



# CANVI CLIMÀTIC I MALALTIES INFECCIOSES

Joan Jofre i Torroella

INSTITUT D'ESTUDIS CATALANS  
SECCIÓ DE CIÈNCIES BIOLÒGIQUES  
BARCELONA, 2008

**Canvi climàtic  
i malalties infeccioses**

Il·lustració de la coberta: monument erigit per l'Ajuntament de Barcelona en record de les víctimes de la febre groga ubicat en un petit cementiri en mig del bosc al paratge de la Conreria (Tiana, Maresme)

INSTITUT D'ESTUDIS CATALANS  
SECCIÓ DE CIÈNCIES BIOLÒGIQUES

# **Canvi climàtic i malalties infeccioses**

Discurs de recepció de  
JOAN JOFRE I TORROELLA  
com a membre numerari de la  
Secció de Ciències Biològiques,  
llegit el dia 17 de novembre de 2008

BARCELONA  
2008

Biblioteca de Catalunya. Dades CIP

**Jofre i Torroella, Joan**

Canvi climàtic i malalties infeccioses

Bibliografia

ISBN 9788492583072

I. Institut d'Estudis Catalans. Secció de Ciències Biològiques II. Títol

1. Canvis climàtics — Aspectes sanitaris 2. Malalties transmissibles —

Aspectes ambientals

551.583:616.9

© Joan Jofre i Torroella

© 2008, Institut d'Estudis Catalans, per a aquesta edició

Carrer del Carme, 47. 08001 Barcelona

Primera edició: octubre de 2008

Tiratge: 600 exemplars

Text revisat lingüísticament per la Unitat de Correcció del Servei Editorial de l'IEC

Compost per Víctor Igual, SL

Carrer del Peu de la Creu, 5. 08001 Barcelona

Imprès a ALTÉS arts gràfiques, SL

Carrer de Cobalt, 160. 08907 L'Hospitalet de Llobregat

ISBN: 978-84-92583-07-2

Dipòsit Legal: B. 47331-2008

Són rigorosament prohibides, sense l'autorització escrita dels titulars del *copyright*, la reproducció total o parcial d'aquesta obra per qualsevol procediment i suport, incloent-hi la reprografia i el tractament informàtic, la distribució d'exemplars mitjançant lloguer o préstec comercial, la inclusió total o parcial en bases de dades i la consulta a través de xarxa telemàtica o d'Internet. Les infraccions d'aquests drets estan sotmeses a les sancions establertes per les lleis.

*A la meva esposa Isabel, i als meus fills Laia i Jordi*



## **1. INTRODUCCIÓ**

Una de les conseqüències que habitualment s'atribueixen al canvi climàtic és que provocarà una alteració en l'epidemiologia de les malalties infeccioses. Hi ha raons que fan pensar que hi pot haver un canvi en la incidència, que no ha de ser necessàriament un augment, i la distribució geogràfica de les malalties infeccioses que afecten 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 l'ecologia de les malalties infeccioses. Per descomptat, el que pot succeir als països industrialitzats i amb clima temperat, com és el cas de Catalunya, també està sotmès a una gran incertesa. Hi ha, però, motius per creure que no cal esperar grans efectes, si no és que el canvi climàtic dóna lloc a una catàstrofe socioeconòmica de magnitud i efectes ara mateix difícils de preveure i que serien la causa indirecta d'un augment de la incidència de les malalties infeccioses. En qualsevol cas, en aquest text només seran tractats els potencials efectes directes.

## **2. ECOLOGIA DE LES INFECCIONS HUMANES**

Durant el llarg procés de l'evolució cultural de la humanitat, les malalties infeccioses que afecten els humans haurien anat canviant. Des de l'aparició de l'agricultura i la ramaderia, ara fa uns deu mil anys, hi haurien hagut tres grans transicions en les relacions entre els humans i els agents infecciosos (microbis i paràsits) que els causen malalties (McNeill, 1976). Aquestes transicions són les següents:

*a)* Els primers assentaments humans dedicats a l'agricultura i ramaderia varen fer possible, ara fa uns deu mil anys, que espècies microbianes que causaven



infeccions enzoòtiques, és a dir, que afectaven només animals, afectessin també els humans.

b) Els contactes militars, les relacions comercials i les migracions que es produïren entre les civilitzacions eurasiàtiques fa entre dos mil i tres mil anys varen fer possible un intercanvi de les infeccions dominants en cada una de les civilitzacions.

c) L'expansionisme europeu iniciat fa uns cinc-cents anys va causar la propagació transcontinental de malalties infeccioses sovint letals, sobretot quan afectaven poblacions amb les quals els microbis causants no havien estat en contacte previ.

Molts experts creuen que actualment ens trobem en un quart gran període de transició. Per un costat, els avenços en el control de les malalties infeccioses han fet disminuir molt, almenys en els països industrialitzats, la importància d'aquestes en el conjunt de les malalties que afecten l'home. Per l'altre costat, però, des de fa uns vint-i-cinc o trenta anys s'observa amb gran preocupació l'emergència d'un gran nombre de noves malalties infeccioses. Se'n descriuen una mitjana de tres de noves cada any, encara que aquest nombre podria ser exagerat perquè el que realment passa és que la comunitat científica ha augmentat la capacitat de detectar-les. Alhora, s'observa la reemergència d'algunes malalties que es pensava que estaven controlades (com ara, la tuberculosi, la febre groga, etc.). Les malalties infeccioses emergents més freqüents i rellevants són infeccions enzoòtiques. Unes, per exemple la síndrome respiratòria aguda greu (SRAG), la grip aviària i la síndrome d'immunodeficiència adquirida (SIDA), haurien afectat l'home com a conseqüència de petits canvis genètics en els microorganismes patògens que causaven les malalties i d'un augment del contacte entre els humans i animals feréstecs afectats de manera natural per aquells microbis. Aquests fets haurien propiciat la infecció i posterior propagació en humans de les noves variants genètiques dels patògens. D'altres simplement han ocupat àrees geogràfiques noves; aquest és el cas de l'encefalitis de l'oest del Nil, que recentment ha creuat l'oceà Atlàntic (Woolhouse i Gaunt, 2007). Hi ha moltes i diverses explicacions per l'emergència i reemergència de malalties infeccioses. A l'Institute of Medicine Committee on Emerging Microbial Threats to Health in the 21st Century dels EUA (Smolinski *et al.*, 2003) han detectat les següents: canvis genètics dels patògens; susceptibilitat de l'home a les infeccions; clima i temps meteorològic; canvis en molts ecosistemes; desenvolupament econòmic i ús del territori; demografia i comportament humà; tecnologia i indústria; comerç i turisme internacional; interrupció en uns llocs de mesures de salut pública i col·lapse en uns altres; pobresa i desigualtat social; guerra i fam, i manca de voluntat política en el control de les malalties en algunes àrees del planeta. Aquesta llista ens indica que les causes de l'emergència i reemergència de malalties infeccioses són complexes

i en alguns casos interdependents. En definitiva, reflecteix els impactes de canvis demogràfics, ambientals i tecnològics que s'han produït molt ràpidament en l'ecologia humana.

En aquest context, el canvi climàtic, amb totes les incerteses que el caracteritzen, podria ser un element afegit que tindria una varietat d'efectes sobre la incidència i distribució de les malalties infeccioses en la població humana. Durant els darrers anys, científics i diverses organitzacions han publicat un gran nombre de revisions i informes sobre el tòpic clima i salut, que tracten a bastament del possible efecte del canvi climàtic en les malalties infeccioses. 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 el Grup Intergovernamental d'Experts sobre el Canvi Climàtic (IPCC, 2001).

### 3. EFECTES DEL CLIMA SOBRE LES MALALTIES INFECCIOSES

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). Entre molts altres, alguns exemples coneguts són els següents:

— Hipòcrates ja va escriure que la salut humana estava lligada a les estacions, el temps local i altres factors ambientals.

— L'aristocràcia romana passava l'estiu a les seves vil·les de muntanya per, entre altres motius, evitar la malària.

— Al sud-oest asiàtic afegeixen des de fa molts segles més salsa curri als aliments a l'estiu per disminuir la incidència de les diarrees.

— Als Estats Units d'Amèrica, els defensors de la teoria que «el miasma, o l'atmosfera verinosa que sortia dels pantans, les maresmes i les matèries pútrides eren una font de malalties» havien notat i descrit que les febres i problemes intestinals eren més comuns en les estacions càlides.

— Jacob Henle en el seu tractat *On Miasmata and Contagia* de 1840 afirmava: «la calor i la humitat afavoreixen la producció i propagació d'infusoris i floridures, així com de *miasmates* i *contagia*; per tant, les malalties miasmàtiques contagioses són més freqüentment endèmiques a regions humides i càlides, i epidèmiques durant els mesos humits d'estiu». Curiosament, entre les malalties miasmàtiques contagioses incloïa el còlera i la febre groga, dues de les malalties considerades com a potencialment influenciades pel canvi climàtic.

Després que s'establís, en el darrer terç del segle XIX, la relació entre els agents infecciosos, microbis o paràsits, i les malalties infeccioses, i posteriorment es produís l'assignació concreta de cada agent infecciós a la corresponent malaltia, es

varen poder anar observant algunes relacions entre determinades malalties infeccioses i el clima o les variacions climàtiques.

En primer lloc, moltes malalties infeccioses mostren una distribució estacional. Aquesta distribució no tan sols es produeix en aquelles malalties infeccioses en què intervenen vectors de sang freda (poiquiloterms), cosa que és molt òbvia, sinó que també es dona en malalties que es transmeten per l'aire i per l'aigua (Dowell, 2001). Així, per exemple, als països amb clima temperat de l'hemisferi nord la grip mostra un pic en ple hivern, les gastroenteritis causades per rotavirus tenen un màxim a final d'hivern i principi de primavera, i les diferents infeccions pels enterovirus, a final de primavera i principi d'estiu. A més, la distribució estacional pot variar lleugerament en funció de la latitud. Un exemple d'aquesta variació el constitueixen les infeccions per enterovirus que a latituds de 10-35 °N presenten una màxima incidència durant els mesos de maig, juny, juliol i agost, mentre que a latituds de 35-70 °N presenten una màxima incidència durant agost, setembre i octubre. Tanmateix, a l'àrea de Barcelona, amb una latitud de 41 °N, tant l'abundància d'enterovirus a aigües contaminades fecalment (Costán-Longares *et al.*, en premsa) com el nombre d'ingressats als hospitals per infeccions amb enterovirus presenten el pic de màxima incidència corresponent a les latituds de 10-35 °N segons dades del Centre Nacional d'Epidemiologia (<http://www.isciii.es/jsps/centros/epidemiologia/boletinesSemanal.jsp>). Aquest també és el cas dels rotavirus, ja que a Espanya hi ha un cert avançament respecte a zones d'Estats Units de la mateixa latitud. Així, mentre als EUA, la màxima incidència de les infeccions per rotavirus es dona a final d'hivern i principi de primavera, aquí es dona en ple hivern (<http://www.isciii.es/jsps/centros/epidemiologia/boletinesSemanal.jsp>). No sembla haver-hi una explicació única per aquesta distribució estacional de moltes malalties infeccioses. De ben segur, hi ha diversos factors de tipus climàtic, social i ambiental que afecten l'estacionalitat. Un factor comú sembla ser el clima, si bé no és clar quin és la variable climàtica que afecta aquesta estacionalitat. Potser la primera demostració clara de quin és el factor climàtic que explica l'estacionalitat en una determinada malaltia infecciosa ha estat publicada per Sultan *et al.* (2005). Aquests investigadors, en un estudi fet a Mali, demostren que existeix una clara associació entre l'inici anual de l'epidèmia de meningitis meningocòccica i la circulació atmosfèrica regional. Aquesta conclusió coincideix amb els resultats de Besancenot *et al.* (1997), que apuntaven que l'estacionalitat de la meningitis meningocòccica està relacionada amb la humitat ambiental. Per tant, l'escalfament global pot canviar l'estacionalitat i es pot preveure que aquest canvi podria tenir uns efectes en la dinàmica de les malalties infeccioses, subtils a curt termini, però dràstics a llarg termini. Tanmateix l'efecte que això pugui tenir en la incidència i distribució de diferents malalties infeccioses a diferents àrees geogràfiques és encara molt incert (Pascual i Dobson, 2005).

En segon lloc, durant els anys vint del segle xx varen esdevenir molt populars models per predir brots o epidèmies de malalties infeccioses (WHO, 2004). Entre d'altres, aquests models predictius utilitzaven variables climàtiques com temperatura, pluviositat, humitat ambiental i vents. Alguns d'aquests models es varen emprar amb cert èxit a l'Índia per predir brots de malària, verola, pneumònia, tuberculosi i lepra fins a finals del anys quaranta (WHO, 2004).

#### **4. EFECTES DEL CANVI CLIMÀTIC QUE MÉS PODEN MODIFICAR LA INCIDÈNCIA I DISTRIBUCIÓ DE LES MALALTIES INFECCIOSES**

Encara que predomina un alt grau d'incertesa sobre els possibles efectes directes del canvi climàtic, sembla que hi ha consens en alguns. Aquests són un augment generalitzat dels valors mitjans de les temperatures i l'augment d'episodis de meteorologia extrema.

En qualsevol cas, l'augment dels valors mitjans de la temperatura molt possiblement provoqui canvis en la pluviositat, que poden ser en els dos sentits segons les àrees, un augment del nivell del mar i una disminució de les àrees ocupades pel gel. Com veurem en els apartats següents, els canvis de temperatura, d'humitat de l'atmosfera, de les zones inundades com a conseqüència del canvi de les temperatures mitjanes poden influir sobre la incidència i la distribució de les malalties infeccioses. Pel que ara se sap, sembla que les zones que es poden veure més afectades per aquest primer efecte són les zones peripolars (Parkinson i Butler, 2005) i les zones de frontera, ja sigui per latitud o per altitud, amb les àrees de clima tropical (Michael *et al.*, 2003). No sembla que les zones temperades s'hagin de veure molt afectades per aquest primer efecte i, en qualsevol cas, si hi hagués modificacions, aquestes podrien ser en els dos sentits. Per exemple, a Europa 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).

L'augment d'episodis extrems, com ara sequeres i fortes pluges amb inundacions, pot donar lloc a canvis ràpids de zones d'ocupació d'aigua i canvis importants en el cicle de l'aigua. Les modificacions sobre la incidència i distribució de les malalties infeccioses causades per aquest tipus de canvis es podrien donar a tot arreu, encara que els seus efectes serien molt possiblement d'un abast limitat, als països industrialitzats perquè es podrien controlar bé els efectes, i als països en fase d'industrialització perquè malauradament la importància de les malalties de transmissió per aigua és encara tan gran que no sembla fàcil que pugui empitjorar. En qualsevol cas, en aquests darrers podrien fer encara més difícil la millora de la situació actual.

## 5. LA MALALTIA INFECCIOSA COM UN PROCÉS MULTIFACTORIAL

Les malalties infeccioses són processos amb nivells de complexitat diferents, en què intervenen un nombre variable de factors. Aquests són comuns a les malalties que infecten els humans i animals, si bé per tal de simplificar el text, la discussió que segueix sobre aquests factors estarà centrada en aquelles malalties infeccioses que afecten els humans. Si el centre del problema fos un altre animal o grup d'animals, el desenvolupament del text seria similar i tan sols canviarien alguns termes.

*Malalties infeccioses en què intervenen dos factors.* En totes les malalties infeccioses que afecten els humans intervenen un mínim de dos factors: l'home i el patògen. En alguns tipus de malalties infeccioses, per exemple de transmissió sexual, només intervenen aquests dos factors.

*Malalties infeccioses en què intervenen tres factors.* El tercer factor que hi intervé, a més de l'home i el patògen, és o bé un vehicle inanimat com el medi ambient (aire, aigua i superfícies inanimades denominades *fomites* en la terminologia emprada pels higienistes) o els aliments, o bé un hoste de sang calenta (homeoterm) no humà, o bé vectors poiquiloterms que es nodreixen de sang (hematòfags) de l'home, com ara mosquits i paparres.

Els vehicles inanimats intervenen en la transmissió de moltes malalties que es transmeten per via fecal-oral (ingestió) i per via aèria. En el cas de les de transmissió fecal-oral, l'aigua, el sòl, els fomites i els aliments tenen importància, mentre que en el cas de la transmissió per via aèria, la tenen els aerosols i els fomites. En aquest grup de malalties en què el medi ambient té un paper vehicular en la transmissió, la meteorologia influeix en la persistència i en la dispersió dels agents infecciosos.

Un altre factor que intervé en algunes malalties el constitueixen hostes homeotermes no humans de l'agent infecciós, que donen lloc a les zoonosis que es transmeten per contacte directe. Entre les zoonosis clàssiques trobem la brucel·losi causada per *Brucella abortus* i la toxoplasmosi. Algunes malalties infeccioses emergents a l'home, com ara SIDA, SRAG i casos humans de grip aviària, es poden haver originat per contacte directe dels humans amb animals infectats, ja siguin vius o morts, ja siguin sencers o trossejats.

Finalment, encara que no molt freqüents, un tercer factor són els vectors poiquiloterms que es nodreixen de sang humana. Un exemple típic d'aquest tipus és la malària. Aquesta malaltia és causada per diverses espècies d'un protozou, *Plasmodium* (com ara, *P. falciparum*, *P. vivax* i altres), que es multipliquen en mosquits de diverses espècies del gènere *Anopheles* i en humans. El protozou es transmet a l'home per picades de mosquits infectats. La presència de la malaltia en una zona determinada depèn de la presència de mosquits del gènere *Anopheles*, d'una determi-

nada densitat de població humana i d'un cert nombre de persones infectades a la zona. Els mosquits, com tots els animals poiquiloterms, 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. També els patògens, en aquest cas *Plasmodium*, tenen una temperatura màxima ( $T_{\max}$ ) i mínima ( $T_{\min}$ ) per poder multiplicar-se en el vector. Així, el *P. falciparum*, que es troba a les zones tropicals i causa la varietat més greu de malària, té una  $T_{\min}$  de 16-19 °C i una  $T_{\max}$  de 39 °C, mentre que pel *P. vivax*, que és el que havia hagut a la nostra àrea geogràfica, les  $T_{\min}$  i  $T_{\max}$  són 14,5-15 i 39 °C (McCarthy *et al.*, 2001).

*Malalties infeccioses en què intervenen quatre factors.* Encara hi ha un tercer grup de malalties infeccioses amb un nivell superior de complexitat, ja que hi intervenen quatre factors. En trobem dos tipus.

El primer tipus està constituït per aquelles malalties que inclouen patògen, home, un o diversos hostes homeoterms no humans i vehicles inanimats. Aquest és el cas d'algunes zoonosis en què la transmissió és per via fecal-oral (per exemple, les salmonel·losis no tífiques, algunes shigel·losis i les infeccions per *Campylobacter*) o per via aèria (com ara, la grip aviària).

El segon està constituït per aquelles en què intervenen patògen, home, hostes homeoterms no humans i un vector poiquiloterm hematòfag. En aquest grup s'hi troben malalties com la febre groga, dengue i Chikungunya (actuen com a vectors diferents espècies del mosquit *Aedes* i els hostes homeoterms no humans són primats), algunes encefalitis víriques com ara l'encefalitis de l'oest del Nil (actuen com a vectors diferents espècies del mosquit *Culex* i els hostes homeoterms no humans són aus), o el cas de la malaltia de Lyme (actuen com a vectors diferents espècies de la paparra *Ixodes* i com a hostes homeoterms no humans alguns rosegadors i, secundàriament, altres vertebrats). Alguns dels hostes homeoterms no humans són sedentaris, com és el cas dels de la febre groga, dengue, Chikungunya i la malaltia de Lyme. Altres hostes homeoterms no humans són migratoris, com és el cas d'algunes aus que són hostes del virus de l'encefalitis de l'oest del Nil. Les malalties amb hostes homeoterms no humans no migratoris són més o menys endèmiques en les zones on habiten, si bé incidentalment es produeixen brots, que en èpoques passades es convertien en epidèmies, a zones on no hi ha l'hoste homeoterm no humà. A aquest tipus d'epidèmies se les solia anomenar *urbanes* perquè es donaven al voltant de ports de mar on es trobava el mosquit vector. Aquestes epidèmies o brots urbans solien estar limitats en el temps i difícilment s'estenien a zones lluny de la costa. Actualment, també es poden introduir per avió com ha passat amb un petit brot —unes cent cinquanta persones afectades— de Chikungunya a la zona del delta del Po a Itàlia, que va succeir a l'estiu del 2007. La coincidència de l'arribada d'un viatger infectat que provenia d'una zona endè-

mica d'Àsia i la presència a la zona d'*Aedes albopictus* (mosquit tigre) ho va fer possible (Rezza *et al.*, 2007).

## **6. COM EL CANVI CLIMÀTIC POT AFECTAR LA INCIDÈNCIA I DISTRIBUCIÓ DE LES MALALTIES INFECCIOSES**

Tenint en compte els coneixements actuals no sembla que les malalties infeccioses en què només estan implicats dos factors s'hagin de veure afectades pel canvi climàtic. En canvi, aquelles en què estan implicats més de dos factors serien influenciables per canvis en el clima per diferents causes, en funció del factor afectat.

**Vehicles inanimats.** El canvi climàtic pot afectar tant la supervivència com la dispersió (mobilització i transport) dels microorganismes patògens que es transmeten a través de diferents vehicles inanimats.

**Aerosols.** Alguns microorganismes, com ara els que afecten vies respiratòries, es transmeten pels aerosols, que es generen quan parlem, esternudem i estosseguem. Els aerosols contenen diferents microbis i tenen diferents mides i composició (percentatge d'aigua, presència i concentració de mucoproteïnes i mucopolisacàrids, etc.) segons en quina part del tracte respiratori s'origenen. Sens dubte, la temperatura i la humitat relativa de l'atmosfera tenen efectes sobre la persistència dels aerosols a l'aire, i la temperatura, la humitat relativa de l'aire i la radiació ultraviolada la tenen sobre la supervivència dels microorganismes dins dels aerosols (Mohr, 2001). Per tant, el canvi climàtic pot variar la persistència de microorganismes infecciosos en aerosols i en l'aire.

El canvi climàtic també pot afectar el transport d'alguns tipus d'aerosols a través de tempestes de pols, que es preveu que cada cop seran més freqüents, com a conseqüència de la desertificació creixent en algunes zones del planeta. Actualment se sap que hi ha masses de pols aixecades de zones desèrtiques que fins i tot creuen l'oceà. A casa nostra són freqüents i ben conegudes les arribades de pols dels deserts del nord d'Àfrica. S'ha demostrat que aquesta pols transporta bacteris (per exemple, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus*, *Arthrobacter*, *Neisseria*, *Corynebacterium*, etc.) i fongs (com ara, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Coccidioides*, etc.) infecciosos que es troben al sòl (Griffin, 2007). La pregunta és si suposen algun risc. De moment tan sols s'ha identificat algun brot de coccidioïdosi (*Coccidioides immitis*) lligat a tempestes de pols als EUA (Hector i Laniado-Laborin, 2005).

**Aigua.** La supervivència dels microorganismes patògens a l'aigua també es veu afectada per factors climàtics. En aquest cas, la temperatura i les radiacions són els elements més importants (Medema *et al.*, 1997; Enriquez *et al.*, 2000).

Però tanmateix, l'augment de la temperatura mitjana de l'aigua, que en el pitjor dels escenaris serà d'uns pocs graus, no sembla que hagi de tenir efectes gaire importants en la inactivació dels agents infecciosos de transmissió fecal-oral. Una excepció seria el vibrió causant del còlera que, a diferència de la gran majoria de microorganismes de transmissió fecal-oral —que a l'aigua no es multipliquen i van morint amb el pas del temps—, es multiplica en l'ambient aquàtic i un petit augment de la temperatura n'afavoreix la multiplicació (Schild *et al.*, 2008).

Però alhora, un cop a l'aigua, molts microorganismes s'uneixen a sòlids i persisteixen, o bé a sediments d'aigües superficials, o bé a components del sòl. És un fet ben documentat que episodis de pluja intensa mobilitzen els microorganismes atrapats a sediments, a fangs de depuradora i al sòl. Tenim alguns exemples descrits en el nostre entorn, on s'ha reportat que pluges sobtades provoquen un augment significatiu 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 (Méndez *et al.*, 2004).

*Fomites.* És ben conegut que els fomites tenen un paper important en la transmissió d'infeccions respiratòries i d'aquelles transmeses per via fecal-oral (Boone i Gerba, 2007; Kramer *et al.*, 2006). També se sap que la supervivència de microorganismes patògens en fomites depèn, entre altres factors, de la temperatura i la humitat relativa de l'aire (Boone i Gerba, 2007; Kramer *et al.*, 2006).

*Aliments.* Uns pocs microorganismes patògens poden multiplicar-se en aliments. Aquesta multiplicació pot veure's afavorida per l'augment de temperatura si no es prenen les precaucions necessàries o no es disposa de les facilitats necessàries per la seva conservació en fred. Un exemple conegut és la presència de *Salmonella sp.* en derivats d'ou. A Espanya, un estudi fet els anys 2002 i 2003 mostra que els brots de gastroenteritis causats per derivats d'ou, el 84 % dels quals són a causa de la salmonella, són entre sis i vuit vegades més freqüents als mesos d'estiu que als mesos d'hivern (*Butlletí del Centre Nacional d'Epidemiologia*, <http://www.isciii.es/jsps/centros/epidemiologia/boletinesSemanal.jsp>).

*Hostes homeotermes no humans.* Les zoonosis que afecten l'home i els animals domesticats (animals domèstics i animals d'interès ramader) semblen estar ben delimitades i no n'és previsible l'aparició de diferents de les actuals com a conseqüència del canvi climàtic. En canvi, en poden aparèixer d'altres a partir d'animals feréstecs. 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 homeotermes no humans i també transportadors dels vectors he-



matòfags (Hubálek, 2004), podrien comportar l'aparició de noves zoonosis a determinades zones geogràfiques.

**Vectors poiquiloterms.** Amb tota seguretat, les àrees de distribució, així com la durada dels períodes d'activitat del vector i de multiplicació dels patògens en el vector, es poden veure afectades pel canvi climàtic. Aquest 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 patògen 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).

## 7. TIPUS D'INFECCIONS QUE ES PODEN VEURE AFECTADES

Les malalties infeccioses que es poden veure afectades pel canvi climàtic se solen ordenar en quatre grans grups, que són els següents: aquelles que es transmeten per via fecal-oral, i per tant, per l'aigua; aquelles que es transmeten per via respiratòria, per tant, per l'aire; aquelles que es transmeten per via de vectors poiquiloterms hematòfags, i finalment les potencials noves zoonosis, que podrien emergir com a conseqüència de canvis en la distribució i abundància dels hostes homeotermes feréstecs i en l'ocupació per l'home d'àrees poc o gens habitades.

*Malalties infeccioses de transmissió per l'aigua.* Pel que fa a l'augment de fenòmens excepcionals, les dades de mobilització assenyalades en l'apartat anterior ens indiquen clarament que la incidència d'aquest grup de malalties, fonamentalment gastroenteritis, es podria veure augmentada pel canvi climàtic. En canvi, un augment substancial de la temperatura de les aigües superficials podria suposar l'efecte contrari, però d'abast limitat, excepte com s'ha comentat abans en el cas del vibrió colèric.

*Malalties infeccioses de transmissió per l'aire.* Pel que fa a les malalties infeccioses de vies respiratòries (per exemple, grip, pneumònia, refredat comú, etc.) que solen afectar majoritàriament els habitants de països freds durant el mesos d'hivern i que, en definitiva, constitueixen una part molt important de les malalties infeccioses en aquests països, més aviat cal pensar que es podria donar una disminució de la seva incidència. Així, models fets per avaluar l'impacte del canvi climàtic al Regne Unit, en funció de l'increment de temperatures mitjanes, pronostiquen un clar i significatiu descens de les denominades *malalties d'hivern*, incloses les infeccioses (Langford i Bentham, 1995).

*Malalties transmeses per vectors.* En aquest grup de malalties cal considerar el canvi en les zones de distribució dels hostes homeotermes no humans, les variacions en les zones de distribució i en els períodes d'activitat dels vectors poiquilo-

terms i els períodes de multiplicació dels patògens en els vectors. Pel que fa a la variació de les zones de distribució dels vectors poiquiloterms, aquesta afectaria un bon nombre de malalties com ara la malària, el dengue, el Chikungunya, la febre groga i algunes encefalitis víriques (encefalitis de l'oest del Nil, encefalitis de Saint Louis, encefalitis japonesa, etc.), entre les malalties infeccioses transmises per mosquits, i secundàriament algunes com l'encefalitis vírica lligada a paparres, que tant preocupa l'Europa central darrerament, i la malaltia de Lyme, entre les transmises per paparres. Per exemple, s'ha descrit que a Suècia, després d'uns quants hiverns més càlids del que és habitual, les paparres (*Ixodes*) que transmeten la malaltia de Lyme s'han estès cap al nord (Lindgren *et al.*, 2000); de totes maneres hi ha certes discrepàncies sobre les causes d'aquesta dispersió cap al nord, ja que alguns autors creuen que és deguda a un augment de la densitat de les poblacions d'uns rosegadors que són hostes homeotermes no humans que s'hauria produït com a conseqüència de canvis en l'ús del territori (Githeko *et al.*, 2000).

*Emergència o reemergència de zoonosis.* L'aparició de noves zoonosis emergents com a conseqüència de canvis de la zona on viuen alguns dels hostes homeotermes no humans o de la substitució de les rutes migratòries d'aus es contemplen com a possibles conseqüències del canvi climàtic. Per exemple, l'epidèmia d'hantavirus pulmonar dels anys 1993-1994 al sud-oest dels Estats Units es va associar a un augment de les densitats del ratolí feréstec *Peromyscus*, l'hoste habitual del virus, que es va multiplicar per deu (Wenzel, 1994). Una possible causa d'aquest augment, no l'única, haurien estat deu anys d'extrema sequera, seguits d'una primavera de pluges molt intenses. Aquest fenomen d'emergència o reemergència de zoonosis podria tenir més importància a zones peripolars o a zones poc habitades per l'home actualment. El canvi climàtic podria afavorir l'ocupació d'aquests territoris tant per espècies animals ara absents com per l'home.

## **8. EVIDÈNCIES DELS EFECTES DEL CANVI CLIMÀTIC SOBRE LA INCIDÈNCIA I DISTRIBUCIÓ DE LES MALALTIES INFECCIOSES**

Hi ha encara poques evidències de variacions en l'epidemiologia de les malalties infeccioses atribuïbles al canvi climàtic. Ens trobem al principi i, per tant, és difícil preveure el que pot passar. Alguns indicis es troben al voltant de fenòmens excepcionals, com el cas de pluges sobtades i intenses, que es podrien veure augmentades com a conseqüència del canvi climàtic, i alguns fenòmens observats després d'alguns episodis d'El Niño-oscil·lació del sud (ENSO).

En efecte, es troben diverses referències molt ben documentades sobre l'associació entre brots de malalties que es transmeten per l'aigua i pluges intenses, tant en l'estudi de casos concrets recents com en estudis retrospectius i estudis epide-

miològics. Entre els primers destaca el brot d'*Escherichia coli* O157:H7 produït a Walkerton (Canadà) l'any 2002 amb mil malalts i sis morts (Bruce-Grey-Owen Sound Health Unit, 2000). Entre els segons tenim l'estudi de Curriero *et al.* (2001) que analitza els brots de malalties de transmissió hídrica des del 1948 fins al 1994 als EUA i troba que el 51 % es produeixen després d'episodis de fortes pluges. També un estudi d'anàlisi de risc basat en dades d'un estudi epidemiològic realitzat per Kay *et al.* (1994) al Regne Unit conclou que la probabilitat de ser infectat per banyar-se a platges és més gran després de pluges intenses. Per tant, sembla no haver-hi dubte que la freqüència més gran d'episodis de pluges fortes donaria lloc a un augment de brots de malalties que es transmeten per l'aigua. En canvi, no hi ha evidències clares que les grans inundacions, malgrat l'alarma que causen, provoquin un augment de les malalties de transmissió per via fecal-oral; això és degut, molt probablement, al fet que en cas d'inundació es prenen mesures de precaució que no es prenen per pluges intenses quan no en causen.

Pel que fa als efectes d'un augment de temperatures mitjanes, hi ha una quantitat molt important de publicacions científiques en les quals s'atribueixen canvis d'incidència i distribució de malalties infeccioses a augmentos sostinguts de temperatura durant els darrers anys. Però la majoria d'aquestes publicacions són molt qüestionades, ja que els efectes observats també podrien ser deguts a altres causes, com ara canvis en l'ús del territori, canvis demogràfics i efectes de la globalització. En canvi, hi ha uns pocs estudis que semblen indicar molt clarament que l'augment de les temperatures mitjanes podria provocar alguns canvis en la incidència i distribució d'algunes malalties infeccioses i que es consideren indicadors de les tendències del que a llarg termini podria produir l'escalfament global. Els més convincents són estudis realitzats aprofitant la variabilitat interanual del clima ocasionada per l'ENSO, que ofereix una espècie d'escenari pilot on es pot observar l'efecte de l'augment de temperatures mitjanes en la incidència i distribució de malalties infeccioses.

*El Niño i el còlera.* Rodó *et al.* (2002) han descrit una relació molt significativa entre episodis d'El Niño progressivament més forts i la prevalença de còlera a Bangla Desh durant un període de setanta anys. Aquests autors han investigat l'efecte de variabilitat interanual no estacional en la prevalença de còlera. En els darrers vint anys del segle xx, els episodis d'El Niño varen ser clarament més intensos que durant les dècades anteriors. Els autors varen trobar que l'associació entre la incidència de còlera i El Niño era molt dèbil i no correlacionada a la primera part del segle (1983-1940), mentre que des de 1980 fins a 2001 l'associació era molt forta i consistent.

*El Niño i la malària.* La malària ha estat considerada com la malaltia lligada a vectors hematòfags probablement més susceptible d'experimentar un augment de les àrees endèmiques com a conseqüència del canvi climàtic a llarg termini

(Michael *et al.*, 2003). Anàlisis de dades històriques han mostrat que el risc de malària epidèmica es multiplicava per cinc durant l'any següent a episodis d'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 d'El Niño a Veneçuela (Bouma i Dye, 1997).

## 9. QUÈ ES POT PREVEURE A CATALUNYA?

Podem fer alguna projecció sobre els efectes del canvi climàtic en la incidència i distribució de malalties infeccioses a Catalunya? Qualsevol predicció és molt incerta, ja que els efectes del canvi climàtic a la nostra zona estan sotmesos a moltes incerteses. Segons un estudi sobre canvi climàtic a Catalunya, elaborat pel Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible de la Generalitat de Catalunya (2005), caldria esperar un augment en la temperatura de l'aire, un canvi no significatiu de les quantitats totals de precipitació i un clar augment de les sequeres seguides de pluges intenses.

Si això fos així, d'acord amb el que s'ha discutit en els apartats precedents, caldria esperar un manteniment o disminució de la incidència de les malalties infeccioses d'hivern, potser un augment molt limitat de les malalties infeccioses que es transmeten per aigua, i tal vegada un augment de les malalties transmeses per vectors poiquiloterms. En canvi, no sembla que sigui un lloc on es pugui esperar l'emergència de noves zoonosis, perquè el territori ja està molt ocupat i humanitzat. Així mateix, una petita revisió històrica de les epidèmies que hi ha hagut a Catalunya i unes petites incursions en l'estudi de les condicions climàtiques actuals ens indiquen que, si no es produeix un desgavell social, ens ho podem mirar amb un cert optimisme.

A finals del segle XIX i principis del XX, les deficiències en l'ús de l'aigua eren un element clarament relacionat amb la salut i constituïen una de les principals preocupacions dels higienistes del moment. Un estudi portat a terme per l'Acadèmia d'Higiene de Catalunya, que va utilitzar dades recollides a través d'una enquesta realitzada a metges titulars, situava les deficiències relacionades amb el cicle de l'aigua entre els principals determinants de la salut dels catalans. L'absència de sanejament, l'escassetat i la mala qualitat de l'aigua de beguda n'eren les causes principals (Moll, 2002). A Espanya, i cal pensar que a Catalunya era semblant, les malalties causades per microorganismes que es transmeten per l'aigua representaven més del 10 % de la mortalitat (Robles *et al.*, 1996), clarament per damunt de la mortalitat actual, situada entorn del 7,5 %, en els països no industrialitzats (WHO, 2002). Actualment a Catalunya, gràcies a mesures de sanejament i grans millores en la potabilització de l'aigua, malgrat que disposem d'uns recursos hídrics escassos i sotmesos a moltes aportacions de contaminació fecal, la incidèn-

cia de malalties infeccioses lligades a l'aigua és similar a la d'altres països del nostre entorn geogràfic i socioeconòmic (Jofre, en premsa). Aquesta similitud es dona tant en la mortalitat, inferior al 0,01 %, com en els anys de vida ajustats per invalidesa o DALY (*disability-adjusted life years*), prop de l'1 %. Els DALY són la mesura emprada en el present per l'Organització Mundial de la Salut per determinar la importància relativa de les diferents malalties i que no té en compte només la mortalitat. També els efectes de les precipitacions intenses són semblants a les dels països del nostre entorn (Jofre, en premsa). En la nostra àrea geogràfica no cal pensar que els problemes de transmissió de malalties infeccioses per aigua hagin de canviar substancialment si som capaços de mantenir l'actual grau d'organització social.

Pel que fa a malalties que es transmeten per vectors, cal assenyalar que 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. Efectivament, 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 ara *Anopheles atroparvus*, mentre que d'altres han estat introduïts. Exemples dels darrers els tenim amb *Aedes aegypti*, que va ser introduït fa uns dos-cents anys i que hauria estat eradicat només fa uns cinquanta anys, o *Aedes albopictus*, recentment introduït i que s'està assentant, segurament per desídia col·lectiva, a algunes zones de la Mediterrània.

També, els agents causants d'aquelles malalties han estat presents al sud d'Europa. Així, *Plasmodium vivax*, agent causant de la malària a Europa, era endèmic a moltes àrees fins a la meitat del segle xx, i alguns virus han estat introduïts i han produït epidèmies del tipus urbà en el passat (febre groga i dengue) i en el present (Chikungunya). De fet, la malària, la febre groga i el dengue formen part dels problemes sanitaris del passat recent del nostre país.

La malària, més coneguda a la nostra àrea com a *paludisme* o *febres palúdiques*, ha estat una malaltia endèmica als països mediterranis des de la prehistòria fins a la segona meitat del segle xx. Actualment, només una petita zona al sud de Turquia es considera zona endèmica. A la resta de països mediterranis, els casos que s'hi donen són importats, excepte un petit brot en què hi hauria hagut transmissió local a Itàlia, però que afortunadament no va passar a endèmic (Simini, 1997). A Espanya, l'any 1900, la malària encara era responsable d'una mortalitat de 25,3 per cent mil habitants, cosa que representava gairebé un 8 % de la mortalitat total. Aquest percentatge va anar disminuint progressivament fins als anys seixanta en què ja no es detecten casos endèmics, i l'Organització Mundial de la Salut reconeix Espanya com a zona lliure de paludisme l'any 1964. Aquesta disminució no es va aconseguir pas perquè hi hagués un canvi climàtic, sinó com a conseqüència de la lluita antipalúdica, resultat de les aportacions de la parasitologia, entomologia aplicada, far-

macologia i sanejament. En aquest context, el programa més extens i intens de la lluita antipalúdica a Espanya es produí a Catalunya, impulsat per la Mancomunitat des de 1915 fins a 1923 (Bernabeu Mestre, 2000).

Respecte a la febre groga, a la nostra àrea geogràfica no hi ha primats feréstecs que siguin hostes naturals dels virus i, per tant, només es pot donar la forma urbana d'aquesta febre. No obstant això, la ciutat de Barcelona i zona d'influència forma part d'un grup de ciutats portuàries europees, sobretot de la Mediterrània, on el virus de la febre groga i *Aedes aegypti* van ser introduïts a principis del segle XVIII. Així, a la península Ibèrica hi havia una àmplia distribució costanera d'*Aedes aegypti* des del golf de Cadis fins a la Tordera. Possiblement a causa de les colònies d'ultramar hi havia casos importats de febre groga i, com que hi havia el vector, es donaven brots i epidèmies més o menys importants, que varen durar fins als anys setanta del segle XIX. Destaca l'epidèmia de 1821, que causà entre cinc mil i vint mil morts a Barcelona (Moll, 2002). Els darrers casos s'haurien donat l'any 1870 en una epidèmia que va afectar Alacant, Barcelona i Mallorca (Moll, 2002). Ara, ni a Espanya ni a Catalunya hi ha *Aedes aegypti*, que es considera eradicat, però en canvi s'està assestant *Aedes albopictus*, que també actua com a vector de la febre groga. En qualsevol cas, a diferència de la malària i el dengue, per a la febre groga hi ha una vacuna prou eficaç, malgrat la reemergència a algunes zones d'Amèrica del Sud, possiblement com a conseqüència de desídia en les campanyes de vacunació.

Igual que en el cas de la febre groga, en la nostra àrea geogràfica no hi ha primats feréstecs i, per tant, no s'hi pot donar més que la forma urbana del dengue. Però aquesta forma del dengue es va observar a Europa, concretament al golf de Cadis i a la riba de la Mediterrània, des de l'any 1778 fins ben entrat el segle XX (epidèmia d'Atenes de 1927-1928). Per tant, cal pensar que, durant aquests cent cinquanta anys, el dengue hauria afectat alguna vegada l'àrea de Barcelona. Com a curiositat, cal assenyalar que alguns experts consideren que el nom *dengue* ve de la contracció de la paraula *derrengue*, que era emprada al sud de la península Ibèrica per definir els símptomes de la infecció pel virus.

Malgrat, doncs, que ens trobem a una zona geogràfica potencialment susceptible de ser afectada per algunes malalties transmises per vectors poiquiloterms hematòfags, cal pensar que, si en el passat, amb menys mitjans que ara, hem estat capaços de controlar-les, cal ser optimista i pensar que serem capaços de fer-hi front en el cas hipotètic que el canvi climàtic fes el nostre territori més susceptible a aquests problemes. Això sí, tenint en compte l'especial situació geogràfica de proximitat a Àfrica i el clima de la península Ibèrica, cal estar vigilants per prendre les mesures necessàries per evitar situacions com la de la falta de control de l'*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.

## 10. EPÍLEG

Hi ha un cert consens que el canvi climàtic pot produir canvis en la incidència i distribució d'algunes malalties infeccioses. Ara bé, quant a la incidència, aquests canvis poden ser en els dos sentits, és a dir, augment o disminució.

Sembla que el canvi afectaria diferentment diverses zones geogràfiques. Les zones frontereres al nord i sud dels tròpics i les zones peripolars en serien les més afectades.

A països industrialitzats amb clima temperat es creu que l'impacte seria d'abast més limitat que a les zones indicades en el paràgraf anterior i que podria ser fàcilment contrarestat si s'està alerta i es prenen les mesures necessàries.

Per climatologia, situació geogràfica i falta de recursos per controlar-ne els efectes, el potencial augment de la incidència de malalties infeccioses seria més gran a un bon nombre de països no industrialitzats de diferents àrees del planeta.

## 11. BIBLIOGRAFIA

- BERNABEU MESTRE, J. «Epidèmia i control social: a propòsit de les campanyes antipalúdiques a la Catalunya contemporània (1902-1925)». A: BATLLÓ, J.; FUENTE, P. de la; PUIG, R. (ed.). *V Trobades d'Història de la Ciència i de la Tècnica*. Barcelona: Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica, 2000, p. 37-41.
- BESANCENOT, J. P.; BOKO, M.; OKE, P. C. «Weather conditions and cerebrospinal meningitis in Benin (Gulf of Guinea, West Africa)». *European Journal of Epidemiology*, vol. 13 (1997), p. 807-815.
- BOONE, S. A.; GERBA, C. P. «Significance of Fomites in the Spread of Respiratory and Enteric Viral Disease». *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 73 (2007), p. 1687-1696.
- BOUMA, M. J.; DYE, C. «Cicles of malaria associated with El Niño in Venezuela». *Journal of the American Medical Association*, vol. 278 (1997), p. 1772-1774.
- BOUMA, M. J.; KAAJ, H. J. van der. «Epidemic malaria in India and the El Niño Southern Oscillation». *The Lancet*, vol. 344 (1994), p. 1638-1639.
- BRUCE-GREY-OWEN SOUND HEALTH UNIT. «Waterborne outbreak of gastroenteritis associated with a contaminated municipal water supply, Walkerton, Ontario; May-June 2000». *Canada Communicable Disease Report*, vol. 26 (2000), p. 170-173.
- CONSELL ASSESSOR PER AL DESENVOLUPAMENT SOSTENIBLE DE LA GENERALITAT DE CATALUNYA. *Informe sobre el canvi climàtic a Catalunya. Resum executiu* [en línia]. Ed. a cura de J. E. Llebot, A. Queralt i J. Rodó. Barcelona: 2005. <<http://www.cat-sostenible.org>>
- COSTÁN-LONGARES, A.; MOCÉ-LIVINA, L.; AVELLÓN, A.; JOFRE, J.; LUCENA, F. «Occurrence and distribution of culturable enteroviruses in wastewater and surface waters of northeastern Spain». *Journal of Applied Microbiology*. [En premsa]
- CURRIERO, F. C.; PAT, J. A.; ROSE, J. B.; LELE, S. «The association between extreme precipitation and waterborne disease outbreaks in the United States, 1948-1994». *American Journal of Public Health*, vol. 91 (2001), p. 1194-1199.
- DOWELL, S. F. «Seasonal variation in host susceptibility and cycles of certain infectious diseases». *Emerging Infectious Diseases*, vol. 7 (2001), p. 369-374.

- ENRIQUEZ, C. E.; HURST, C. J.; GERBA, C. P. «Survival of the enteric adenoviruses 40 and 41 in tap, sea, and waste water». *Water Research*, vol. 29 (2000), p. 2548-2553.
- ERITJA, R.; ARANDA, C.; PADRÓS, J.; GOULA, M. «Revised checklist of the Spanish mosquitoes». *Acta Virologica Portuguesa*, vol. 5 (1998), p. 25-31.
- ERITJA, R.; ESCOSA, R.; LUCIENTES, J.; MARQUÈS, E.; MOLINA, R.; ROIZ, D.; RUIZ, S. «Worldwide invasion of vector mosquitoes: present European distribution and challenges for Spain». *Biological Invasions*, vol. 7 (2005), p. 87-97.
- FILIFE A. R.; ANDRADE, H. R. de. «Arboviruses in the Iberian Peninsula». *Acta Virologica Portuguesa*, vol. 34 (1990), p. 582-591.
- GITHEKO, A. K.; LINDSAY, S. W.; CONFALONIERI, U. E.; PATZ, J. A. «Climate change and vector-borne diseases: a regional analysis». *Bulletin of the World Health Organization*, vol. 78 (2000), p. 1136-1147.
- GRIFFIN, D. W. «Atmospheric movement of microorganisms in clouds of desert dust and implications for human health». *Clinical Microbiology Reviews*, vol. 20 (2007), p. 459-477.
- HECTOR, R. F.; LANIADO-LABORIN, R. «Coccidioidomycosis – a fungal disease of the Americas». *PloS Medicine*, vol. 2 (2005), p. 15-18.
- HUBÁLEK, Z. «An annotated checklist of pathogenic microorganisms associated with migratory birds». *Journal of Wildlife Diseases*, vol. 40 (2004), p. 639-659.
- IPCC. *Climate change 2001: IPC Third Assessment Report*. Ginebra: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001.
- JOFRE, J. «Microbiologia de les aigües superficials, residuals i de boca». A: BARCELÓ, D. (ed.). *L'aigua a Catalunya*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans. (Jornades Científiques IEC) [En premsa]
- KAY, D.; FLEISHER, J. M.; SALMON, R. L.; JONES, F.; WYER, M. D.; GODFREE, A. F.; ZELENKAUCH-JACQUOTTE, Z.; SHORE, R. «Predicting likelihood of gastroenteritis from sea bathing: results from randomised exposure». *The Lancet*, vol. 344 (1994), p. 905-909.
- KRAMER, A.; SCHWEBKE, I.; KAMPF, G. «How long do nosocomial pathogens persist on inanimate surfaces? A systematic review». *BMC Infectious Diseases*, vol. 6 (2006), p. 130-138.
- LANGFORD, I.; BENTHAM, G. «The potential effect of climatic change on winter mortality in England and Wales». *International Journal of Biometeorology*, vol. 38 (1995), p. 141-147.
- LINDGREN, E.; TÄLLEKLINT, L.; POLFELD, T. «Impact of climatic change on the northern latitude limit and population density of the disease-transmitting European tick *Ixodes ricinus*». *Environmental Health Perspectives*, vol. 108 (2000), p. 119-123.
- MCCARTHY, J.; CANZIANI, O.; LEARY, N.; DOKKEN, D.; WHITE, K. *Climate change 2001: impacts, adaptation and vulnerability*. Nova York: Cambridge University Press, 2001.
- MCNEILL, W. H. *Plagues and peoples*. Nova York: Doubleday, 1976.
- MEDEMA, G. J.; BAHAR, M.; SCHETS, F. M. «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 (1997), 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. «Assessment of drinking water quality using indicator bacteria and bacteriophages». *Journal of Water and Health*, vol. 2 (2004), p. 201-214.



- MICHAEL, A. J.; CAMPBELL-LENDRUM, D. H.; CORVALÁN, C. F.; EBI, K. L.; GITHEKO, A. K.; SCHERAGA, J. D.; WOODWARD, A. *Climate change and human health. Risk and responses*. Ginebra: World Health Organization, 2003.
- MOHR, A. J. «Fate and transport of microorganisms in air». A: HURST, C. J.; CRAWFORD, R. L.; KNUDSEN, G. R.; MCÍNERNEY, M. J.; STETZENBACH, L. D. (ed.). *Manual of Environmental Microbiology*. 2a ed. Washington, DC: ASM Press, 2001, p. 827-838.
- MOLL, I. «Epidemiologia des de l'edat mitjana fins a l'actualitat». *Revista Catalana d'Història de la Medicina i de la Ciència*, vol. 37 (2002), p. 21-54.
- PARKINSON, A. J.; BUTLER, J. C. «Potential impacts of climatic change on infectious diseases in the Arctic». *International Journal of Circumpolar Health*, vol. 64 (2005), p. 478-486.
- PASCUAL, M.; DOBSON, A. «Seasonal patterns of infectious diseases». *PLoS Medicine*, vol. 2 (2005), p. 18-20.
- RESS, R. «Under the weather: climate and disease, 1700-1990». *History Today*, vol. 46 (1996), p. 35-42.
- REZZA, G.; NICOLETTI, L.; ANGELINI, R.; ROMI, R.; FINARELLI, A.; PANNING, M.; CORDIOLI, P.; FORTUNA, C.; BOROS, S.; MAGURANO, F. «Infection with Chikungunya virus in Italy: an outbreak in a temperate region». *The Lancet*, vol. 370 (2007), p. 1840-1846.
- ROBLES, E.; GARCÍA, F.; BERNABEU MESTRE, J. «La transición sanitaria en España desde 1900 a 1990». *Revista Española de Salud Pública*, vol. 70 (1996), p. 221-223.
- RODÓ, X.; PASCUAL, M.; FUCHS, G.; FARUQUE, A. «ENSO and cholera: a nonstationary link related to climate change?». *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, vol. 99 (2002), p. 12901-12906.
- ROSE, J. B.; HUQ, A.; LIPP, E.; HEALTH, K. *Climate and Infectious Disease: a global perspective*. Washington DC: American Academy of Microbiology, 2001.
- SCHILD, S.; BISHOP, A. L.; CAMILLA, A. «Ins and outs of *Vibrio cholerae*». *Microbe*, vol. 3 (2008), p. 131-136.
- SIMINI, B. «First case of indigenous malaria reported in Italy for 40 years». *The Lancet*, vol. 350 (1997), p. 717.
- SMOLINSKI, M. S.; HAMBURG, M. A.; LEDERBERG, J. (ed). *Microbial Threats to Health in the 21st Century: Emergence, Detection and Response*. Washington DC: National Academic Press, 2003.
- SULTAN, B.; LABADI, K.; GUÉGAN, J. F.; JANICOT, S. «Climate drives the meningitis epidemics onset in west Africa». *PLoS Medicine*, vol. 2 (2005), p. 43-49.
- VIDAL, J. R.; LUCENA, F. «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*. Luxemburg: European Commission, 1997.
- WENZEL, R. P. «A new hantavirus infection in North America». *New England Journal of Medicine*, vol. 330 (1994), p. 1004-1005.
- WHO. *Global Burden of Disease Estimates 2001*. Ginebra: World Health Organization, 2002.
- *Using Climate to Predict Infectious Disease Outbreaks: A review*. Ginebra: World Health Organization, 2004.
- WOOLHOUSE, M.; GAUNT, E. «Ecological Origins of Novel Human Pathogens». *Critical Reviews in Microbiology*, vol. 33 (2007), p. 231-242.



ISBN 978-84-92583-07-2



9 788492 583072