol. 36, p. 63-70.

Orenstein, W.A.; Douglas, R.G.; Rodewald, L.E.; Hinman, A.R. (2005). *Immunizations in the United States: success, structure, and stress.* Health Aff (Millwood), vol. 24, núm. 3, p. 599-610.

Parkinson, A.J.; Butler, J.C. (2005). *Potential impacts of climatic change in infectious diseases on the Arctic*. International Journal of Circumpolar Health, vol. 64, p. 478-486.

Patz, J.A.; Khaliq, M. (2002). *Global climate change and health: challenges for future practicioners.* Journal of the American Medical Association. núm. 287, p.2283-2284.

Pontes, R.J.; Freeman, J.; Oliveira-Lima, J.W.; Hodgson, J.C.; Spielman, A. (2000). *Vectors densities that potentiate dengue outbreaks in a Brazilian city*. Am.J.Trop.Med.Hyg., vol 62, p. 378-383.

Ress, R. (1996). *Under the weather: climate and disease, 1700-1990*. History Today, vol. 46, p. 35-42.

Rezza, G. (2009). *Chikungunya and West Nile virus outbreaks: what is happening in north-eastern Italy?* European Journal of Public Health, vol. 19, núm. 3, p. 236-237.

Rodó, X.; Pascual, M.; Fuchs, G.; Faruque, A. (2002). *ENSO and cholera: a nonstationary link related to climate change?*. Proceedings of the National Academy of Sciences USA, vol. 99, p. 12901-12906.

Roe, G.H.; Baker, M.B. (2007). *Why is climate sensitivity so unpredictable?* Science, vol. 318, p. 629-632.

Rogers, D.J.; Wilson, A.J.; Hay, S.I.; Graham, A.J. (2006). *The global distribution of yellow fever and dengue*. Adv. Parasitol., vol. 62, p. 181-220.

Rose, J.B.; Huq, A.; Lipp, E.; Health, K. (2001). *Climate and Infectious Disease: a global perspective.* American Academy of Microbiology. Washington DC.

Rossini, G.; Cavrini, F.; Pierro, A. *et al.* (2008). *First human case of West Nile virus neuro invasive infection in Italy, September 2008-case report.* Euro Surveill, vol. 13, núm. 41.

Saez, M.; Lertxundi-Manterola, A. (2005). *Canvi climàtic i salut. Informe sobre el Canvi Climàtic a Catalunya.* J.E. Llebot (eds.), Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible, Institut d'estudis Catalans, Servei Meteorològic de Catalunya. Barcelona.

Shultz. A.; Omollo, J.O.; Burke, H.; Qassim, M.; Ochieng, J.B.; Weinberg, M.; Feikin, D.R.; Breiman, R.F. (2009). *Cholera outbreak in Kenyan refugee camp: risk factors for illness and importance of sanitation.* Am J. Trop. Med. Hyg., vol. 80, núm. 4, p. 640-645.

Sidley, P. (2008). *Floods in Southern Africa result in cholera outbreak and displacement*. B.M.J., vol. 336, p. 471.

Steele, K.E.; Linn, M.J.; Schoepp, R.J.; Komar, N.; Geisbert, T.W.; Manudca, R.M.; *et al.* (2000). *Pathology of fatal West Nile virus infection in native and exotic birds during the 1999 outbreak in New York City*. Veterinary Pathology, vol. 37, p. 208-224.

Thomson, M.C.; Connor, S.J. (2001). *The development of malaria early warning systems for Africa.* Trends Parasitol., vol. 17, núm. 9, p. 438-445.

Vidal, J.R.; Lucena, F. (1997). *Effects of the rains on microbiological quality of bathing waters in mediterranean areas*. Technical feasibility of an a priori measurement approach for managing bathing water quality. Report EUR 17801 EN. European Commission. Luxemburg.

Weiss, D.; Carr, D.; Kellachan, J.; Tan, C.; Phillips, M.; Bresnitz, E.; Layton, M. (2000). *Clinical Findings of West Nile Virus Infection in Hospitalized Patients, New York and New Jersey.* Emerg. Infect. Dis., vol. 7, p. 654-658.

Wilgoren, J. (1999). *New York city mosquito control is weak and late, experts say*. The New York Times, 8 de Setembre de 1999.

Williams, C.; Burns, J.; Pawlowicz, M.; Carmichael, W. (2001). *Assessment of Cyanotoxins in Florida's lakes, reservoirs, and rivers. Palatka, FL.* St. Johns River Water Management District.

Wilson, A.J.; Mellor, P.S. (2009). *Bluetongue in Europe: past, present and future*. Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci., vol. 364, núm. 1530, p. 2669-2681.

Woodruff, R.E. (2005). *Epidemic early warning systems: Ross River virus disease in Australia. Integration of Public Health with Adaptation to Climate Change: Lessons Learned and New Directions*. K. Ebi, J. Smith, I. Burton, Eds. Taylor and Francis. Leiden, p. 91-113.

Woolhouse, M.; Gaunt, E. (2007). *Ecological Origins of Novel Human Patogens.* Critical Reviews in Microbiology, vol. 33, p. 231-242.

Adreces electròniques:

http://www.who.int/features/qa/70/en/index.html
http://www.who.int/topics/cholera/surveillance/en/index.html
http://www.who.int/topics/dengue/
http://www.who.int/topics/water/en/

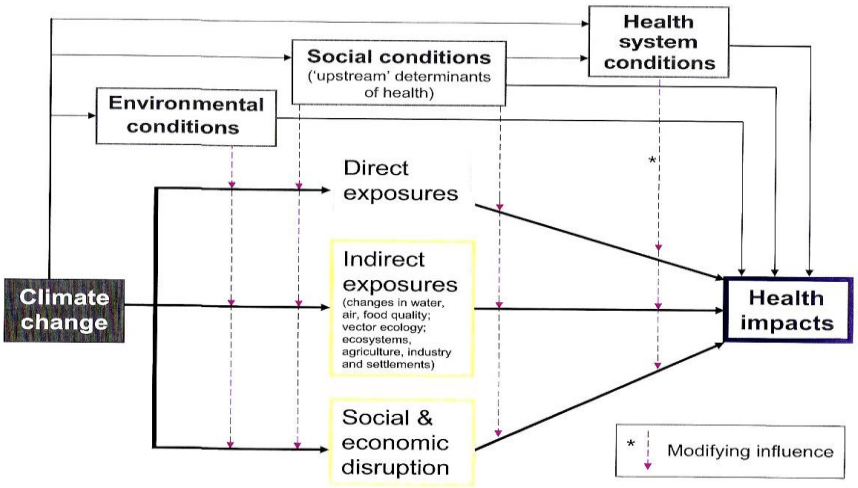

Figura 1: Diagrama esquemàtic de les vies les quals el canvi climàtic afecta a la salut. (IPCC, 2007).

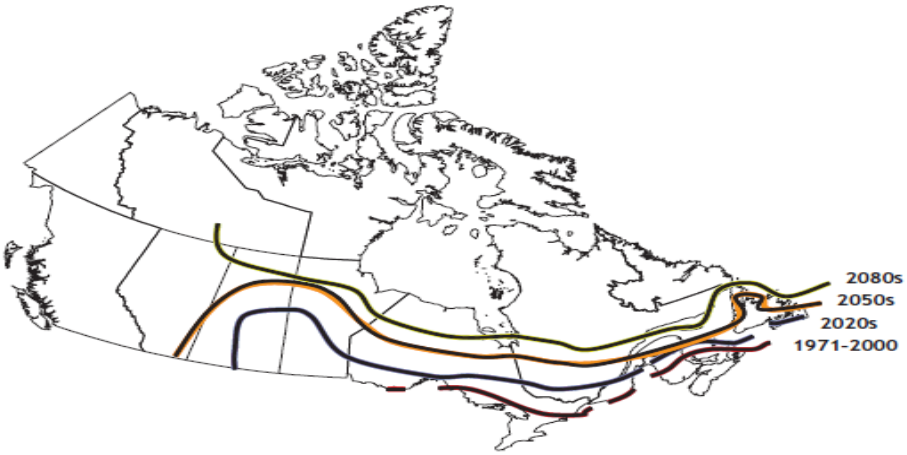

Figura 2: Distribució esperada de la paparra del gènere *Ixodes* al Canadà en anys successius. (Greer *et al.*, 2008).

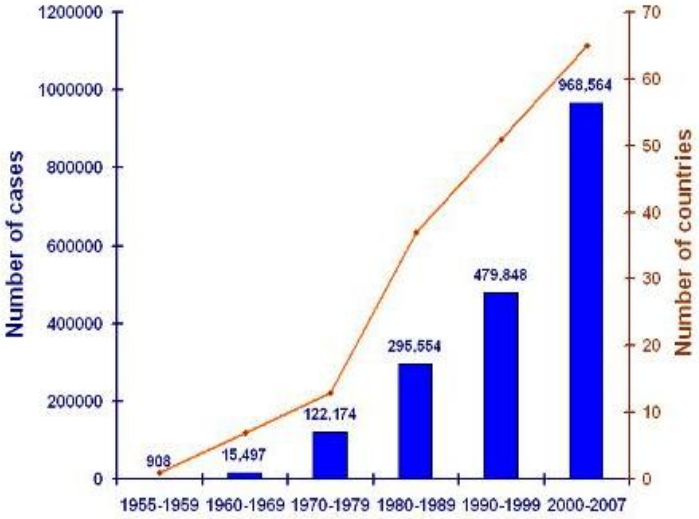

Figura 3: Nombre de casos anuals de DHF respecte el nombre de països. (http://www.who.int/csr/disease/dengue/impact/en/).

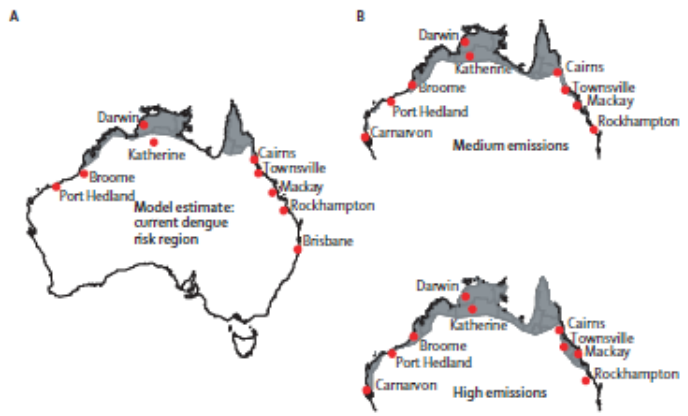

Figura 4: Distribució actual del mosquit vector del dengue *A. Aegyptii* a Austràlia (A) i previsions futures (B). (McMichael *et al., 2006).*

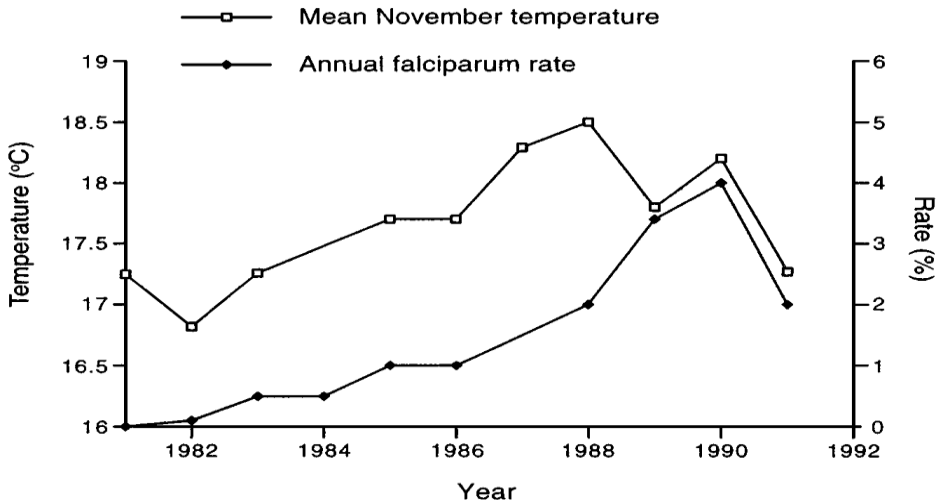

Figura 5: Relació entre variacions de temperatures al novembre i casos de malària al nord-est del Pakistan, entre 1981 i 1991. (Bouma *et al*, 1994).

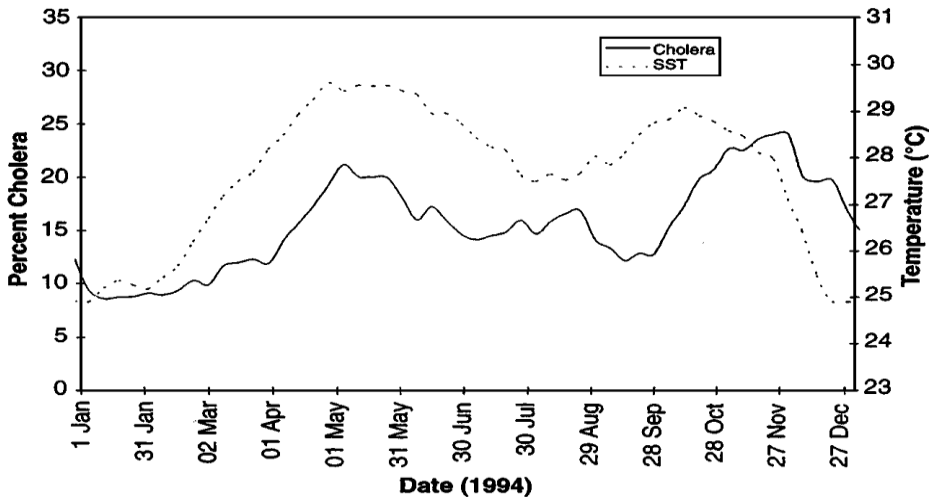

Figura 6: Relació entre la temperatura superficial del mar (SST) i els casos de còlera a Bangla Desh, al 1994. (Colwell, 1996).