

|

TESTI DI

Eva Alessi, Marco Galaverni, Mariagrazia Midulla, Isabella Pratesi, Giulia Prato

REVISIONE SCIENTIFICA

Gianfranco Bologna, Roberto Danovaro

COPERTINA

arimaslab srl

WWF ITALIA ONLUS

Via Po, 25/c - 00198 Roma - Tel. 06/844971

www.wwf.it

e-mail wwf@wwf.it

È vietata qualsiasi riproduzione, anche parziale, senza autorizzazione
©Copyright aprile 2020 WWF Italia Onlus

SOMMARIO

MESSAGGI CHIAVE.....	2
INTRODUZIONE.....	3
LA CRISI CLIMATICA: UN DATO DI FATTO	4
DAL CLIMA ALLA SALUTE UMANA: LE ZONOSI	5
MECCANISMI DI REGOLAZIONE	6
MODIFICHE DELL'AREALE DELLE SPECIE SERBATOIO O DELLE SPECIE VETTORI.....	7
ALTERAZIONI NEL REGIME DELLE PRECIPITAZIONI E DELLE TEMPERATURE.....	10
RILASCIO DI PATOGENI IN AREE PRECEDENTEMENTE GHIACCiate.....	13
ALTRI MECCANISMI DI DIFFUSIONE DI ZONOSI	14
ALTRI EFFETTI DEL CLIMA SULLA SALUTE UMANA.....	15
FOCUS ITALIA	17
CONCLUSIONI.....	20

MESSAGGI CHIAVE

- All'origine di pandemie come quella attuale possono contribuire, direttamente o indirettamente, numerose azioni umane.
- Il cambiamento climatico di origine antropica è un dato di fatto e un fattore di rischio rilevante.
- Influenzando fortemente il funzionamento degli ecosistemi, il cambiamento climatico può favorire la diffusione di patogeni e l'insorgere di nuove epidemie.
- Contrastare il cambiamento climatico, favorendo al contempo la conservazione degli ecosistemi integri e ripristinando (ovvero restaurando) quelli deteriorati dall'uomo, costituisce un approccio lungimirante per tutelare la salute e il benessere delle comunità umane e per prevenire future pandemie.

INTRODUZIONE

L'incapacità umana di leggere scenari futuri, prevedendo punti critici per prevenire catastrofi e crisi globali, è purtroppo chiara. Anche nell'ultimo **Global Risk Report del World Economic Forum**¹ (dove solo da qualche anno si è preso atto del rilievo dei rischi climatici e ambientali), il rischio della diffusione di malattie infettive veniva ancora inserito tra i fattori con bassa probabilità di accadimento. Due sono le possibilità: o si è trattato di un caso di rara sfortuna, o non siamo stati capaci di valutare al meglio i rischi sistemici, e tra questi il rischio effettivo legato all'insorgenza di una pandemia (peraltro prevista da numerosi esperti virologi, ecologi ed epidemiologi nei loro lavori scientifici, brillantemente riassunti dal giornalista scientifico David Quammen nel suo libro "Spillover. L'evoluzione delle pandemie"²). Visti i numerosi studi che mettono in relazione la possibilità di sviluppo di malattie infettive e i drammatici cambiamenti che l'uomo sta apportando al nostro Pianeta, la seconda risposta appare, in assoluto, la più probabile.

L'intento di questo documento è quello di riassumere le conoscenze derivanti da pubblicazioni scientifiche che indicano la presenza di connessioni tra cambiamento climatico e malattie emergenti, tramite le complesse relazioni ecologiche che li collegano. Questo non solo per migliorare la percezione del rischio da noi stessi determinato, ma soprattutto per contribuire al dibattito su quanto sia urgente avviare, da subito, tutte le misure necessarie per fermare il cambiamento climatico, arrestare la perdita di ecosistemi naturali e proteggere la biodiversità, contenendo la diffusione di malattie.

¹ <https://www.weforum.org/reports/the-global-risks-report-2020>

² Quammen, 2012. Spillover. L'Evolutione delle pandemie. Adelphi, 608 pp, ISBN 8845929299.

LA CRISI CLIMATICA: UN DATO DI FATTO

I record negativi sul cambiamento climatico in atto continuano ad accumularsi, e con essi anche gli eventi estremi ad esso correlati. Il **2019 è stato il secondo anno più caldo mai registrato**, con un **aumento medio della temperatura globale di circa 1,1°C** rispetto all'era pre-industriale³. Il dato è ancor più allarmante perché nell'anno record, il 2016, il riscaldamento era amplificato dal cosiddetto El Niño, il fenomeno climatico periodico che, partendo da un forte riscaldamento delle acque superficiali nell'Oceano Pacifico, a largo delle coste del Perù e dell'Equador, influenza poi il clima a livello globale. Gli **ultimi cinque anni sono stati i cinque più caldi della storia** e anche l'ultimo decennio, 2010-2019, è stato il più caldo della storia (da quando esistono registrazioni attendibili della temperatura della superficie media della Terra). Dagli anni Ottanta, ogni decennio successivo è stato più caldo di tutti i precedenti dal 1850⁴.

L'estensione del **ghiaccio artico estivo** è in calo a un tasso del 12,8% per decennio, rispetto alla media delle estensioni annuali del periodo 1981-2010. Anche le calotte di ghiaccio, che ricoprono le terre emerse in Groenlandia e Antartide, hanno subito un massiccio declino, a una media annua di 283 Gt (una gigatonnellata equivale ad un miliardo di tonnellate) in Groenlandia e 145 Gt in Antartide. La fusione delle calotte di **ghiaccio terrestre** provoca l'innalzamento del livello dei mari. Il dato nuovo e preoccupante del 2019 è la perdita in Antartide di forti quantità di ghiaccio in aree che fino a ora si ritenevano immuni dalla fusione.

Tra i tanti eventi significativi dal punto di vista climatico nel 2019, ricordiamo l'**ondata di calore** peggiore mai registrata in Australia - temperatura record di 49,9°C registrata a Nullarbor, Australia Meridionale, il 19 dicembre- accompagnata e seguita da **incendi** di enormi proporzioni in alcune, vaste aree del Paese, con distruzione diretta e indiretta di specie, habitat, insediamenti e vite umane; anche l'Europa ha registrato numerose ondate di calore, con temperature record in Francia (46°C) e in molti Paesi del Nord Europa; il Giappone è stato flagellato da due ondate di calore. In molti Paesi si sono registrate **siccità eccezionali**, da Singapore al Laos. Anche nel 2019 si sono avuti **cicloni e uragani** molto distruttivi. In generale, l'emisfero settentrionale ha avuto 72 cicloni tropicali, rispetto alla media di 59, con danni catastrofici per miliardi di dollari. Ripetuti sistemi extratropicali hanno colpito la regione mediterranea, dalla Spagna alla Francia, all'Adriatico settentrionale.

La comunità scientifica è ormai unanime nell'indicare le **attività umane** quali responsabili della crisi climatica, in particolare a causa dell'aumento dei gas serra. La

³ WMO Statement on the state of the Global Climate, https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21700%C2%A0#.XnyDplhKjIU

⁴ Global Climate Report 2019 NOAA - <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201913>

concentrazione di gas serra nell'atmosfera ha raggiunto livelli record⁵: è aumentata del 147% per l'anidride carbonica (CO₂), del 259% per il metano (CH₄) e del 123% per il protossido di azoto (N₂O) rispetto ai livelli preindustriali (dati 2018, tendenza confermata nel 2019). La CO₂ in atmosfera viene attualmente stimata, in media, in 413 parti per milione (in volume), una concentrazione che non si registrava da almeno 650 mila anni, ma probabilmente da molto prima.

E questi cambiamenti così repentini possono avere risvolti estremamente significativi anche sulla nostra salute.

DAL CLIMA ALLA SALUTE UMANA: LE ZONOSI

Il 75% delle malattie infettive umane fino ad oggi conosciute deriva da animali e il 60% delle malattie emergenti è stata trasmessa da animali selvatici. Esse causano circa un miliardo di casi di malattia e milioni di morti ogni anno⁶.

In termini tecnici, esse vengono definite “**zoonosi**”. In questo documento, ci focalizzeremo sulle zoonosi, ovvero tutte quelle malattie che si trasmettono dagli animali all'uomo, includendo sia quelle più tipicamente trasmesse da specie animali vertebrati sia quelle mediate da insetti e altri artropodi che, nella letteratura scientifica anglosassone, vengono definite come *vector-borne diseases* (VBD), ovvero malattie trasmesse da vettori.

Le zoonosi comprendono un gruppo eterogeneo di infezioni, che possono essere causate da virus, batteri, funghi, altri organismi, agenti infettivi non convenzionali (AINC) o prioni (come il fattore causativo dell'encefalopatia spongiforme bovina, anche nota come “morbo della mucca pazza”).

Le zoonosi conosciute sono molto numerose - oltre 200 secondo l'OMS - e il loro studio costituisce uno dei settori di maggior interesse della medicina umana e veterinaria. Sono zoonosi la rabbia, la leptospirosi, l'antrace, la SARS (inclusa la nuova pandemia provocata dal virus SARS-CoV-2), la MERS, la febbre gialla, la Dengue, l'HIV, l'Ebola, la Chikungunya e il Covid-19, il morbo di Lyme, ma anche la più diffusa influenza, solo per citarne alcune.

Nel rapporto annuale dell'*European Centre for Disease Prevention and Control*⁷ vengono evidenziate le epidemie da zoonosi e quelle legate agli alimenti che riguardano l'Europa: brucellosi, campilobatteriosi, toxoplasmosi congenita, echinococcosi, listeriosi,

⁵ Nasa, Climate Vital Signs <https://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide/>

⁶ Morse *et al.*, 2012. Prediction and prevention of the next pandemic zoonosis. *Lancet*, 380, 1956-1965.

⁷ European Food Safety Authority and European Centre for Disease Prevention and Control, 2019. The European Union One Health 2018 Zoonoses Report. *EFSA Journal*, <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2019.5926>

salmonellosi, infezioni da *Escherichia coli*, trichinellosi, yersiniosi, ma anche febbre Q, rabbia, tularemia, infezione da virus del Nilo occidentale (WNV) e tubercolosi (TB, dovuta a *Mycobacterium bovis* e *M. caprae*). Le zoonosi più frequenti in UE sono rispettivamente campilobatteriosi e salmonellosi, seguite dalle infezioni da *Escherichia coli* (STEC) che producono tossine Shiga nell'uomo sono la terza zoonosi più frequente. È aumentato il numero di casi di listeriosi e delle infezioni da virus del Nilo occidentale. In totale, i focolai documentati in Europa nel 2018 sono stati ben 5.146.

Tra tutte le malattie emergenti le **zoonosi di origine selvatica potrebbero rappresentare in futuro la più consistente minaccia per la salute della popolazione mondiale.**

Molte di queste potranno cambiare la loro pericolosità a seguito dei cambiamenti globali.

In questo documento, vedremo quindi come gli effetti diretti o indiretti del cambiamento climatico possono influenzare il rischio di diffusione e trasmissione di queste patologie, ipotizzandone i possibili risvolti per la salute umana.

MECCANISMI DI REGOLAZIONE

Ogni specie può vivere in maniera stabile in un dato territorio se, al suo interno, può trovare condizioni biologiche, ecologiche e fisico-chimiche idonee. Per esempio, una stella alpina non è in grado di sopravvivere al livello del mare (alle nostre latitudini) perché le condizioni climatiche e le caratteristiche del suolo non ne consentono la vita, così come noi esseri umani non siamo in grado di immergerci ad oltre 100 metri di profondità perché non saremmo in grado di resistere alla pressione.

Il riscaldamento climatico incide significativamente sulle caratteristiche fisiche dell'ambiente in cui le specie si trovano a vivere, sia in termini di variazioni di temperatura sia di disponibilità idrica e di altri fattori, influenzando il metabolismo, la riproduzione, la possibilità di sopravvivenza e, quindi, la distribuzione nel tempo e nello spazio. In un clima che si riscalda, per trovare condizioni adatte le specie capaci di movimento possono progressivamente spostarsi verso latitudini maggiori (verso nord nell'emisfero boreale, verso sud in quello australe) oppure verso quote più elevate in presenza di rilievi montuosi. Ma mentre alcune specie sono in grado di sopravvivere stabilmente e riprodursi in condizioni molto variegata, altre meno adattabili sono costrette a cercare nuovi areali. Per le specie migratrici, l'adattamento può avvenire anche modificando i tempi di permanenza nelle zone di nidificazione o di svernamento, con le prime che generalmente verranno raggiunte in anticipo e abbandonate più tardi, via via che le temperature medie crescono. Allo stesso modo, i periodi di riproduzione di piante e animali possono variare significativamente al variare delle temperature.

Il cambiamento climatico può avere un impatto significativo anche su quelle specie che ospitano patogeni (specie serbatoio) o che li trasportano (specie vettori), e pertanto sulla loro possibilità di infettare altre specie, incluso l'uomo.

Nel prossimo capitolo vedremo una serie di meccanismi indotti dal cambiamento climatico che possono aumentare l'insorgenza o la diffusione di zoonosi o altre patologie rilevanti per la salute umana.

MODIFICHE DELL'AREALE DELLE SPECIE SERBATOIO O DELLE SPECIE VETTORI

Come detto, la variazione del clima può creare condizioni favorevoli ad una specie in aree dove prima essa non era in grado di vivere stabilmente. In particolare, il riscaldamento climatico può favorire sia lo spostamento latitudinale dell'areale di una data specie, sia la sua espansione altitudinale. È sicuramente interessante analizzare qui di seguito alcuni casi che bene illustrano i trend in atto.

Il clima nelle regioni settentrionali sta cambiando più velocemente della media globale rendendo queste aree più esposte al rischio di malattie infettive sensibili al clima (*Climate Sensitive Infections*), rilevanti per gli animali selvatici e per l'uomo. Sono, infatti, state identificate 37 potenziali malattie infettive clima-sensibili per le regioni del Nord. Le malattie trasmesse da artropodi in particolare sono riconosciute come potenzialmente in grado di espandere la loro distribuzione verso le latitudini settentrionali⁸.

Modifiche dell'areale geografico e altitudinale di alcune specie vettori causate dal riscaldamento climatico sono state documentate in Europa per le zecche della specie *Ixodes ricinus*, vettore di patologie quali il **morbo di Lyme** e l'**encefalite mediata da zecche** (TBE); tali modifiche sono state associate a nuovi focolai e a una maggiore incidenza della TBE. In maniera simile, spostamenti verso nord sono stati osservati anche in Nord America per la zecca *Ixodes scapularis*, specie vettore di **morbo di Lyme** e **babesiosi**⁹. Quest'ultima è una malattia di crescente importanza per la salute pubblica. Recenti studi suggeriscono che il cambiamento climatico avrà un impatto forte sulla diffusione della specie vettore anche in futuro, aumentando la distribuzione della babesiosi umana¹⁰.

Simili trend sono stati osservati anche nelle regioni artiche di Europa e Russia, dove il cambiamento climatico è più marcato e dove il periodo di attività stagionale delle

⁸ Omazic *et al.*, 2019. Identifying climate-sensitive infectious diseases in animals and humans in Northern regions. *Acta Vet Scand*, 61, 53 <https://doi.org/10.1186/s13028-019-0490-0>

⁹ Mills *et al.*, 2010. Potential Influence of Climate Change on Vector-Borne and Zoonotic Diseases: A Review and Proposed Research Plan. *Environ Health Perspect*, 118, 1507-1514, <https://doi.org/10.1289/ehp.0901389>

¹⁰ Young *et al.*, 2019. Zoonotic Babesia: A scoping review of the global evidence. *PLoS ONE*, 14(12), e0226781. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226781>

zecche si è allungato¹¹. Tuttavia, i fattori che concorrono alla diffusione delle specie vettori e delle dinamiche di contagio sono molteplici e interagenti tra loro¹².

Gli hantavirus sono una famiglia di virus a RNA che possono essere trasmessi all'uomo per via zoonotica, causando malattie potenzialmente mortali per le persone come la **febbre emorragica con sindrome renale** (HFRS) e la **sindrome polmonare da hantavirus** (HPS). Negli Stati Uniti, il roditore *Sigmodon hispidus* rappresenta la specie serbatoio del Black Creek Canal hantavirus, noto per causare HPS, e di altri hantavirus. La distribuzione del roditore è limitata da fattori climatici, in particolare dalla temperatura minima. Proprio per questo, negli ultimi decenni la specie si è espansa sia verso nord sia verso quote più elevate, aumentando quindi le occasioni di trasmissione all'uomo.

La **dermatite da cercarie** (o dermatite del bagnante) è una reazione infiammatoria cutanea causata da larve di schistosoma, una famiglia di vermi piatti trematodi, i cui adulti vivono come parassiti in uccelli acquatici come gli anatidi. Le larve invece parassitano, come ospiti intermedi, molluschi gasteropodi di acqua dolce, ma nella fase successiva anziché infettare nuovamente uccelli e ricominciare il ciclo vitale, possono penetrare e svilupparsi anche nella cute umana o di altri mammiferi in cui dovessero imbattersi in acqua, causando gravi reazioni allergiche. Questa zoonosi è stata riportata come una delle malattie emergenti a livello globale in molte regioni lacustri, incluse Nord America e Europa, dove si sono registrati numerosi casi sia in Francia sia in Svezia. Il riscaldamento globale ha reso il clima in queste regioni particolarmente mite, il che ha reso superflua la migrazione di diverse popolazioni di uccelli acquatici. Gli uccelli sono diventati, dunque, stanziali per tutto l'anno, determinando l'aumento del numero di generazioni di parassita in ciascun anno, la densità di larve e, quindi, le infezioni all'uomo¹³.

Le **filariosi** sono parassitosi cardiopolmonari e sottocutanee causate da vermi nematodi, quali *Dirofilaria immitis* e *Dirofilaria repens*, che interessano in particolare cani e gatti in tutto il mondo, a cui vengono trasmessi tramite zanzare dei generi *Culex*, *Culiseta*, *Aedes*, *Anopheles* e *Coquilletidia*. Le filarie possono costituire un rischio anche per l'uomo, causando patologie emergenti in alcune aree del mondo. Purtroppo, il trend generale di riscaldamento globale sta estendendo la durata della stagione di attività e di trasmissione, così come sta favorendo l'espansione verso nord dell'infezione da *D. immitis* che, dall'area endemica in Pianura Padana, ha raggiunto le regioni alpine⁵.

Il **West Nile virus** è un flavivirus isolato per la prima volta in Uganda nel 1937 che attualmente ha raggiunto una distribuzione diffusa in tutto il mondo. Anch'esso

¹¹ Revich *et al.*, 2012. Climate change and zoonotic infections in the Russian Arctic. *International Journal of Circumpolar Health*, 71, 1, DOI: 10.3402/ijch.v71i0.18792

¹² Rizzoli *et al.*, 2019. Parasites and wildlife in a changing world: The vector-host-pathogen interaction as a learning case. *Parasites and wildlife*, 9, 394-401. <https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2019.05.011>

¹³ Mas-Coma *et al.*, 2008. Effects of climate change on animal and zoonotic helminthiasis. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.*, 27, 443-452.

trasmesso da zanzare, in particolare del genere *Culex*, vede in molte specie di uccelli selvatici il suo serbatoio naturale, ma è in grado di infettare anche anfibi, rettili e mammiferi, incluso il cavallo, dove risulta particolarmente patogeno, e l'uomo, sebbene in meno dell'1% causi danni neurologici, paralisi, coma o esiti letali. Per questo rappresenta un peso significativo per la salute, con centinaia di casi negli anni nella sola Europa, in particolare al sud, dove è giunto attraverso uccelli infetti dall'Africa. Condizioni climatiche più calde rendono più rapido il ciclo vitale delle zanzare, diminuendone la longevità ma facendone aumentare significativamente l'abbondanza primaverile in Europa meridionale e quella complessiva in Europa settentrionale: oltre ad estenderne la stagione di attività e quindi la probabilità di trasmissione all'uomo. Ma al contempo, anche le popolazioni sorgente di uccelli più adattate a climi miti ora hanno esteso i propri areali estivi verso nord, favorendo l'espansione del virus in zone che prima non erano affette^{14,15}.

L'areale della zanzara tigre (*Aedes albopictus*, *syn. Stegomyia albopicta*) appare in espansione in America, Europa e Cina a causa del cambiamento climatico, e con esso le patologie di cui è vettore, quali **Dengue** e **Chikungunya**¹⁶. Anche la zanzara *Aedes aegypti*, che può diffondere Dengue, Chikungunya, Zika e febbre gialla e altri agenti patogeni, favorita dall'agricoltura industriale, continua ad invadere gli habitat naturali degradati, promuovendo ulteriori zoonosi. I cambiamenti globali, uniti a questi fattori, favoriscono la sua espansione¹⁷.

In Nord America, la **peste bubbonica** (il cui batterio responsabile, *Yersinia pestis*, vede come serbatoio diverse specie di roditori) e la **tularemia** (anch'essa una grave zoonosi causata dal batterio *Francisella tularensis*, a sua volta ospitato da roditori e trasmesso da zecche o per ingestione di acqua o carni infette) sono gravi patologie zoonotiche. Gli studiosi che hanno valutato i pattern spaziali di trasmissione dagli anni '60 hanno osservato spostamenti verso nord degli areali compatibili con il cambiamento climatico in atto. Fortunatamente, tali espansioni sono ancora limitate, e in parte compensate da una riduzione del loro areale più meridionale¹⁸, ma recenti studi predicono la possibilità, correlata al cambiamento climatico, di espansione alle alte latitudini¹⁹.

¹⁴ Rizzoli *et al.*, 2019. Parasites and wildlife in a changing world: The vector-host- pathogen interaction as a learning case. *Parasites and wildlife*, 9, 394-401, <https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2019.05.011>

¹⁵ Greer *et al.*, 2008. Climate change and infectious diseases in North America: the road ahead. *Can Med Assoc J*, 178, 715-722, DOI: <https://doi.org/10.1503/cmaj.081325>

¹⁶ Franch & Holmes, 2020. An Ecosystems Perspective on Virus Evolution and Emergence. *Trends in Microbiol*, 28, 3, <https://doi.org/10.1016/j.tim.2019.10.010>

¹⁷ Wolfe *et al.*, 2007. Origins of major human infectious diseases. *Nature*, 447, 279-283, doi: 10.1038/nature05775

¹⁸ Nakazawa *et al.*, 2007. Climate Change Effects on Plague and Tularemia in the United States. *Vector-Borne and Zoonotic Dis*, 7, 529-540, <http://doi.org/10.1089/vbz.2007.0125>

¹⁹ Ma *et al.*, 2019. Potential for Hydroclimatically Driven Shifts in Infectious Disease Outbreaks: The Case of Tularemia in High-Latitude Regions. *Int J Environ Res Public Health*, 16, 3717, doi:10.3390/ijerph16193717

ALTERAZIONI NEL REGIME DELLE PRECIPITAZIONI E DELLE TEMPERATURE

Il cambiamento climatico, oltre ad alterare le temperature medie dell'atmosfera, della superficie terrestre e dei mari, modifica significativamente le precipitazioni e quindi la disponibilità idrica di un dato luogo in un dato momento, che a sua volta influenza le dinamiche della vegetazione e la capacità portante degli ecosistemi. A parità di quantità di pioggia che cade in un anno in un dato luogo, per le specie che vivono in quel territorio, cambia molto se esse sono concentrate prevalentemente in un'unica stagione o distribuite uniformemente in ciascun mese dell'anno. Anche dal punto di vista dei patogeni queste variazioni possono avere effetti significativi, alterandone le probabilità di sopravvivenza nell'ambiente e l'abbondanza delle specie serbatoio o vettori, e quindi la possibilità di diffusione dei patogeni. Anche in questo caso abbiamo voluto mettere in evidenza i tanti casi che meglio illustrano la connessione tra cambiamenti nel regime delle piogge e delle temperature e diffusione di malattie zoonotiche.

Le popolazioni di zanzare del genere *Aedes*, vettori di patologie quali la **febbre della Rift Valley** (RVF) in Africa orientale, aumentano drasticamente in periodi di precipitazioni elevate associate al periodo di oscillazione meridionale di El Nino (ENSO). Simili incrementi sono stati osservati in Sud America e Africa meridionale. Anche l'aumento di casi di **malaria** è stato associato a maggiori precipitazioni e temperature in Kenia²⁰, ma alcuni focolai sono comparsi nel 2018 anche in Uganda, Sudafrica e Ruanda. Sebbene la RVF non sia mai stata segnalata in Europa, l'emergere di una serie di virus africani trasmessi dalle zanzare al di fuori del continente suggerisce che a seguito del cambiamento climatico questa malattia potrebbe espandersi in Europa fino ad alte latitudini²¹.

In maniera simile, le maggiori precipitazioni causate da El Nino in Nord America nel 1997 hanno migliorato la qualità della vegetazione e di conseguenza consentito un aumento nelle popolazioni di topo cervino (*Peromyscus maniculatus*), un roditore della famiglia dei cricetidi, negli Stati Uniti del sudovest. Tale aumento ha preceduto quello di casi di **sindrome polmonare da hantavirus** (HSP) nei tre anni successivi, ricalcando i pattern osservati in Paraguay e Panama¹¹. Un'associazione tra precipitazioni e patologie enteriche è stata documentata anche per infezioni da *Escherichia coli*, che sono state particolarmente elevate, per esempio, a seguito delle precipitazioni eccezionali osservate in Ontario nel 2000²².

²⁰ Mills *et al.*, 2010. Potential Influence of Climate Change on Vector-Borne and Zoonotic Diseases: A Review and Proposed Research Plan. *Environ Health Perspect*, 118, 1507-1514, <https://doi.org/10.1289/ehp.0901389>

²¹ Simons *et al.*, 2019. Using species distribution models to predict potential hot-spots for Rift Valley Fever establishment in the United Kingdom. *PLoS ONE*, 14(12), e0225250. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0225250>

²² Greer *et al.*, 2008. Climate change and infectious diseases in North America: the road ahead. *Can Med Assoc J*, 178, 715-722, DOI: <https://doi.org/10.1503/cmaj.081325>

Molti funghi di rilevanza per la salute pubblica producono spore la cui persistenza nell'ambiente è regolata dal clima locale e dalle caratteristiche dei terreni. Le estati secche e le elevate precipitazioni invernali previste per il Nord America corrispondono alle condizioni ideali per la dispersione delle spore di *Blastomyces dermatitidis*, il fungo responsabile della **blastomicosi**, una patologia anche grave a carico della pelle, vasi sanguigni, polmoni e ossa²². Temperature più miti ed estati più lunghe contribuiscono anche a moltiplicare i cicli di replicazione di **parassiti**, come *Trichinella* ed *Echinococcus*, presenti in specie utilizzate nell'alimentazione umana, tipici di latitudini settentrionali, e con essi il loro carico infettante.

Lo scenario di cambiamento climatico in atto sta contribuendo anche all'emergenza di nuove e vecchie patologie virali come la **Chikungunya**, causata dal Chikungunya virus (CHIKV) diffuso da zanzare del genere *Aedes*, che si è rapidamente diffusa a livello globale a partire dal 2004, riemergendo in India dopo più di 30 anni, causando gravi epidemie in alcuni stati, favorita da condizioni termiche favorevoli e variazioni nel regime delle precipitazioni²³. Anche in Italia negli ultimi anni, a partire dal 2007, sono stati registrati diversi casi di questa patologia, oltre a casi di Dengue e Zika.

La temperatura e le precipitazioni sono i più importanti fattori abiotici che influenzano la prevalenza della **Dengue** in Brasile, così come i siti di riproduzione della zanzara vettore²⁴.

In alcune regioni, l'aumento delle temperature provoca un aumento della sporulazione delle oocisti e della distribuzione geografica degli ospiti per il **Toxoplasma gondii**, producendo tassi di infezione più elevati. L'aumento delle precipitazioni aumenta anche il tasso di infezione grazie alla maggiore sopravvivenza delle oocisti²⁵. Anche la **Zika**, una zoonosi mediata da zanzare esplosa in Sud America nel 2015, è stata dichiarata una emergenza sanitaria internazionale dall'Organizzazione Mondiale per la Sanità. Alcuni ricercatori hanno evidenziato che il rischio di trasmissione nel 2015 era stato il più elevato dal 1950, a causa delle temperature favorevoli che limitavano i tassi di mortalità delle zanzare e al contempo riducevano il loro periodo di incubazione²⁶.

Le mosche tse-tse, vettori della **tripanosomiasi**, rappresentano un grave rischio sanitario ed economico nell'Africa sub-Sahariana. In Tanzania, un gruppo di ricerca ha evidenziato una stretta correlazione tra prevalenza del tripanosoma e la temperatura ambientale, che favoriva l'abbondanza relativa delle mosche tse-tse²⁷. Per di più, le migrazioni umane causate dalla scarsità idrica possono ulteriormente favorire le

²³ Shil *et al.*, 2018. Rainfall and Chikungunya incidences in India during 2010-2014. *Virus Dis*, 29, 46-53, <https://doi.org/10.1007/s13337-018-0428-6>.

²⁴ Viana & Ignotti, 2013. A ocorrência da dengue e variações meteorológicas no Brasil: revisão sistemática. *Rev Bras Epidemiol*, 16 (2), <https://doi.org/10.1590/S1415-790X2013000200002>

²⁵ Yan *et al.*, 2016. Impact of environmental factors on the emergence, transmission and distribution of *Toxoplasma gondii*. *Parasites Vectors*, 9, 137, <https://doi.org/10.1186/s13071-016-1432-6>

²⁶ Caminade *et al.*, 2017. Global risk model for vector-borne transmission of Zika virus reveals the role of El Niño 2015. *PNAS*, 114, 119-124, <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1614303114>.

²⁷ Nnko *et al.*, 2017. Seasonal variation of tsetse fly species abundance and prevalence of trypanosomes in the Maasai Steppe, Tanzania. *J Vector Ecol*, 42, 24-33, <https://doi.org/10.1111/jvec.12236>.

infezioni, a causa dell'assembramento di persone nei pressi di siti di fornitura idrica dove le mosche si concentrano²⁸.

Sia la **febbre emorragica con sindrome renale** (HFRS) sia la **leptospirosi** sono infezioni trasmesse da roditori, influenzate dalla variabilità climatica. In Corea del Sud, si è visto che ad un aumento di 1°C nelle temperature minime corrispondeva un incremento del 17,8% dei casi di HFRS e del 22,7% di leptospirosi, favorita anche dall'aumento della radiazione solare²⁹.

Un ultimo esempio di come il cambiamento climatico che sta investendo anche gli oceani ponga un rischio per la salute umana viene infine dal **colera**, una malattia globale, responsabile di circa 3-5 milioni di casi e 100.000-120.000 morti ogni anno e in tragico aumento in tutto il mondo^{30,31,32}. Il suo agente causativo, il batterio *Vibrio cholerae*, è naturalmente presente nell'ambiente marino, in particolare negli ecosistemi costieri ed estuari. Questo batterio patogeno si attacca all'esoscheletro di piccoli crostacei, i copepodi. La sopravvivenza e la crescita di questi batteri si basano sulla dimensione delle popolazioni del plancton su cui risiedono e sono quindi influenzati dalle variabili ambientali come la temperatura superficiale del mare e la presenza di apporti di acqua dolce. Il cambiamento climatico e le inondazioni ne favoriscono la diffusione e lo sviluppo di epidemie³³.

Di particolare rilevanza sono un numero senza precedenti di infezioni di esseri umani che si sono verificate nei paesi del Nord Europa, associate a nuoto e balneazione nelle acque costiere^{34,35,36,37}. La maggior parte di questi casi sono stati segnalati durante ondate di calore (ad es. 1994, 1997, 2003, 2006, 2010), e si prevede che, con l'aumento del riscaldamento globale, tali eventi aumentino in frequenza e intensità. Un recente studio ha infatti dimostrato sperimentalmente come l'aumento della temperatura superficiale marina sia responsabile dell'aumento a lungo termine della concentrazione di *Vibrio* nell'oceano negli ultimi 54 anni, a sua volta associato a un recente aumento

²⁸ Mills *et al.*, 2010. Potential Influence of Climate Change on Vector-Borne and Zoonotic Diseases: A Review and Proposed Research Plan. *Environ Health Perspect*, 118, 1507-1514, <https://doi.org/10.1289/ehp.0901389>

²⁹ Joshi *et al.*, 2017. The influence of climatic factors on the development of hemorrhagic fever with renal syndrome and leptospirosis during the peak season in Korea: an ecologic study. *BMC Infect Dis*, 17, 406, <https://doi.org/10.1186/s12879-017-2506-6>

³⁰ WHO, 2015. Cholera: Fact Sheet No. 107. www.who.int/mediacentre/factsheets/fs107/en/

³¹ Pascual *et al.*, 2000. Cholera dynamics and El Niño-Southern oscillation. *Science*, 289(5485), 1766-1769.

³² Martinez-Urtaza *et al.*, 2010. Climate anomalies and the increasing risk of *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio vulnificus* illnesses. *Food Res Int*, 43(7), 1780-1790.

³³ Harvell *et al.*, 1999. Emerging Marine Diseases-Climate Links and Anthropogenic Factors. *Science*, 285, 1505-1510.

³⁴ Semenza *et al.*, 2012. Climate change impact assessment of food- and waterborne diseases. *Crit Rev Environ Sci Technol*, 42(8), 857-890.

³⁵ Frank *et al.*, 2006. *Vibrio vulnificus* wound infections after contact with the Baltic Sea, Germany. *Euro Surveill*, 11(8), E060817.1.

³⁶ Andersson *et al.*, 2006. Wound infections due to *Vibrio cholerae* in Sweden after swimming in the Baltic Sea, summer 2006. *Euro Surveill*, 11(8), E060803.2.

³⁷ Schets *et al.*, 2006. *Vibrio alginolyticus* infections in the Netherlands after swimming in the North Sea. *Euro Surveill*, 11(11), E061109.3

delle malattie ad esso correlate, che si verifica a un ritmo senza precedenti nel Nord Europa e lungo la costa atlantica degli Stati Uniti³⁸.

Il riscaldamento delle acque superficiali può inoltre favorire la coalescenza della cosiddetta **mucillagine marina**, grandi aggregati marini che rappresentano un habitat effimero ed estremo e che caratterizzano i sistemi acquatici con condizioni ambientali alterate. La mucillagine è in grado di intrappolare grandi quantità di una vasta gamma di organismi, dal fitoplancton allo zooplancton, ed è anche un deposito importante per procarioti, batteri e virus, che mostrano un fattore di concentrazione fino a 100 volte superiore rispetto all'acqua di mare circostante alla mucillagine³⁹, aumentando quindi la probabilità di contatto con **batteri patogeni** (di cui la presenza di *E. coli* è un comune indicatore) e la cui abbondanza è coerente con la comparsa di dermatite e altre sindromi associate a contatto umano con la mucillagine⁴⁰. I risultati di un recente studio suggeriscono che se il fenomeno della mucillagine continuerà ad aumentare in frequenza e durata nelle aree costiere del Mar Mediterraneo, esso potrebbe essere associato ad un aumento focolai di malattie causate dal potenziale rilascio di un grande numero di batteri patogeni dalla mucillagine⁴¹.

RILASCIO DI PATOGENI IN AREE PRECEDENTEMENTE GHIACCiate

Il riscaldamento globale può portare allo scongelamento di aree rimaste a lungo tempo ghiacciate o al ritiro dei ghiacci in aree che prima ne erano coperte. È il caso del **permafrost**, lo strato di suolo e rocce permanentemente ghiacciate delle regioni artiche, oppure l'arretramento dei ghiacciai alpini o dell'Antartide. Questi fenomeni hanno ingenerato, anche nell'opinione pubblica, paure riguardo al possibile rilascio di patogeni rimasti intrappolati nel ghiaccio per millenni, a cui il sistema immunitario della nostra specie potrebbe non essere più in grado di rispondere adeguatamente. Ma è davvero così? In effetti, sono pochi i casi studio che hanno investigato questa possibile relazione.

Tra questi, alcuni hanno studiato l'**antrace**, una infezione acuta che si manifesta comunemente in animali erbivori selvatici e domestici, ma che si può colpire anche l'uomo, causata dal batterio *Bacillus anthracis*, le cui spore possono sopravvivere nel permafrost per decine di anni. Epidemie del passato hanno lasciato le loro tracce in oltre 13.000 siti di sepoltura di animali infetti, come bovini e renne. Il riscaldamento dell'Artico russo a causa del cambiamento climatico, in particolare in regioni come la

³⁸ Vezzulli *et al.*, 2016. Climate influence on *Vibrio* and associated human diseases during the past half-century in the coastal North Atlantic. *PNAS*, 113(34), E5062-E5071.

³⁹ Danovaro *et al.*, 2009. Climate change and the potential spreading of marine mucilage and microbial pathogens in the Mediterranean Sea. *PLoS One*, 4, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0007006>

⁴⁰ Kokelj *et al.*, 1994. Skin damage caused by mucilaginous aggregates in the Adriatic sea. *Contact Dermatitis*, 31, 257-259.

⁴¹ Danovaro *et al.*, 2009. Climate change and the potential spreading of marine mucilage and microbial pathogens in the Mediterranean Sea. *PLoS One*, 4(9).

Yacutia, può accelerare lo scioglimento del permafrost anche in corrispondenza di siti di sepoltura, causando il rilascio delle spore sul suolo e sulla vegetazione circostante. Essa potrà poi essere consumata dagli erbivori, riaprendo il ciclo di contagio che potrà quindi raggiungere nuovamente l'uomo⁴².

Quattro nuove specie di **virus giganti** sono invece state scoperte negli ultimi anni a partire da campioni di permafrost risalenti al tardo Pleistocene (30.000 anni fa), alcuni dei quali ancora in grado di replicarsi se inoculati all'interno di cellule ospiti (come quella del protozoo *Acanthamoeba castellanii*). Sebbene non siano ancora conosciuti casi di infezione per la specie umana, questi studi confermano che altre antiche specie potranno riemergere in futuro dal permafrost o nel ghiaccio polare in via di scioglimento⁴³.

ALTRI MECCANISMI DI DIFFUSIONE DI ZONOSI

Sebbene i due tipi di relazioni tra cambiamento climatico e zoonosi che abbiamo visto sin qui siano quelli evidenziati dalla letteratura scientifica, è possibile ipotizzare diversi altri meccanismi di regolazione. Ogni specie in natura è connessa a moltissime altre, con cui instaura relazioni ecologiche di molteplici tipi (predazione, commensalismo, parassitismo, competizione, facilitazione, ecc.). Condizioni di stress causate dal cambiamento climatico o addirittura la perdita di una o più specie possono avere effetti significativi sugli equilibri di molte altre, patogeni inclusi, talvolta favorendone l'incremento. In alcuni casi, tuttavia, il cambiamento climatico può anche avere effetti localmente positivi sull'insorgenza di vecchie e nuove zoonosi.

Le specie del genere *Brucella* sono batteri responsabili della **brucellosi** che possono svilupparsi in diversi substrati e condizioni ambientali per lunghi periodi di tempo. In Iran, si è riscontrata una correlazione negativa significativa tra la temperatura media dell'aria e l'incidenza di brucellosi, risultata inferiore a temperature più elevate⁴⁴.

Più in generale, focolai isolati di zoonosi che necessitano della presenza continuativa delle specie ospiti e vettori potrebbero scomparire se, a causa del cambiamento climatico, alcune di esse fossero costrette a spostarsi e altre ne fossero impossibilitate. In questi casi, la zoonosi non potrebbe svilupparsi perché necessiterebbe della presenza contemporanea di tutte e tre le componenti (patogeno, ospite e vettore) nello stesso sito per un tempo sufficiente al completamento del ciclo di trasmissione²².

⁴² Revich *et al.*, 2012. Climate change and zoonotic infections in the Russian Arctic. *Int J Circumpolar Health*, 71, 1, DOI: 10.3402/ijch.v71i0.18792

⁴³ Legendre *et al.*, 2015. In-depth study of *Mollivirus sibericum* giant virus. *PNAS*, 112(38), E5327-E5335; DOI: 10.1073/pnas.1510795112

⁴⁴ Dadar *et al.*, 2020. A primary investigation of the relation between the incidence of brucellosis and climatic factors in Iran. *Microb Pathog*, 139, 103858, <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2019.103858>

Sicuramente, gli effetti del cambiamento climatico varieranno da regione a regione. La trasmissione della malaria potrà calare in aree di minori precipitazioni, che compenseranno quelle in cui si sta assistendo ad un suo incremento, in particolare in zone a quote più elevate e a causa dell'allungamento delle stagioni a rischio. Complessivamente, pertanto, si ritiene che, a causa del cambiamento climatico, aumenterà l'esposizione umana all'agente responsabile della malaria⁴⁵; questo anche in Europa e particolarmente nell'Europa meridionale e Mediterranea, anche per l'instaurarsi di condizioni favorevoli alla diffusione dei vettori⁴⁶.

Benché il cambiamento climatico possa quindi avere effetti localmente positivi in alcune aree, in generale i costi attesi supereranno di gran lunga i benefici⁴⁷.

ALTRI EFFETTI DEL CLIMA SULLA SALUTE UMANA

Il cambiamento climatico influisce sui determinanti sociali e ambientali della salute: aria pulita, acqua potabile sicura, cibo sufficiente e riparo sicuro. **Tra il 2030 e il 2050, si prevede che il cambiamento climatico causerà circa 250 000 morti supplementari all'anno**, dovute a malnutrizione, malaria, diarrea e stress da caldo, ma anche decessi dovuti al calore; lesioni e perdite di vite umane dovute a tempeste e inondazioni; l'insorgenza di malattie trasmesse da vettori e dall'acqua; l'esacerbazione delle malattie cardiovascolari e respiratorie a causa dell'inquinamento atmosferico; stress e traumi mentali dovuti a spostamenti forzati e perdita di mezzi di sussistenza e di proprietà. I **costi diretti dei danni alla salute** (escludendo cioè i costi in settori chiave per la salute come l'agricoltura, l'acqua e le strutture igienico-sanitarie), sono stimati tra i **2-4 miliardi di dollari all'anno entro il 2030**⁴⁸.

La comunità scientifica concorda sul fatto che esista una correlazione tra cambiamento climatico ed **eventi climatici estremi**⁴⁹, il 68% dei quali è stato reso più probabile o più intenso dal riscaldamento globale. Le ondate di calore rappresentano il 43% di tali eventi, le siccità costituiscono il 17% e le forti piogge o le inondazioni il 16%⁵⁰.

Tra i tanti effetti distruttivi, c'è anche il possibile deterioramento della qualità dell'acqua, e in alcune regioni anche la progressiva carenza di risorse idriche. Le precipitazioni sempre più variabili possono influire sull'approvvigionamento di acqua

⁴⁵ Haines *et al.*, 2008. Climate change and human health: impacts, vulnerability, and mitigation. *Lancet*, 367, 2101-2109.

⁴⁶ Hertig, 2019. Distribution of *Anopheles* vectors and potential malaria transmission stability in Europe and the Mediterranean area under future climate change. *Parasit Vectors*, 12, 18., <https://doi.org/10.1186/s13071-018-3278-6>

⁴⁷ <https://www.who.int/news-room/detail/05-12-2018-health-benefits-far-outweigh-the-costs-of-meeting-climate-change-goals>

⁴⁸ <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health>

⁴⁹ <https://sites.nationalacademies.org/BasedOnScience/climate-change-global-warming-is-contributing-to-extreme-weather-events/index.htm>

⁵⁰ <https://www.carbonbrief.org/mapped-how-climate-change-affects-extreme-weather-around-the-world>

potabile. La **mancaza di acqua sicura può compromettere l'igiene e aumentare il rischio di malattie diarroiche, che uccidono ogni anno oltre 500.000 bambini di età inferiore ai 5 anni**. In casi estremi, la scarsità d'acqua porta a siccità e carestia.

L'Europa settentrionale sta diventando molto più umida e le alluvioni invernali potrebbero diventare un fenomeno ricorrente. Le zone urbane, nelle quali vivono oggi 4 europei su 5, sono esposte a ondate di calore e alluvioni e all'innalzamento del livello dei mari, ma spesso non sono preparate per adattarsi al cambiamento climatico. Gli eventi meteorologici estremi possono non solo causare l'enorme diffusione di malattie attraverso l'aumento della crescita di vettori, agenti patogeni, virus e vie di trasmissione, come abbiamo visto, ma anche il collasso delle infrastrutture sanitarie pubbliche, la perdita di igiene e di servizi igienici, la carenza di acqua potabile e l'aumento della concentrazione di persone.

Infine, il caldo e la siccità - strettamente collegati al cambiamento climatico - svolgono un ruolo molto importante negli incendi che continuano a colpire molte parti del mondo. Il fumo degli incendi può coprire aree molto vaste, esponendo le persone a gas pericolosi e al particolato.

In un contesto di impatto così ampio e diffuso, non c'è da stupirsi che gli operatori sanitari abbiano assunto un ruolo di leadership nel chiedere che si affronti davvero e urgentemente la crisi climatica. Le associazioni mediche e degli operatori della salute del Regno Unito, per esempio, sono state tra le prime ad annunciare azioni di disinvestimento dai combustibili fossili dei propri fondi pensione, unendosi nella **UK Health Alliance on Climate Change**. In testa alle iniziative sono il direttore esecutivo e il direttore editoriale del prestigioso *British Medical Journal*⁵¹. Richard Horton, direttore di un'altra delle più prestigiose riviste mediche del mondo, *The Lancet*, ha addirittura pubblicamente incoraggiato⁵² tutti i professionisti della salute a impegnarsi in una **protesta non violenta** per affrontare il cambiamento climatico. I professionisti della salute non dimenticano, tra l'altro, che la decarbonizzazione non solo porterà vantaggi diretti nella prevenzione di aumenti esponenziali di malattie, morte e sofferenze a causa degli impatti del cambiamento climatico, ma indurrà anche molti co-benefici per numerose patologie di origine o concausa ambientale (per esempio, da inquinamento).

⁵¹ <https://www.bmj.com/content/368/bmj.m167>

⁵² <https://twitter.com/TheLancet/status/1204369232244412417?s=20>

FOCUS ITALIA

L'Italia ha appena attraversato il decennio più caldo della sua storia⁵³. Questo non solo ha comportato il crescente scioglimento dei nostri ghiacciai e minacce alla sopravvivenza di specie vegetali e animali, ma la crisi climatica in corso è certamente un rischio per la salute pubblica.

L'Italia è in uno dei Paesi più longevi in Europa. Con una speranza di vita di 83,1 anni nel 2017, l'Italia si colloca al secondo posto tra i Paesi dell'UE dopo la Spagna, con due anni in più rispetto alla media⁵⁴.

Il “**profilo italiano**” sul cambiamento climatico e il suo impatto sulla salute evidenzia come l'Italia, per la sua posizione geografica, per l'estensione longitudinale, le caratteristiche orografiche e idrografiche, la grande eterogeneità meteo-climatica, lo stato diffuso di inquinamento post-industriali, uniti alla vulnerabilità idro-geologica e sismica, sia **particolarmente a rischio**⁵⁵. In particolare, il cambiamento climatico sta causando nel nostro Paese un aumento degli eventi meteorologici estremi come ondate di calore, piogge intense e allagamenti costieri, una espansione di nuove specie di vettori di malattia, un peggioramento della qualità dell'aria e al rischio incendi aggravato dalla siccità.

Nel contesto internazionale dei paesi avanzati il nostro è il Paese che già oggi presenta il più alto rischio di mortalità aggiuntiva legato alle **ondate di calore** e all'aumento complessivo delle temperature⁵⁶. Secondo le stime recenti in Italia entro il 2100 i giorni di ondata di calore potrebbero aumentare drasticamente, passando dai 10 giorni del 1990 fino a 250 giorni all'anno, secondo lo scenario di maggiore aumento delle emissioni⁵⁷. Dal 1999 al 2018, l'Italia ha registrato 19.947 morti riconducibili agli **eventi meteorologici estremi**, risultando così il 26esimo Paese più colpito. Se si considera solo il 2018, l'Italia sale al 21esimo posto⁵⁸. Il rischio di mortalità per queste cause interessa, e interesserà, soprattutto le persone più anziane e malate, ma studi recenti hanno dimostrato una associazione anche tra eccesso di calore durante la gravidanza e rischio di natimortalità, spostando l'attenzione anche su queste fasce della popolazione⁵⁹.

⁵³ <https://www.cnr.it/it/nota-stampa/n-9151/con-il-2019-si-chiude-il-decennio-piu-caldo-di-sempre>

⁵⁴ https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/state/docs/2019_chp_it_italy.pdf

⁵⁵ WHO UNFCCC Climate and health country profile for Italy, <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/260380/WHO-FWC-PHE-EPE-15.52-eng.pdf;jsessionid=E7C4F7A194845595D437A6D920B4FB69?sequence=1>

⁵⁶ Michelozzi *et al.*, 2016. On the increase in mortality in Italy in 2015: analysis of seasonal mortality in the 32 municipalities included in the Surveillance system of daily mortality. *Epidemiol Prev*, 40(1), 22-28.

⁵⁷ WHO UNFCCC Climate and health country profile for Italy, <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/260380/WHO-FWC-PHE-EPE-15.52-eng.pdf;jsessionid=E7C4F7A194845595D437A6D920B4FB69?sequence=1>

⁵⁸ Global Climate Risk Index (CRI) 2020: Who Suffers Most from Extreme Weather Events? Weather-Related Loss Events in 2018 and 1999 to 2018; www.germanwatch.org/en/cri

⁵⁹ Toffol & Reali, 2017. Cambiamento climatico: effetto delle ondate di calore sulla natimortalità. *Quaderni ACP*, 24(6).

Le **malattie legate all'acqua clima-dipendenti**, trasmissibili e non, sono uno dei principali killer nel nostro Pianeta. Nel 2017 i quattro principali bacini idrografici italiani (Po, Adige, Tevere e Arno) hanno visto diminuire le portate medie annue di circa il 40% rispetto alla media del trentennio 1981-2010. Sempre lo scorso anno è stato richiesto lo stato di emergenza da 6 regioni su 20 per carenze idriche anche nel settore potabile, per effetto delle quali si sono verificate interruzioni e razionamenti della fornitura: aree e comunità storicamente mai interessate da scarsità di risorse idriche, sono state colpite da limitazioni di accesso all'acqua e ai servizi igienici, e diversi problemi di qualità dell'acqua per il consumo umano, con potenziali rischi sanitari.

Il cambiamento climatico rischia di far crescere anche in Italia i problemi della **sicurezza delle derrate alimentari**, ad oggi tipici prevalentemente ai paesi in via di sviluppo⁶⁰. Gli agenti patogeni enterici veicolati dall'acqua e dagli alimenti (come *Salmonella*, *Campylobacter*, *E. coli*, *Shigella*, ecc.) hanno un andamento stagionale che potrà essere modificato, e anche prolungato, dal cambiamento climatico in atto⁶¹. Il rischio di contaminazione degli alimenti da micotossine, fino a pochi anni fa pressoché trascurabile in Italia, sembra destinato ad aumentare: i modelli di previsione delle possibili contaminazioni delle colture di mais e di frumento in Europa da parte di aflatossina indicano l'Italia come uno dei paesi potenzialmente più a rischio⁶². Già il 2003 e il 2012, anni caratterizzati da stagioni con temperature superiori e piovosità inferiori alla media: in Italia sono avvenute gravi contaminazioni di queste due colture da aflatossine da parte dell'*A. flavus*⁶³.

Sempre in conseguenza del cambiamento climatico, nel nostro Paese si assiste anche alla ricomparsa o recrudescenza di **agenti infettivi** precedentemente endemici (tra i quali il poliovirus, presente in paesi limitrofi e il bacillo della tubercolosi) e all'arrivo di nuove malattie esotiche trasmissibili, come Dengue, Chikungunya⁶⁴, Zika, Febbre del Congo-Crimea (CCHF, *Crimean-Congo Hemorrhagic Fever*), West Nile disease⁶⁵. Negli ultimi anni in diverse regioni italiane si sono verificati focolai di Chikungunya e la presenza dei vettori di questi virus è ormai stabilmente segnalata in molte regioni del Mediterraneo⁶⁶. Un dato significativo è che la capacità di acquisire virus e trasmetterli ad un ospite suscettibile, per esempio i virus responsabili della febbre Dengue da parte della zanzara *Aedes albopictus*, è aumentata del 50% in quasi 40 anni. Questo vuol dire che l'idoneità climatica per il virus sta aumentando in Italia, quindi, se una zanzara infettata dal virus arriva nel nostro Paese troverà l'ambiente adatto per trasmettere la malattia⁶⁷. In alcune regioni dell'Italia

⁶⁰ Miraglia *et al.*, 2009. Climate change and food safety: An emerging issue with special focus on Europe. *Food Chem Toxicol*, 47, 1009-1102.

⁶¹ <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/260380/WHO-FWC-PHE-EPE-15.52-eng.pdf;jsessionid=E7C4F7A194845595D437A6D920B4FB69?sequence=1>

⁶² Battilani *et al.*, 2016. Aflatoxin B1 contamination in maize in Europe increases due to climate change. *Sci Rep*, 6, 24328.

⁶³ http://old.iss.it/binary/efsa/cont/Aflatossine_Brera.pdf

⁶⁴ Rezza *et al.*, 2007, Infection with Chikungunya Virus in Italy: an outbreak in a temperate region. *Lancet*, 370, 1840-1846.

⁶⁵ Toffol & Reali, 2018. Cambiamento climatico e salute in Italia: evidenze dal progetto Climate and Health Country Profile dell'Organizzazione Mondiale della Sanità. *Quaderni ACP*, 25(2).

⁶⁶ Reali, 2018. Cambiamenti climatici e malattie trasmesse da vettori. *Quaderni ACP*, 2, 51.

⁶⁷ Manica *et al.*, 2016. Spatial and Temporal Hot Spots of *Aedes albopictus* Abundance inside and outside a South European Metropolitan Area. *PLoS Negl Trop Dis*, 10(6), e0004758. doi:10.1371/journal.pntd.0004758

settentrionale sono stati registrati casi di encefalite virale da zecche (TBE, *Tick-Borne Encephalitis*) mai riscontrati prima in Italia. In varie regioni italiane si sono verificati numerosi casi di meningiti o encefaliti virali. In centro Italia, si è diffuso il poco conosciuto virus Toscana (TOSV), che prende il nome della regione in cui è stato isolato all'inizio degli anni '70, e viene trasmesso da 2 specie di pappataci (*Phlebotomus perniciosus* e il *P. perfiliewi*) ed è stato associato a casi di meningite e di meningoencefalite nell'uomo⁶⁸.

Gli effetti avversi del cambiamento climatico in atto incidono anche sulla **qualità dell'aria** (per esempio favorendo la stagnazione dell'atmosfera che impedisce agli inquinanti di disperdersi verso l'alto o determinano la formazione di inquinanti secondari, come l'ozono e le polveri fini), aggravando i livelli di inquinamento già troppo elevati, in particolare nei contesti urbani, e potrebbero portare anche a modifiche nella distribuzione della flora e fauna locali, con possibile degradazione della biodiversità. L'Italia ha ancora il triste primato in Europa di morti premature (45.600 nel 2016) da esposizione alle polveri sottili PM_{2.5} con una perdita economica di oltre 20 milioni di euro, che pone l'Italia all'11esimo posto al mondo⁶⁹.

Infine, a fronte di un aumento di 1°C, le **patologie psicologiche** di media entità, come depressione, stati di ansia, insonnia, paure, malesseri psichici generalizzati, salgono del 2%. L'aumentata probabilità di eventi catastrofici dovuti al clima (inondazioni, incendi, perdita progressiva di terra coltivabile, tra gli altri) potrebbe generare o esasperare situazioni di disagio psicologo la reazione di individui già fragili⁷⁰. Inoltre la progressiva riduzione di biodiversità animale e vegetale assieme alla variazione dei consueti parametri atmosferici stagionali fa percepire uno stato di disequilibrio che può indurre o almeno esacerbare condizioni patologiche anche lievi.

È quindi di tutta evidenza come nel nostro Paese siano necessarie, per preservare anche la salute umana, azioni specifiche di tutela ambientale, di prevenzione, politiche e strategie nazionali di mitigazione e di adattamento al cambiamento climatico in atto.

⁶⁸ <http://old.iss.it/emol/?lang=1&id=125&tipo=16>

⁶⁹ Watt *et al.*, 2018. The 2018 report of the Lancet Countdown on health and climate change: shaping the health of nations for centuries to come. *Lancet*, 392(10163), 2479-2514.

⁷⁰ Obradovich *et al.*, 2018. Empirical evidence of mental health risks posed by climate change. *PNAS*, 115(43), 10953-10958, DOI: 10.1073/pnas.1801528115

CONCLUSIONI

I cambiamenti del clima, degli habitat e della biodiversità stanno influenzando le componenti abiotiche e biotiche degli ecosistemi, mentre i cambiamenti sociali ed economici (come l'urbanizzazione, lo sviluppo di megalopoli e la circolazione delle persone e merci in un mondo globalizzato) offrono molteplici percorsi per la traslocazione e la diffusione di specie e malattie. Ulteriori fattori esterni facilitano sempre più le invasioni biologiche, che costituiscono una grave minaccia per la biodiversità e per gli ecosistemi a livello globale⁷¹.

Come abbiamo visto, numerosi zoonosi, così come molti altri rischi per la salute umana, sono fortemente influenzati dal cambiamento climatico indotto dall'uomo. Ci siamo soffermati sulle malattie infettive, ma in generale, il riscaldamento globale potrebbe rendere alcune aree del Pianeta inadatte e intollerabili per il nostro stesso fisico, per esempio interferendo ad esempio con i sistemi di termoregolazione sollecitati dall'aumento dei giorni di temperatura estrema⁷².

È sempre più evidente come la nostra salute e il nostro benessere dipendano strettamente da come ci rapportiamo al Pianeta che ci ospita, così come evidenziato da innumerevoli fonti scientifiche. Anche la specie umana è soggetta a grandi rischi come lo sono le altre specie viventi, il nostro destino non è avulso da quello degli ecosistemi, del clima, della complessa rete che sostiene la vita come si è sviluppata sino a oggi sul Pianeta. Contrastare il cambiamento climatico e conservare ecosistemi integri e in equilibrio è un approccio lungimirante, in grado di prevenire anche la diffusione di nuove epidemie, sia perché la biodiversità regola in modo naturale la presenza dei vettori di queste malattie, sia perché ecosistemi integri non permettono la diffusione di queste malattie negli organismi selvatici e conseguentemente la loro espansione nel contatto con l'uomo.

Mai come oggi abbiamo davanti l'opportunità e gli strumenti per affrontare in modo integrato la salute del Pianeta e quella umana, su solide basi scientifiche. Dopo un lungo periodo di benefici per la salute derivanti dall'industrializzazione e dall'uso dei combustibili fossili, da decenni cominciamo a vederne i limiti e i danni profondi e distruttivi a lungo termine; molte sono le nubi sul nostro futuro. Questa però è anche una formidabile occasione per ripensare l'economia e i nostri stili di vita alla radice, quella radice "eco" che poi è la nostra casa comune, il Pianeta, cui tutti e tutte siamo ancorati. **A noi la scelta.**

⁷¹ Altizer *et al.*, 2013. Climate change and infectious diseases: from evidence to a predictive framework. *Science*, 341, 514-519. doi:10.1126/science.1239401

⁷² Rexford, 2020. Global warming threatens human thermoregulation and survival. *J Clin Invest*, 130(2), 559-561, <https://doi.org/10.1172/JCI135006>.

