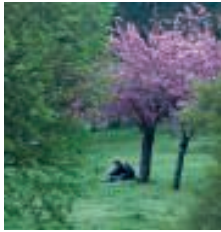




AMBIENTE E SALUTE
Prevenire in un mondo che cambia: determinanti di salute e strategie ambientali di adattamento



Gli effetti osservati da cambiamento e variabilità del clima impattano su qualità e disponibilità delle risorse naturali, biodiversità, stabilità del territorio, agendo inoltre come amplificatori di vulnerabilità ambientali preesistenti.

Introduzione

Gli effetti determinati da cambiamento e variabilità del clima (Figura 6.1) impattano su qualità e disponibilità delle risorse naturali, biodiversità e stabilità del territorio, agendo, inoltre, come amplificatori di vulnerabilità ambientali preesistenti. È in atto un cambiamento, che non è solo meteoclimatico, che sta determinando condizioni di rischio per la salute e il benessere della popolazione e che, quindi, richiede un adeguamento degli attuali sistemi di prevenzione ambientali e sanitari, cioè un cambiamento nel modo di pianificare, organizzare e implementare le attività prevenzione e di sorveglianza, monitoraggio e risposta alle emergenze per contenere gli impatti negativi sulla popolazione esposta.

Aumento delle temperature medie globali:

- aumento delle temperature massime nelle giornate calde
- aumento delle temperature minime nelle giornate fredde
- aumento del numero annuale di giornate calde
- aumento in frequenza, durata e intensità delle ondate di calore

Cambiamenti gradualmente nelle precipitazioni:

- aumento in frequenza, durata e intensità dei periodi secchi e degli eventi siccitosi
- variazioni in durata, localizzazione e portata di piogge e nevicate

Aumento nella frequenza e nell'intensità degli eventi meteorologici estremi:

- aumento della frequenza annuale di venti di forte intensità, di piogge torrenziali, di onde anomale e di alluvioni, spesso associate a tempeste tropicali e tornado.

Maggiore variabilità meteorologica:

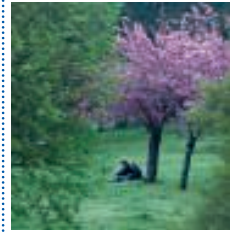
- maggiore instabilità degli schemi meteorologici stagionali
- variazione dell'inizio e della fine delle stagioni di coltivazione

Innalzamento del livello dei mari:

- inondazione degli insediamenti umani
- salinizzazione delle falde acquifere costiere

Figura 6.1: Effetti da cambiamento e variabilità del clima¹

¹ Fonte: Elaborazione ISPRA su dati FAO, 2007



È ormai noto che i rischi sanitari emergenti conseguenti ai cambiamenti climatici non si esauriscono solo nell'eccesso di mortalità o morbilità dovute alle ondate di calore, ma riguardano molteplici aspetti come, ad esempio, l'aumento del rischio di malattie infettive, siano esse veicolate da acqua, alimenti, insetti vettori, la tossicità delle acque di balneazione, la sicurezza chimica alimentare, le allergie. L'approccio proattivo di risposta a un mondo che cambia dovrà, quindi, prevedere la definizione e la messa a punto da parte dei sistemi di prevenzione di piani e programmi di adattamento. Questi dovranno integrarsi con i sistemi di allarme e di risposta al fine di ridurre le conseguenze negative dei cambiamenti climatici, sia attraverso strategie a breve termine indirizzate alle vulnerabilità dei sistemi – inclusa la revisione delle norme esistenti - sia attraverso quelle di media e lunga durata, ovvero una pianificazione che dovrà basarsi sulla caratterizzazione di pericolosità e rischio per l'ambiente, la salute e il benessere sostenibile. I dati osservati nelle ultime decadi permettono di concludere che anche l'Italia è colpita da cambiamento e variabilità meteorologica. Le serie storiche evidenziano un cambiamento dei *pattern* di temperatura (Figure 6.2 e 6.3) che contribuiscono all'aumento delle condizioni di rischio infettivo e allergico come meglio si dirà più avanti.

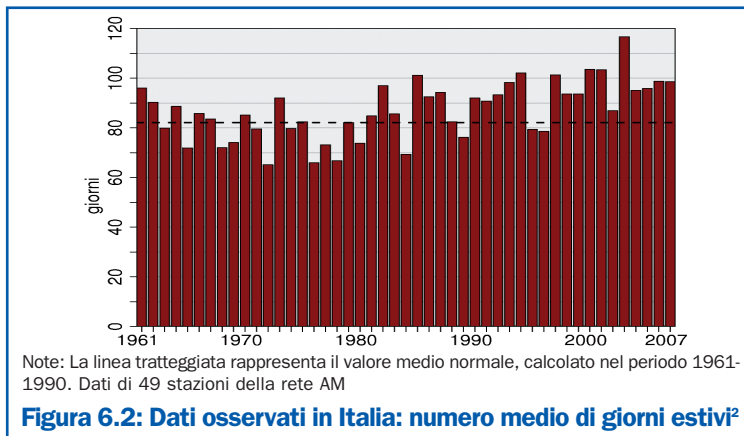


Figura 6.2: Dati osservati in Italia: numero medio di giorni estivi²

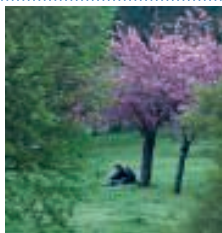
Anche il numero di giornate piovose su tutto il territorio nazionale sembra aver subito una riduzione statisticamente significativa, mentre

² Fonte: ISPRA - Annuario dei Dati Ambientali - Edizione 2008

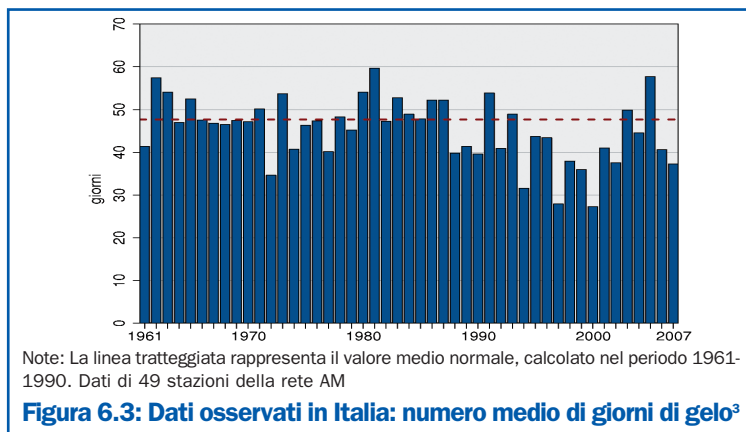
Gli impatti dei cambiamenti climatici impongono un atteggiamento proattivo, che comporta una riorganizzazione dei sistemi di prevenzione ambientale e sanitaria, sia dal punto di vista tecnologico sia operativo e sia organizzativo.

In Italia è stato osservato un aumento dei giorni estivi ($T > 25^{\circ}\text{C}$) nelle ultime decadi.

Sono cambiati anche i pattern di piovosità.



Diminuiscono di circa il 20% i giorni di gelo ($T \leq 0^\circ\text{C}$). Gli inverni e gli autunni sono quindi più miti.

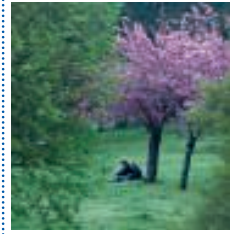


I risultati di un primo screening nazionale dei rischi per la salute dovuti ai cambiamenti climatici evidenziano condizioni di rischio emergenti.

contemporaneamente si è osservato un aumento dell'intensità delle precipitazioni nelle regioni settentrionali e meridionali. È, inoltre, ragionevole ritenere che l'Italia subirà un riscaldamento maggiore negli anni a venire: l'analisi degli scenari futuri porta a prevedere un aumento della frequenza delle giornate calde e torride e, contemporaneamente, una diminuzione del numero delle giornate di gelo. Si prevede, inoltre, un ulteriore aumento della temperatura del mare. Questi scenari mostrano, tra l'altro, anche una probabile diminuzione delle precipitazioni invernali nella regione mediterranea e nell'Italia settentrionale, unitamente a un aumento della frequenza delle precipitazioni estreme. Un primo *screening* delle condizioni meteo climatiche e ambientali di rischio emergenti per la salute in Italia è stato effettuato nello studio condotto da APAT (ora ISPRA) in collaborazione con l'Organizzazione Mondiale della Sanità (APAT-OMS 2007. "Cambiamenti Climatici ed Eventi Estremi: Rischi per la salute in Italia"). A seguito di questo *assessment* il Gruppo di Lavoro Ambiente e Salute di esperti nazionali⁴ di

³ Fonte: ISPRA - Annuario dei Dati Ambientali - Edizione 2008

⁴ WG Ambiente e Salute CNCC 2007: Bartolini G. (CIBIC - UNIFI); Bottoni P. (ISS); Braca G. (ISPRA); Bussetini M. (ISPRA); Carere M. (ISS); D'Aponte T. (Università di Napoli); De Maio F. (ISPRA); De Martino A. (Ministero Salute); Dell'Anno B. (MATTM); Fausto A.M. (Università della Tuscia); Funari E. (ISS); Majori G. (ISS); Mancini L. (ISS); Marcheggiani S. (ISS); Martinelli A. (ARPA Umbria); Menne B. (OMS); Miraglia M. (ISS); Morabito M. (CIBIC , UNIFI); Onorari M. (ARPA Toscana); Orlandini S. (CIBIC, UNIFI); Raineri W. (ARPA Liguria); Rieti S. (ISPRA); Romi R. (ISS); Scala D. (ARPA Toscana); Sinisi L. (ISPRA); Spizzichino D. (ISPRA); Tuscano J. (ISPRA); Wolf T. (OMS)



Sanità e Ambiente, istituitosi nell'ambito della Conferenza Nazionale sui Cambiamenti Climatici, ha elaborato alcune proposte operative *ad hoc* a supporto di strategie di adattamento ambientali finalizzate alla gestione dei rischi emergenti che sono riassunti in questo capitolo. Per una lettura più esaustiva si rimanda alla pubblicazione ISPRA⁵.

Rischi per la salute e l'adattamento della prevenzione ambientale: emergenti criticità e proposte operative

Influenza dei cambiamenti climatici sugli artropodi vettori e sulle malattie da essi trasmesse

A fronte dei cambiamenti meteo climatici, negli ultimi anni si è assistito all'espansione della distribuzione, non solo nei Paesi in via di sviluppo, ma anche in molti Paesi sviluppati, di molte specie di artropodi, potenziali vettori di malattie anche a causa della loro sensibilità alle condizioni ambientali.

Nello specifico:

- a) gli agenti infettivi e i loro vettori sono tipicamente sensibili alle condizioni ambientali in termini di sopravvivenza, riproduzione e moltiplicazione esponenziale del patogeno;
- b) gli insetti vettori, essendo organismi ectotermici (e quindi non in grado di regolare la propria temperatura), sono particolarmente sensibili alla temperatura esterna. Di conseguenza il loro ciclo biologico è strettamente regolato da fattori esterni (temperatura/umidità).

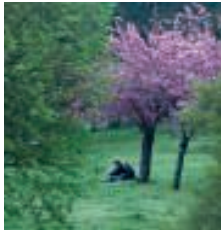
Oltre ai fattori meteo climatici, altre vulnerabilità ambientali influenzano la distribuzione vettoriale, come la distruzione degli *habitat*, l'uso del suolo, l'uso di antiparassitari, la perdita di predatori naturali.

La Zanzara Tigre. Diverse specie di Culicidi⁶ sono presenti stabilmente in Italia, tra queste l'*Aedes albopictus*, meglio conosciuta come zanzara tigre, è potenziale portatore di arbovirus, causa di

Le mutate condizioni dei pattern di temperatura media e umidità favoriscono la diffusione di artropodi, potenziali vettori di malattie virali, batteriche e parassitarie. Oltre ai fattori meteorologici, altre vulnerabilità influenzano la distribuzione vettoriale, come la distruzione degli habitat, l'uso del suolo, l'uso di antiparassitari, la perdita di predatori naturali.

⁵“Cambiamenti Climatici, salute e strategie di adattamento: criticità e proposte operative”, ISPRA in pubblicazione

⁶ *Culex Pipiens* e *Aedes aegypti*. Quest'ultima, attualmente non è stanziale nel bacino del Mediterraneo, potrebbe tuttavia essere reintrodotta nell'Europa meridionale nei prossimi anni a causa dei cambiamenti meteo climatici in atto



Nel mese di agosto 2007 in Emilia Romagna si sono verificati oltre 200 casi di arbovirus da Chikungunya, un virus trasmesso dalla zanzara tigre.

Flebotomi e leishmaniosi.

malattie virali (Bluetongue, West Nile, Chikungunya, Dengue).

La zanzara tigre è stata introdotta in Italia a partire dai primi anni '90 e al momento è solidamente attecchita sul territorio. La sua rilevanza sanitaria è dovuta al fatto che, potenzialmente, è in grado di diventare il vettore di oltre 20 tipi di arbovirus.

Nei suoi Paesi di origine, che vanno dalla Cina meridionale al Sudest asiatico all'Africa, il vettore è portatore di dengue (DEN), febbre gialla e encefalite giapponese.

Nel mese di agosto 2007 in Emilia Romagna, in particolare nella provincia di Ravenna, si sono verificati oltre 200 casi di arbovirus da Chikungunya, un virus della famiglia delle *Togaviridae* trasmesso dalla zanzara tigre, il cui bacino endemico si ritrova normalmente in diverse zone dell'Asia e dell'Africa.

Questa è stata la prima epidemia in Italia dovuta a un virus trasmesso da zanzara tigre.

In Italia, dove la specie è già presente fino alle regioni alpine⁷, la sua espansione verso nord ha già raggiunto un livello massimo. Al 2007, la zanzara tigre è stata osservata in molti Paesi europei quali Albania, Bosnia Erzegovina, Croazia, Grecia, Montenegro, Francia, Olanda, Serbia, Slovenia, Spagna, Svizzera⁸.

Negli ultimi anni la zanzara tigre è diventata anche "vettore competente" di altre malattie virali come la febbre del Nilo occidentale (alcuni casi sono stati recentemente osservati in Italia) e la dengue.

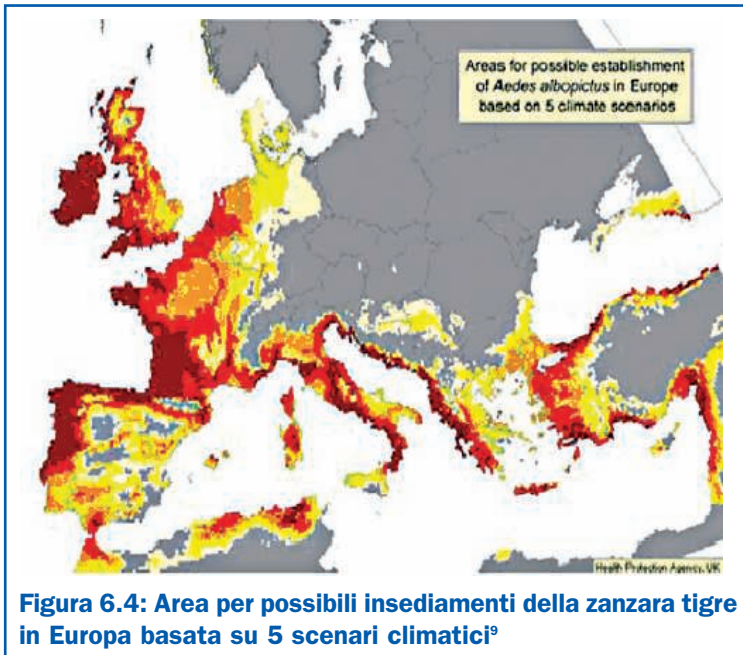
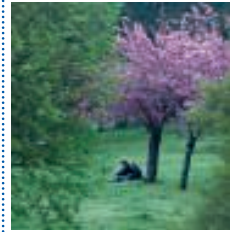
I maggiori determinanti meteorologici per il suo insediamento sono la diminuzione media di temperature fredde (inverni e autunni più miti), quantità e frequenza di precipitazioni e durata delle ore di luce. Nella Figura 6.4 vengono descritti gli insediamenti di zanzara tigre associata a 5 diversi scenari meteorologici.

Pappataci (Flebotomi). La Leishmaniosi è una malattia infettiva causata dal protozoo parassita *Leishmania infantum* che è trasmessa agli esseri umani attraverso il morso di un pappatacio

⁷ Romi R. (2001a), *Aedes albopictus* in Italy: an underestimated health problem. Ann. Ist. Super. Sanità, 37(2): 241-247

⁸ European Center for Disease Prevention and Control (ECDC) Meeting Report I Paris, 22 October 2007

Consultation on vector-related risk for chikungunya virus transmission in Europe



L'aumento futuro della distribuzione della zanzara tigre in Europa è condizionato da scenari meteoroclimatici (temperatura e piovosità).

(flebotomo) femmina infetta. La temperatura influenza l'attività del vettore e la maturazione del protozoo parassita nel vettore¹⁰. In Italia, la malattia umana è presente in due forme: la leishmaniosi viscerale zoonotica e la leishmaniosi sporadica cutanea. L'incremento medio della temperatura atmosferica potrebbe essere in grado di favorire la diffusione della leishmaniosi zoonotica viscerale (ZVL)¹¹ e dei suoi vettori, i flebotomi¹², anche nelle

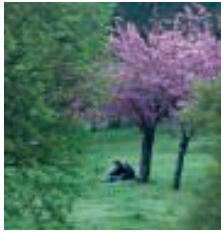
⁹ Fonte: ECDC, 2007

Note: Scenario 1 (giallo chiaro) = 450 mm annuali pioggia, -1°C gennaio isoteramico; Scenario 2 (giallo) = 500 mm - 0°C; Scenario 3 (arancione) = 600 mm - 1°C; Scenario 4 (rosso) = 700 mm - 2°C; Scenario 5 (marrone) = 800 mm - 3°C

¹⁰ Bates PA. *Interazione fly Leishmania sabbia: progressi e sfide*. Curr Opin Microbiol. 2008 Jul 11. [Epub ahead of print] PMID: 18625337. Bates PA. *Trasmisione di promastigotes Leishmania metacyclic dalla sabbia phlebotomine mosche*. Int J Parasitol. 2007; 37 (10) :1097-106

¹¹ Il più comune serbatoio è rappresentato dal cane, mentre il principale vettore è *Phlebotomus perniciosus*

¹² Ditteri ematofagi appartenenti alla famiglia Psychodidae, genere *Phlebotomus*



Secondo l'OMS, l'area di endemia della leishmaniosi si è espansa dal 1993. Attualmente risulta endemica in 88 Paesi dei cinque continenti.

Flebotomi e arbovirus.

Zecche.

regioni dell'Italia settentrionale fino ad ora non toccate (dove finora sono stati riportati solo casi sporadici di leishmaniosi canina), e di aumentare la sua incidenza nelle regioni dove già è presente in forma endemica. L'altra forma di leishmaniosi presente in Italia, leishmaniosi cutanea sporadica (SCL), è causata da specie dermatofitiche di *Leishmania infantum*.

Secondo l'OMS, l'area di endemia della leishmaniosi si è espansa dal 1993. Attualmente risulta endemica in 88 Paesi dei cinque continenti, con un totale di 12 milioni di malati e oltre 350 milioni di persone a rischio. Nell'area mediterranea si è assistito a un preoccupante aumento dei casi di leishmaniosi viscerale umana nel corso di tutti gli anni '90: secondo l'Istituto Superiore di Sanità, l'incidenza annuale era di circa 200 casi/anno nel 2000, mentre ad oggi si registrano mediamente oltre 500 casi/anno.

In Italia, i flebotomi sono anche vettori di arbovirus appartenenti al genere *Flebovirus* della famiglia dei *Bunyaviridae*¹³. Negli anni '70 e '80, in Italia sono stati isolati altri due flebovirus: il primo è il virus Toscana¹⁴, un agente di infezioni acute del sistema nervoso centrale (meningoencefaliti per lo più benigne). Questo virus è presente in almeno 3 regioni del centro Italia (Toscana, Marche e Abruzzo) e di esso sono state identificate più di 100 specie nel *Phlebotomus perfiliewi* e *Phlebotomus perniciosus*¹⁵. Il secondo è il virus Arbia, isolato in Toscana e nelle Marche dagli stessi vettori¹⁶, fino ad ora mai correlato a casi umani.

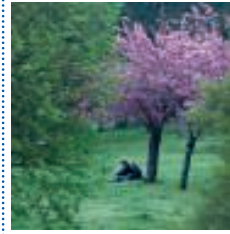
Artropodi non insetti (zecche). Molte sono le malattie che possono essere trasmesse anche da artropodi non insetti, quali le zecche. Tra esse, le *ixodidi* o zecche dure sono vettori di una

¹³ Nicoletti L., Ciufolini M.G., Verani P. (1996) *Sandfly fever viruses in Italy*. Arch. Virol. Suppl., 11: 41-47

¹⁴ Verani P., Lopes M.C., Nicoletti L., Balducci M. (1980), *Studies on Phlebotomus-transmitted viruses in Italy. I: Isolation and characterization of a sandfly fever Naples-like virus*. In: Vesenjak-Hirjan J, ed. Arboviruses in the Mediterranean Countries, Zbl Bakt.Suppl 9. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag; pp.195-201

¹⁵ Verani P., Ciufolini M.G., Nicoletti L. (1995), *Arbovirus surveillance in Italy*. Parasitologia, 37(2-3): 105-108

¹⁶ Verani P., Ciufolini M.G., Cacioli S., Renzi A., Nicoletti L., Sabatinelli G., Bartolozzi D., Volpi G., Amaducci L., Coluzzi M., Paci P., Balducci M. (1988), *Ecology of viruses isolated from sand flies in Italy and characterization of a new Phlebovirus (Arbia virus)*. Am. J. Trop. Med. Hyg., 38(2):433-439



grande varietà di agenti patogeni di infezione per il bestiame e per gli umani. Da questo punto di vista, le zecche di notevole importanza medica in Italia sono due: la zecca del cane, *Rhipicephalus sanguineus*¹⁷, e la zecca dei boschi, *Ixodes ricinus*¹⁸, detta anche zecca della pecora. L'incremento medio della temperatura potrebbe avere un differente impatto sia su questi due principali vettori sia sull'ampiezza degli agenti patogeni trasmessi. L'encefalite da morso di zecca o *Tick Borne Encephalitis* (TBE) è causata da un arbovirus della famiglia *Flaviviridae* ed è trasmessa dalle zecche (prevalentemente *Ixodes Ricinus*), che agiscono sia come vettori sia come serbatoi¹⁹. La TBE, in Italia, è presente nel Friuli Venezia Giulia, dove la regione ha già adottato un piano di vaccinazione per la popolazione a rischio, mentre è molto diffusa in Europa, anche se registra un minor numero di casi rispetto alla malattia di Lyme. La Borreliosi di Lyme è causata da infezione da spirochete batterica *Borrelia burgdorferi*, che si trasmette agli esseri umani da morso di zecche infette del genere *Ixodes*. L'infezione, di origine batterica, colpisce prevalentemente la pelle, le articolazioni, il sistema nervoso e gli organi interni. Può manifestarsi con sintomi talora gravi, persistenti e, se non viene curata, assume un decorso cronico. Le regioni italiane maggiormente interessate sono il Friuli Venezia Giulia, la Liguria, il Veneto, l'Emilia Romagna, il Trentino Alto Adige (provincia autonoma di Trento), mentre nelle regioni centro meridionali e nelle isole le segnalazioni sono sporadiche.

Una variazione verso temperature invernali più miti, causata dai cambiamenti climatici, può permettere l'espansione della borreliosi di Lyme nelle alte latitudini e altitudini. In Europa, la borreliosi di Lyme registra a oggi almeno 85.000 casi all'anno, e ha un'incidenza in aumento in molti Paesi come la Finlandia, Germania, Russia, Scozia, Slovenia e Svezia.

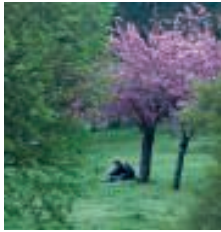
Nonostante non tutti i vettori sin qui elencati siano potenzialmente portatori di patogeni, cioè infetti, i dati epidemiologici comunque indicano un aumento del rischio. Il problema di salute pubblica legato alla diffusione di certe malattie infettive deve essere,

Una variazione verso temperature invernali più miti, causata dai cambiamenti climatici, può permettere l'espansione della borreliosi di Lyme nelle alte latitudini e altitudini.

¹⁷ Vettore della rickettsiae, in particolare di *Rickettsia conorii*, l'agente della febbre bottonosa

¹⁸ È vettore del virus TBE, che è l'agente della cosiddetta encefalite trasmessa dalla zecca, e della *Borrelia burgdorferi* s.l., che è l'agente della malattia di Lyme o borreliosi

¹⁹ Fonte: EECDC, 2009



Le misure di adattamento devono prevedere azioni ambientali ad hoc.

quindi, affrontato attraverso una sistematica attività preventiva ambientale, volta a controllare le popolazioni naturali degli artropodi vettori. L'espansione di tali popolazioni si inserisce in situazioni ambientali e sociali molto diverse (ambiente urbano, rurale, costiero, di palude, aree naturali protette, ecc.), che richiedono perciò conoscenze e approcci specifici. Risulta evidente come qualsiasi intervento volto a contenere le popolazioni di questi artropodi deve presupporre una dettagliata conoscenza delle problematiche ambientali peculiari in cui si inserisce, valutando gli impatti a breve e a lungo termine sugli organismi presenti e sulla biodiversità.

Perciò la gestione del problema degli artropodi vettori deve inserirsi in programmi di gestione, conservazione e salvaguardia degli equilibri ambientali e della biodiversità stessa, in armonia con le attività umane che vi si svolgono.

Le criticità maggiori per la gestione del problema sono riconducibili a:

- la conoscenza quantitativa georeferenziata delle specie e dei serbatoi ambientali d'infezione;
- l'efficacia di metodi biologici ecocompatibili del controllo del vettore.

Obiettivo prioritario per prevenire epidemie di malattie trasmesse da vettori, sia endemiche sia di nuova introduzione, è la valutazione del rischio legato alla diffusione di artropodi.

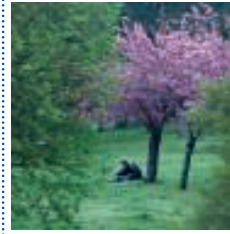
Il raggiungimento di questo primo obiettivo richiede:

- l'individuazione e la localizzazione delle popolazioni di artropodi vettori, sia autoctoni sia alloctoni, coinvolti nella trasmissione di plasmodi (zanzare anofeline), di leishmanie (flebotomi), di arbovirus (zanzara tigre e zecche), di filarie (zanzara tigre), di rickettsie e batteri (zecche);
- il monitoraggio nel tempo della dinamica delle popolazioni delle specie vettrici e dei possibili serbatoi, in relazione all'andamento degli eventi climatici.

La prevenzione ambientale

L'individuazione e la localizzazione delle popolazioni di artropodi vettori e il loro monitoraggio necessitano delle seguenti fasi di lavoro:

- determinazione della distribuzione e della densità dei focolai di



- sviluppo di artropodi di interesse sanitario presenti sul territorio, mediante catture con appropriati sistemi di trappolaggio (diversi a seconda delle specie di vettori prese in considerazione);
- caratterizzazione e mappatura mediante software GIS degli areali di distribuzione delle specie vettrici, in relazione all'epidemiologia delle malattie trasmesse;
 - individuazione del rischio di trasmissione dei patogeni veicolati da questi artropodi con la definizione delle aree a maggior rischio;
 - valutazioni dei parametri ambientali, climatici e antropici che potrebbero attivare le loro potenzialità come vettori di agenti patogeni per l'uomo;
 - costruzione di mappe di rischio sanitario territoriali che prevedano l'impatto di eventi climatici (alluvioni, carenza idrica, surriscaldamento) sulla demografia di popolazioni delle diverse specie di vettori. Tali mappe saranno realizzate sulla base di associazioni statistiche tra i dati inerenti la distribuzione e densità dei focolai con una serie di variabili ambientali e climatiche.

La mappatura dei focolai di sviluppo degli insetti potenziali vettori di agenti patogeni costituisce, quindi, uno strumento di prevenzione sia durante le fasi di emergenza, sia durante le fasi di previsione degli eventi nonché di pianificazione delle azioni da intraprendere.

Le azioni future previste si possono dividere in azioni a breve e a lungo termine.

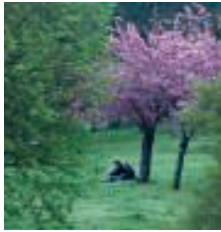
Le azioni a breve termine possono essere sintetizzate in:

- valutazione dell'esigenza di interventi nei diversi siti;
- valutazione delle strategie da attuare che tengano conto sia delle mappe di rischio, sia della salvaguardia dell'ambiente, della conservazione della biodiversità e dei fattori sociali;
- attuazione degli interventi mirati al contenimento delle popolazioni degli artropodi vettori mediante tecniche che tengano conto di tutte le informazioni precedentemente acquisite;
- verifica dell'efficacia degli interventi attuati;
- monitoraggio costante, nelle aree a rischio, delle popolazioni dei vettori presenti (per distribuzione e densità) nonché dei possibili patogeni.

Mentre le azioni a lungo termine prevedono:

- pianificazione delle strategie di controllo dei vettori nell'ambito di una gestione ambientale integrata;

La mappatura dei focolai di sviluppo degli insetti potenziali vettori di agenti patogeni costituisce, quindi, uno strumento di prevenzione, sia durante le fasi di emergenza, sia durante le fasi di previsione degli eventi, nonché di pianificazione delle azioni da intraprendere.



- formazione di operatori ambientali con competenze idonee da inserire in programmi di monitoraggio;
- programma di informazione dei gestori e della popolazione, con passaggio di tutte le informazioni acquisite e dell'elaborazione dei risultati a tutti gli Enti del territorio interessati e alla popolazione, attraverso azioni nelle scuole e/o allestimento di corsi di formazione opportunamente mirati.

Influenza dei cambiamenti climatici su qualità e disponibilità di acque e alimenti

Food security

Si parla di “*food security*” quando tutte le persone, in ogni momento, hanno accesso fisico o economico a cibo sufficiente, sicuro e nutriente, che incontri le loro necessità dietetiche e preferenze alimentari, per una vita attiva e sana²⁰. Perché questa si possa ritenere realizzata, devono essere soddisfatte tutte le sue quattro componenti, e cioè disponibilità, stabilità, accessibilità e utilizzo.

I significativi cambiamenti delle condizioni climatiche potranno colpire la sicurezza alimentare agendo a livello globale, nazionale e locale su tutte le componenti dei sistemi alimentari.

Gli eventi estremi più frequenti e più intensi, quali la siccità, l'aumento del livello dei mari e i modelli irregolari di piovosità stagionale, stanno già avendo impatti immediati sulla produzione di cibo, sulle infrastrutture di distribuzione alimentare, sull'incidenza delle emergenze alimentari, sulle risorse, sulle opportunità di sostentamento e sulla salute umana, sia nelle aree rurali sia urbane (Figura 6.5).

Gli impatti dei cambiamenti graduali delle temperature medie probabilmente includeranno:

- cambiamenti nell'idoneità dei terreni nei confronti dei diversi tipi di raccolti e di pascoli;
- cambiamenti nella salute e nella produttività delle foreste;

²⁰ FAO. *Climate Change And Food Security: A Framework Document*. Prepared by the Interdepartmental Working Group (IDWG) on Climate Change of FAO, 2007

EFFECTS OF CLIMATE CHANGE THAT ARE IMPORTANT FOR FOOD SECURITY

CO₂ FERTILIZATION EFFECTS

- Increase in availability of atmospheric carbon dioxide for plant growth

INCREASE IN GLOBAL MEAN TEMPERATURES

- Increase in maximum temperature on hot days
- Increase in minimum temperature on cold days
- Increase in annual occurrence of hot days
- Increase in frequency, duration and intensity of heat waves

GRADUAL CHANGES IN PRECIPITATION

- Increase in frequency, duration and intensity of dry spells and droughts
- Changes in timing, location and amounts of rain and snowfall

INCREASE IN FREQUENCY AND INTENSITY OF EXTREME WEATHER EVENTS

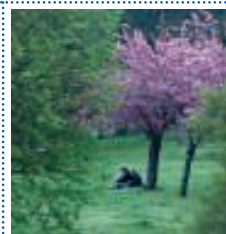
- Increase in annual occurrence of high winds, heavy rains, storm surges and flash floods, often associated with tropical storms and tornados

GREATER WEATHER VARIABILITY

- Greater instability in seasonal weather patterns
- Change in start and end of growing seasons

RISE IN SEA LEVEL

- Inundation of human habitats
- Saltwater intrusions



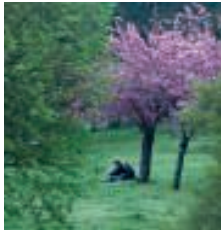
I cambiamenti climatici possono colpire la sicurezza alimentare agendo su tutte le componenti dei sistemi alimentari.

Gli eventi estremi più frequenti e più intensi, quali la siccità, l'aumento del livello dei mari e i modelli irregolari di piovosità stagionale, stanno già avendo impatti immediati sulla produzione di cibo, sulle infrastrutture di distribuzione alimentare, sull'incidenza delle emergenze alimentari, sulle risorse, sulle opportunità di sostentamento e sulla salute umana.

Figura 6.5: Effetti dei cambiamenti climatici che risultano importanti per la food security²¹

- cambiamenti nella distribuzione, nella produttività e nella composizione delle comunità delle risorse marine;
- cambiamenti nell'incidenza dei vettori responsabili di vari tipi di epidemie e malattie;
- perdita della biodiversità e della funzionalità ecosistemica degli habitat naturali;
- cambiamenti nella distribuzione di acqua di buona qualità per i raccolti, il bestiame e la produzione di pesce da allevamento;
- perdita di terreno arabile dovuta all'aumento dell'aridità e della associata salinità, dell'impoverimento delle risorse idriche sotterranee e dell'aumento del livello del mare;
- cambiamenti nelle opportunità di sostentamento;

²¹ Fonte: FAO, 2007

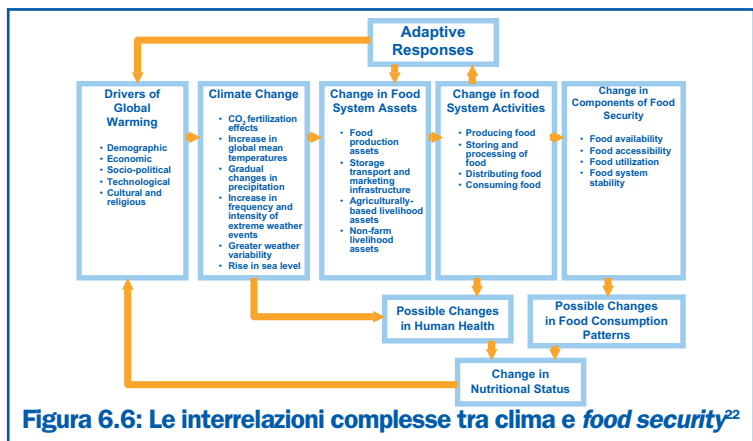


- cambiamenti nei rischi sanitari;
- migrazione della popolazione interna e internazionale.

I sistemi di sostentamento basati sull'agricoltura, già vulnerabili al rischio indotto dal cambiamento climatico, potranno sperimentare un aumento degli insuccessi dei raccolti, la perdita del bestiame e delle scorte di pesce, una maggiore scarsità di acqua e la distruzione delle risorse produttive. Ciò include i sistemi di coltivazione su piccola scala dipendenti dalle piogge, i sistemi basati sulla pastorizia, le comunità basate su pesca e/o acquicoltura (sia litoranee sia dell'entroterra) e i sistemi basati sulle risorse forestali.

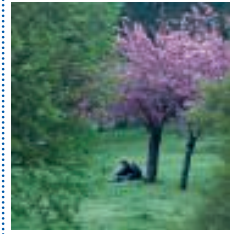
Le popolazioni rurali più a rischio sono quelle che occupano le zone costiere, le pianure alluvionali e i bassi delta dei fiumi, le montagne, le zone aride o artiche. Tra queste popolazioni probabilmente si aggraveranno le discriminazioni socio-economiche preesistenti, provocando un peggioramento nello *status* nutritivo per donne, bambini e anziani, nonché per malati e invalidi.

La catena causale attraverso cui la variabilità climatica e gli eventi estremi influenzano la nutrizione umana è complessa e coinvolge diversi fattori, quali la scarsità d'acqua del territorio, la salinizzazione dei terreni agricoli, la distruzione delle colture a causa di eventi alluvionali, l'interruzione della logistica a causa dei disastri, l'aumento del carico di infezioni delle piante e/o delle infestazioni.



Nelle regioni temperate, aumenti locali moderati della temperatura media (da 1 a 3°C), unitamente all'incremento associato di CO₂ e alle modifiche delle precipitazioni, potrebbero avere impatti benefici modesti sulle colture, compresi grano, mais e riso. Di contro, il riscaldamento e l'aumento della frequenza delle ondate

²² Fonte: FAO, 2007



di calore e di siccità nel Mediterraneo, a cui sarà legato un aumento dei pascoli semiaridi e aridi, provocheranno una riduzione della produttività del bestiame²³.

La catena causale attraverso cui la variabilità climatica e gli eventi estremi influenzano la nutrizione umana è complessa e coinvolge diversi fattori, quali la scarsità d'acqua del territorio, la salinizzazione dei terreni agricoli, la distruzione delle colture a causa di eventi alluvionali, l'interruzione della logistica a causa dei disastri, l'aumento del carico di infezioni delle piante e/o delle infestazioni²⁴. Le strategie di adattamento dovranno essere mirate per ogni fattore e correlate tra loro.

Food safety

La *food safety* è una disciplina scientifica che descrive il trattamento, la preparazione e la conservazione del cibo in maniera da prevenire le cosiddette “*foodborne diseases*”, ossia le malattie legate all'assunzione di alimenti. Queste possono essere causate o da agenti patogeni (virus, batteri, prioni) che contaminano gli alimenti, oppure da tossine presenti nell'ambiente.

I cambiamenti climatici, combinati al modo con cui vengono prodotti, distribuiti e consumati i cibi, possono potenzialmente influenzare le infezioni alimentari nel prossimo secolo.

Un'associazione statistica tra malattie e cambiamenti delle temperature a breve termine, suggerisce anche che le malattie veicolate dagli alimenti saranno influenzate dai cambiamenti a lungo termine del clima²⁵.

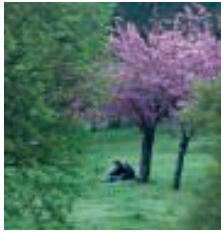
Casi di malattie veicolate dagli alimenti possono essere associate a eventi meteorologici estremi, poiché pioggia e inondazioni possono favorire la disseminazione di patogeni. Ad esempio, verdura e frutta fresche possono essere contaminate da patogeni

I cambiamenti climatici, combinati al modo con cui vengono prodotti, distribuiti e consumati i cibi, possono potenzialmente influenzare le infezioni alimentari nel prossimo secolo.

²³ APAT - WHO, 2007. *Cambiamenti Climatici ed Eventi Estremi: Rischi per la salute in Italia*

²⁴ IPCC, 2007: *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Parry, Martin L., Canziani, Osvaldo F., Palutikof, Jean P., van der Linden, Paul J., and Hanson, Clair E. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, 1000 pp

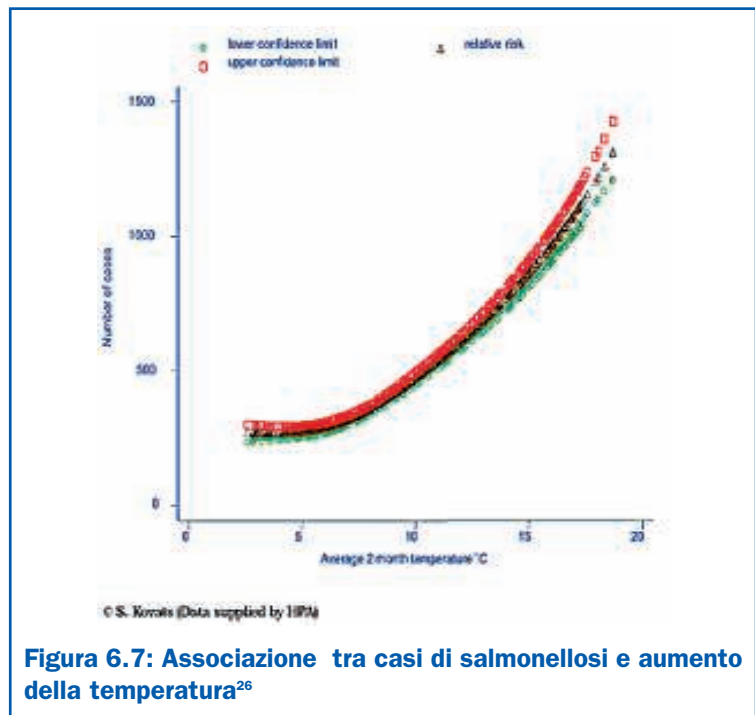
²⁵ Hall G.V., D'Souza R.M., Kirk M.D. (2002). *Foodborne disease in the new millennium: out of the frying pan and into the fire?* MJA, 177: 614-618



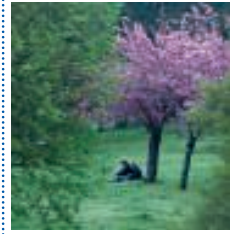
veicolati dall'acqua, come il protozoo *Cyclospora* e *Cryptosporidium spp.*, così come i frutti di mare possono essere contaminati da batteri e virus enterici che possono sopravvivere agli impianti di trattamento dell'acqua, specie a seguito di un iperafflusso contaminato come si verifica nelle alluvioni.

I casi di avvelenamento da cibo possono anche essere collegati a condizioni meteorologiche di caldo inatteso, che può accrescere la replicazione batterica. Ad esempio, si riportano casi di avvelenamento da cibo che sono risultati più alti durante estati insolitamente più calde, sia nel Regno Unito sia in Australia. In generale, i casi di salmonella aumentano del 5-10% per ogni aumento di 1 grado che si verifichi nelle temperature settimanali, per temperature medie al di sopra di 5 gradi circa (Figura 6.7).

I casi di salmonella aumentano del 5-10% per ogni aumento di 1 grado che si verifichi nelle temperature settimanali, per temperature medie al di sopra di 5 gradi circa.



²⁶ Fonte: *Health Effects of Climate Change in UK*, 2008



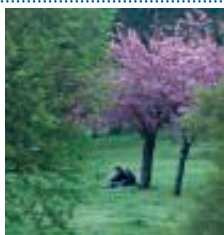
Circa un terzo della trasmissione di salmonellosi (frazione attribuibile di popolazione), in Inghilterra e Galles, Polonia, Paesi Bassi, la Repubblica Ceca, Svizzera e Spagna può essere attribuita alle influenze della temperatura. L'effetto della temperatura è più evidente nella settimana precedente alla malattia, evidenziando l'importanza che rivestono sia la preparazione inadeguata del cibo sia l'immagazzinamento al momento del consumo. Infatti la scarsa igiene, insieme al cattivo controllo della temperatura durante la produzione, la lavorazione, il trasporto, la preparazione e la conservazione dei cibi, possono interagire, permettendo la moltiplicazione dei patogeni. Epidemie da patogeni veicolati dalle acque sono state collegate a eventi meteorologici estremi, per i quali ci si aspetta un aumento della frequenza nelle prossime decadi. Inoltre, molti casi di gastroenteriti causate da patogeni veicolati da acqua e alimenti, soprattutto malattie causate da salmonella e *Campylobacter*, mostrano distinti modelli estivi di ricorrenza. Sebbene sia possibile che la stagionalità sia legata ai modelli comportamentali (ad es. fare i barbecue o andare a nuotare in estate), l'associazione tra temperature più calde e malattie evidenzia che i tassi di malattie veicolate da acque e alimenti aumentano con l'innalzamento delle temperature²⁷.

All'interno dello studio CASHh (*Climate Change and Adaptation Strategies for Human Health in Europe: Cambiamento climatico e strategie di adattamento per la salute umana in Europa*) sono stati intrapresi studi epidemiologici per descrivere e quantificare l'effetto della temperatura ambientale sulle malattie trasmesse dal cibo. I dati provenienti dai sistemi di sorveglianza di laboratorio di diversi Paesi europei hanno confermato la presenza di casi di salmonella (l'Italia non ha partecipato allo studio).

Funghi filamentosi microscopici possono svilupparsi su una grande varietà di piante e possono condurre alla produzione di sostanze chimiche altamente tossiche, comunemente indicate come micotossine²⁸. Le micotossine più diffuse e studiate sono i metaboliti di alcuni generi di muffa quali *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusa-*

²⁷ Greer A., Ng V., Fisman D. (2008). *Climate change and infectious diseases in North America: the road ahead. CMJA*, 178(6)

²⁸ Tossine provenienti da funghi e miceti possono produrre avvelenamento da micotossine, attraverso il consumo di cibi



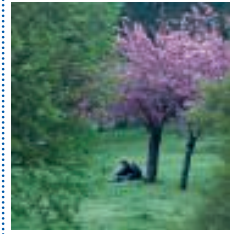
Per ora è possibile formulare solo previsioni, principalmente sulla base della conoscenza di condizioni ambientali chiave che favoriscono la produzione dei principali funghi e/o tossine.

Il cambiamento climatico può influenzare la capacità degli insetti di aggredire le piante, alterando la loro capacità di svernare, la loro distribuzione sulle terre coltivate e le varietà di insetti.

rium. La contaminazione dovuta a funghi può verificarsi in quasi tutti gli stadi della catena alimentare (raccolto, deposito e trasporto). La colonizzazione e la diffusione dei funghi sono favorite da condizioni ambientali e componenti nutrizionali, nonché da altri fattori quali attacchi di insetti o di infestanti. La biosintesi delle micotossine è influenzata da condizioni alquanto peculiari quali: il clima e l'ubicazione geografica delle piante coltivate, le pratiche di coltivazione, il deposito e il tipo di substrato.

Per ora è possibile formulare solo previsioni, principalmente sulla base della conoscenza di condizioni ambientali chiave che favoriscono la produzione dei principali funghi e/o tossine. Ad esempio, un aumento nella contaminazione da *Aspergillus flavus* potrebbe essere particolarmente rilevante per il mais, la principale coltura in Italia colpita da queste tossine. Infatti, nel 2003 è stato registrato, per l'alta temperatura e l'estrema siccità, un picco eccezionale della contaminazione da aflatossina nel mais. Tonnellate di mais sono state distrutte per la presenza di un livello inaccettabile delle tossine nel cibo e nei foraggi, e l'impatto sulla salute umana e animale è stato minimizzato solo grazie al rapido sistema di allerta delle autorità di controllo. L'*optimum* di temperatura per la formazione delle tossine è compreso tra 15 e 30 °C; la produzione di fumonisine è stata associata al clima secco durante il periodo di riempimento dei chicchi e alle piogge di tarda stagione, perciò la produzione delle tossine appare favorita dal cambiamento climatico atteso in Italia.

Il cambiamento climatico può influenzare la capacità degli insetti di aggredire le piante, alterando la loro capacità di svernare, la loro distribuzione sulle terre coltivate e le varietà di insetti. Gli esempi di interrelazione tra funghi/micotossine e attacco degli insetti sulle piante agricole sono pochi. Nelle mandorle e i pistacchi, l'alta contaminazione da aflatossine è associata al danno derivante dalle larve del verme delle arance della varietà Navel, mentre gli alti livelli di aflatossine nel mais sono quasi sempre associate a lesioni dovute a insetti, in modo particolare dal verme del grano europeo, l'*Ostrinia nubilalis* (piralide del mais). Anche il contatto tra cibo e specie infestanti, specialmente mosche, roditori e scarafaggi, è temperatura-sensibile. L'attività delle mosche è per lo più influenzata dalla temperatura piuttosto che



da fattori biotici. È probabile che nei paesi temperati, con il verificarsi di condizioni atmosferiche più calde e inverni più miti, aumenti la quantità di mosche e di altre specie infestanti durante i mesi estivi, con una precoce comparsa di infestanti in primavera. Anche le fioriture di alghe tossiche (*Harmful Algal Blooms*, HABs), con la conseguente produzione di tossine, possono causare patologie nell'uomo, principalmente tramite il consumo di molluschi/crostacei contaminati. Il riscaldamento delle acque del mare può perciò contribuire a incrementare i casi di molluschi o pesci di scogliera contaminati, e portare a un'espansione della distribuzione di patologie come la ciguatera, un'intossicazione alimentare dovuta alla ciguatossina (tossina prodotta in particolare dalla micro-alga *Gambierdiscus toxicus*).

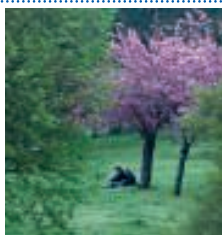
Vibrio parahaemolyticus e *Vibrio vulnificus* sono responsabili di infezioni non virali correlate al consumo di pesce negli USA, in Giappone e nel Sud-Est dell'Asia. La loro abbondanza dipende dalla salinità e dalla temperatura delle acque costiere. Nel 2004 si è verificata una grande epidemia dovuta al consumo di ostriche contaminate da *V. parahaemolyticus*, che è stata collegata alla presenza di temperature atipicamente alte nelle acque costiere dell'Alaska.

Non in ultimo va anche ricordata la sicurezza chimica di acque e alimenti che accompagnano i periodi prolungati di siccità: è attesa una maggiore concentrazione degli inquinanti chimici nell'acqua destinata al consumo umano (alla carenza di acqua segue un carente effetto di diluizione), inoltre sia l'aumento delle infestazioni vegetali sia della temperatura spingono a un maggior uso di pesticidi (la cui degradazione è accelerata dall'aumento di temperatura) e all'uso più frequente di nuove molecole di sintesi.

La rete dei controlli ambientali e la gestione della contaminazione biologica e chimica

La mitigazione di scenari di rischio per la salute da contaminazione di acqua e alimenti dovrà tener conto dei nuovi rischi emergenti e una strategia d'adattamento da un lato dovrà rivedere protocolli di controllo e monitoraggio ambientale, dall'altro promuovere azioni specifiche su diversi determinanti quali le pratiche agricole e la *performance* dei servizi idrici, cioè della gestione in sicurezza dell'approvvigionamento

L'adattamento da un lato dovrà rivedere protocolli di controllo e monitoraggio ambientale, dall'altro promuovere azioni specifiche su diversi determinanti quali le



pratiche agricole e la performance dell'approvvigionamento idrico, del trattamento delle acque e dei servizi fognari. Garantire il funzionamento delle strutture esistenti, eliminare le carenze di gestione di quelle inefficienti, programmare l'uso in sicurezza di nuove fonti di acqua in caso di siccità o indisponibilità di qualità accettabile, nelle emergenze alluvionali, sono le sfide tecnologiche e di management.

I cambiamenti climatici hanno determinato un anticipo della stagione pollinica primaverile nell'emisfero Nord. È quindi ragionevole ritenere che le malattie allergiche da pollini, come la rinite allergica, vedano una concomitante variazione di stagionalità.

idrico, del trattamento delle acque e dei servizi fognari. La loro *performance* è estremamente vulnerabile nei casi di alluvione, siccità e aumenti di temperatura e contribuisce al carico inquinante microbiologico e chimico di corpi idrici e suoli, potendo compromettere, anche le onerose politiche di gestione e tutela delle acque. Garantire il funzionamento ottimale delle strutture esistenti, eliminare le carenze di gestione di quelle inefficienti, programmare l'uso in sicurezza di nuove fonti di acqua in caso di siccità o indisponibilità di qualità accettabile, nelle emergenze alluvionali, sono sfide tecnologiche e di *management* che i cambiamenti climatici impongono. Sul tema, ISPRA presiede il gruppo di lavoro internazionale istituitosi nell'ambito della Task force "Extreme Weather Events"²⁹ a cui è stato affidato lo sviluppo di linee guida per il *management*, attraverso azioni integrate d'adattamento (operatori ambientali, servizi sanitari e gestori) dei nuovi rischi ambientali di rilievo per la tutela della salute correlate alle *performance* dei servizi idrici e fognari negli eventi meteorologici avversi. Le linee guida³⁰ sono già disponibili in un *draft* avanzato al sito http://www.unece.org/env/water/meetings/documents_TFEWE.htm

Cambiamenti climatici, pollini e spore fungine aerodispersi

I cambiamenti climatici incidono in maniera significativa sulla presenza dei pollini aerodispersi, come riportato nel quarto Rapporto dell'*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) WG II.

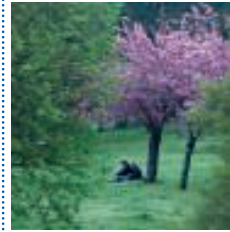
I cambiamenti climatici hanno determinato un anticipo della stagione pollinica primaverile nell'emisfero Nord³¹. È quindi ragionevole ritenere che le malattie allergiche da pollini, come la rinite allergica, vedano una concomitante variazione di stagionalità³². A fronte di una maggiore presenza di pollini per alcune specie, non è chiaro se sia cambiato anche il contenuto allergenico di questi pollini,

²⁹ La *task force* è stata istituita nel programma di lavoro 2007-2009 del Protocollo Acqua e Salute alla Convenzione ONU ECE sulle acque. Il nostro Ministero dell'ambiente detiene la *leadership*, la Presidenza della *task force* è stata affidata a ISPRA

³⁰ Linee Guida ONU-ECE Water Supply and Sanitation in Extremes

³¹ D'Amato G., Liccardi G., D'Amato M., Cazzola M. (2002). *Outdoor air pollution, climatic changes and allergic bronchial asthma*. Eur. Respir. J., 20: 763-776

³² Burr M.L., Emberlin J.C., Treu R., Cheng S., Pearce N.E. - ISAAC Phase One Study Group. (2003). *Pollen counts in relation to the prevalence of allergic rhinoconjunctivitis, asthma and atopic eczema in the International Study of Asthma and Allergies in Childhood* (ISAAC). Clin. Exp. Allergy, 33(12): 1675-1680



fenomeno che avrebbe di sicuro ricadute importanti sui soggetti esposti³³. Alcuni studi mostrano anche un aumento dell'esposizione a spore e batteri³⁴. Il verificarsi di modificazioni nella distribuzione spaziale delle specie naturali autoctone³⁵, così come l'introduzione di nuove specie allergeniche, aumentano la sensibilizzazione dei soggetti geneticamente predisposti. La comparsa di nuove piante invasive, come l'ambrosia, rappresenta un importante rischio di allergia per la popolazione che vive in parti del mondo dove si sono diffuse³⁶. Molti studi di laboratorio mostrano, ad esempio, che l'aumento sia di CO₂ sia della temperatura incrementano la produzione di polline di ambrosia e ne prolungano la stagione pollinica, e che aumentano anche alcuni metaboliti delle piante che possono avere impatto sfavorevole sulla salute³⁷.

Tali cambiamenti interessano in maniera particolare le specie a fioritura tardo-invernale e primaverile. Numerosi studi specifici hanno, infatti, evidenziato negli ultimi anni una progressiva anticipazione del periodo di fioritura di molte specie e famiglie vegetali allergeniche, quali *Betulla*³⁸, *Compositae*³⁹, *Urticaceae*⁴⁰, *Grami-*

³³ Beggs P.J. and Bambrick H.J. (2005), *Is the global rise of asthma an early impact of anthropogenic climate change?* Environ. Health Persp., 113: 915-919

³⁴ Harrison R.M., Jones A.M., Biggins P.D., Pomeroy N., Cox C.S., Kidd S.P., Hobman J.L., Brown N.L., Beswick A. (2005), *Climate factors influencing bacterial count in background air samples.* Int. J. Biometereol., 49: 167-178

³⁵ Cecchi. L., Morabito M., Domeneghetti M.P., Crisci A., Onorari M., Orlandini S. (2006), *Long-distance transport of ragweed pollen as potential cause of allergy in central Italy.* Ann. Allergy Asthma Immunol., 96(1); 86-91

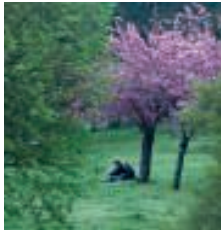
³⁶ Taramaraz P., Labelet B., Clot B., Keimer C., Hauser C. (2005), *Ragweed (Ambrosia) progression and its health risks: will Switzerland resist this invasion?* Swiss Med. Wkly., 135: 538-548

³⁷ Rogers C., Wayne P., Macklin E., et al (2006), *Interaction of the onset of spring and elevated atmospheric CO₂ on ragweed (Ambrosia artemisiifolia L.) pollen production.* Environ. Health Persp., 114:865-869. Mohan J.E., Ziska L.H., Schlesinger W.H., Thomas et al (2006), *Biomass and toxicity responses of poison ivy (Toxicodendron radicans) to elevated atmospheric CO₂.* Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 103: 9086-9089

³⁸ Van Vliet A.J.H., Overeem A., De Groot R.S., Jacobs A.F.G., Spijksma F.T.M., (2002), *The influence of temperature and climatic change on the timing of pollen release in the Netherlands.* Int. J. Climatol., 22: 1757-1767

³⁹ Stach A., Garcia-Mozo H., Prieto-Baena J.C., Czarnecka-Operacz M., Jenerowicz D., Silny W., Galan C. (2007), *Prevalence of Artemisia species pollinosis in western Poland: impact of climate change on aerobiological trends, 1995-2004.* J. Invest. Allergol. Clin. Immunol., 17(1): 39-47

⁴⁰ Frenguelli G., *Interactions between climatic changes and allergenic plants.* Monaldi Arch. Chest. Dis., 2002, 57(2): 141-143



*naceae*⁴¹, *Juniperus ashei*⁴² e *Cryptomeria japonica*⁴³.

Di elevato interesse sono anche gli studi che evidenziano aumenti sia della concentrazione sia della persistenza in atmosfera di spore fungine⁴⁴ (PTCP Ravenna, 2006). Alcune spore fungine (*Alternaria*, *Epicocco*, *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, ecc.) possono non solo causare manifestazioni allergiche, ma anche essere responsabili di patologie nei vegetali, rendendo necessari trattamenti chimici supplementari che aumentano il rischio di contaminazione di derrate e raccolti destinati al consumo umano. Inoltre, le spore fungine presenti in ambienti *outdoor* possono penetrare all'interno di ambienti confinati (*indoor*) e qui, per condizioni favorevoli di microclima (temperatura e umidità), possono proliferare durante tutto l'arco dell'anno.

I cambiamenti climatici potranno anche modificare la dispersione degli agenti patogeni delle piante (batteri, funghi e parassiti) e potranno inoltre rendere alcuni ospiti, in seguito al sopraggiunto stress, più suscettibili agli attacchi di nuovi patogeni.

In termini di carico di malattia, i pollini aerodispersi di alcune piante sono responsabili dell'insorgenza delle malattie allergiche, note come pollinosi⁴⁵, patologie che generano alti costi sociali sia diretti (spesa farmaceutica, spese per l'assistenza sanitaria, perdita di giornate lavorative, ecc.) sia indiretti (perdita di produttività del paziente e della famiglia, perdita di giornate scolastiche, ecc.). Si calcola che in Italia almeno il 7-8% della popolazione presenti manifestazioni cliniche di pollinosi. La pollinosi è più frequente nella seconda e terza decade di vita. Non sembrano esserci differenze significative tra i due sessi. È di frequente

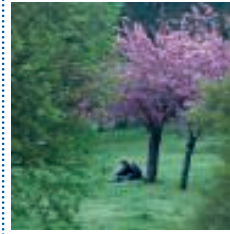
⁴¹ Burr M.L., Emberlin J.C., Treu R., Cheng S., Pearce N.E. - ISAAC Phase One Study Group. (2003). *Pollen counts in relation to the prevalence of allergic rhinoconjunctivitis, asthma and atopic eczema in the International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC)*. Clin. Exp. Allergy, 33(12): 1675-1680

⁴² Levetin E. (2001). *Effects of climate change on airborne pollen*. J. Allergy Clin. Immunol., S107:S172

⁴³ Teranishi H., Katoh T., Kenda Y., Hayashi S. (2006) *Global warming and the earlier start of the Japanese-cedar (Cryptomeria japonica) pollen season in Toyama, Japan*. Aerobiologia, 22(2): 90-94

⁴⁴ Ariano R., Bonifazi F. (2006). *Aerobiologia ed allergeni stagionali*. ECIG

⁴⁵ La pollinosi è la più classica delle allergopatie, comprende il complesso delle manifestazioni cliniche (oculari, nasali e bronchiali) che si presentano in soggetti divenuti sensibili ai pollini di determinate famiglie di erbe o alberi



riscontro una comorbilità rinite-asma (nel 40-80% dei pazienti con asma è presente rinite, il 20-40% dei rinitici soffre di asma), patologie queste sostenute da un comune processo infiammatorio delle vie aeree. I cambiamenti climatici influiscono anche sulla qualità dell'aria, modificandone la composizione (ozono, particolato, etc), e influenzando le interazioni possibili con i pollini e/o con le allergie⁴⁶. Le variazioni clima sensibili riconosciute in merito alla presenza di pollini e spore fungine, combinate alle variazioni sulla qualità dell'aria (in termini di ozono, altri gas e polveri), sono capaci di potenziare le influenze negative sulla funzionalità del sistema respiratorio e cardiocircolatorio.

È noto che l'inquinamento atmosferico, in particolare quello da traffico, e lo stile di vita occidentale sono responsabili dell'aumento dei disturbi allergici respiratori e dell'asma bronchiale: in effetti numerosi studi riportano una maggior incidenza delle allergie nella popolazione urbana rispetto a quella rurale⁴⁷.

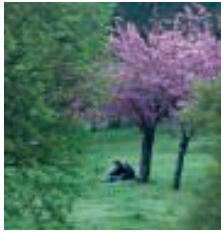
Studi sperimentali dimostrano come alcuni inquinanti interagiscono con gli allergeni che vengono inalati con i granuli pollinici, causando una maggiore sensibilizzazione nell'individuo allergico e una esacerbazione dei sintomi⁴⁸. Inoltre, l'esposizione a inquinanti sembra ridurre la *clearance* mucociliare, aumentare lo *stress* ossidativo e stimolare la produzione di citochine proinfiammatorie, favorendo l'inalazione degli allergeni⁴⁹. Nelle zone urbane del Mediterraneo infatti, oltre a esservi inquinanti come NO₂, PM₁₀ e PM_{2,5}, vi sono anche elevate concentrazioni di ozono (O₃), a sua volta irritante delle vie respiratorie. Elevate concentrazioni di tale inquinante sono infatti associate a un incremento degli attacchi di asma, in quanto l'ozono aumenta i livelli di cellule infiammatorie

⁴⁶ È noto il caso di Atlanta nei 17 giorni delle Olimpiadi del 1996 quando per il blocco del traffico si è avuta una significativa riduzione dei livelli di ozono e degli eventi asmatici nei bambini (Friedman et al., 2001)

⁴⁷ D'Amato G. (2000), *Urban air pollution and plant-derived respiratory allergy*. Clin. Exp. Allergy, 30: 628-636 14. Ishizaki T., Koizumi K., Ikemori R., Ishiyama Y., Kushibiki E. (1987) *Studies of prevalence of Japanese cedar pollinosis among residents in a densely cultivated area*. Ann. Allergy, 58: 265-270.

⁴⁸ Namork E., Johansen B.V., Løvik M. (2006), *Detection of allergens adsorbed to ambient air particles collected in four European cities*. Toxicol. Lett., 165(1): 71-78

⁴⁹ D'Amato G., Cecchi L., Bonini S., Nunes C., Annesi-Maesano I., Behrendt H., Liccardi G., Popov T., Van Cauwenberge P. (2007), *Allergenic pollen and pollen allergy in Europe*. Allergy, 62: 976-990



Diversi studi epidemiologici, svolti anche in Italia, dimostrano che la prevalenza delle malattie allergiche respiratorie è notevolmente aumentata in tutto il mondo nei decenni passati.

L'Italian Study in Young Adults ha riscontrato un forte legame tra clima e asma. Vi è un incremento della prevalenza di asma dove il range di temperatura è più piccolo e dove la temperatura media annuale è più alta.

e dei mediatori proinfiammatori nei soggetti asmatici⁵⁰. Diversi studi epidemiologici^{51, 52}, svolti anche in Italia, dimostrano che la prevalenza⁵³ delle malattie allergiche respiratorie è notevolmente aumentata in tutto il mondo nei decenni passati. Dagli studi condotti dall'*American College of Allergy* nel 2002 risulta che negli Stati Uniti il 15-20% della popolazione soffre di allergia, e che nella maggior parte dei casi i primi sintomi si riscontrano nell'età scolare. Anche in Europa più del 20% degli scolari soffre di allergia, e le manifestazioni cliniche più comuni sono le dermatiti atopiche, le riniti, la febbre da fieno, mentre l'asma deve essere considerata la manifestazione clinica principale per gravità, effetti a lungo termine e mortalità⁵⁴.

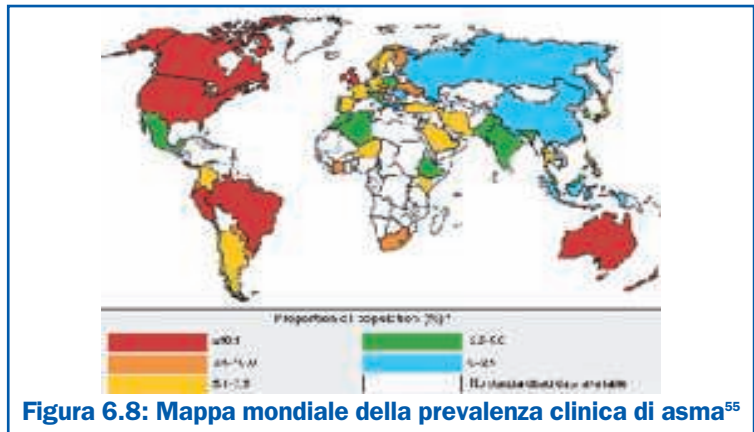


Figura 6.8: Mappa mondiale della prevalenza clinica di asma⁵⁵

⁵⁰ Bayram H., Sapsford R.J., Abdelaziz M.M., Khair O.A. (2001), *Effect of ozone and nitrogen dioxide on the release of proinflammatory mediators from bronchial epithelial cells on nonatopic, nonasthmatic subjects and atopic asthmatic patients in vitro*. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 107: 287-294

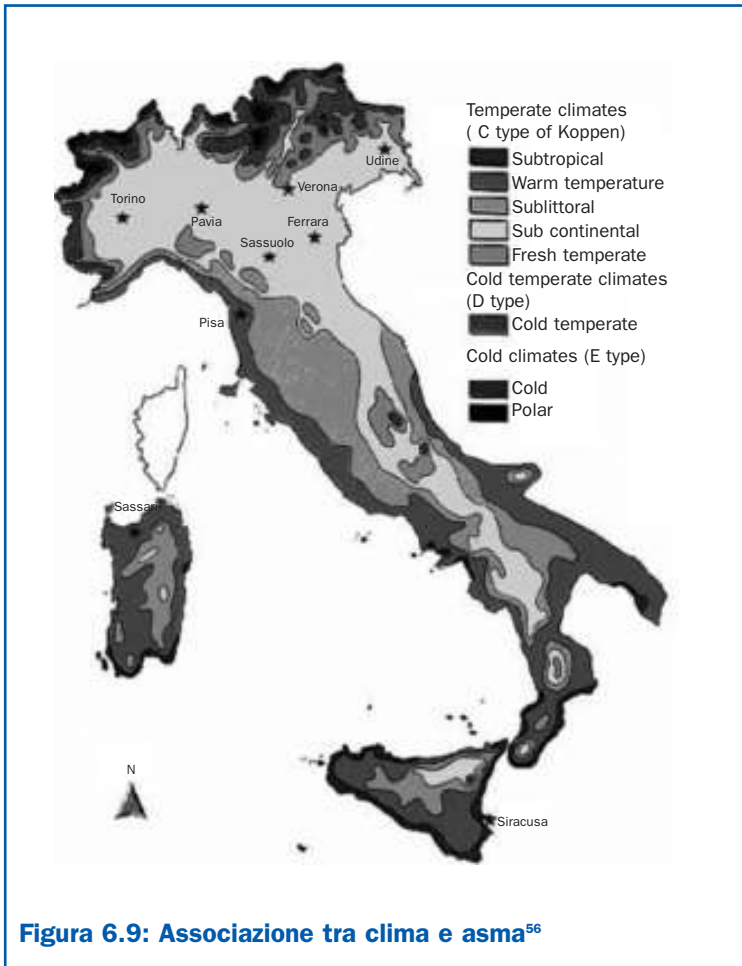
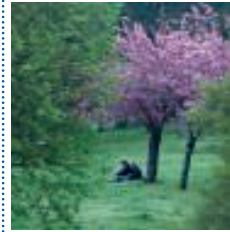
⁵¹ ECRHS (1996) *Variations in the prevalence of respiratory symptoms, self reported asthma attacks and use of asthma medication in the European Community Respiratory Health Survey (ECRHS)*. *Eur. Respir. J.*, 9(4): 687-695

⁵² ISAAC. (1998) *Worldwide variation in the prevalence of symptoms of asthma, allergic rhinoconjunctivitis and atopic eczema*. *Lancet*, 351: 1225-1232.

⁵³ Prevalenza: misura del numero di individui di una popolazione che, in un dato momento, presentano la malattia. Tale indicatore viene calcolato come rapporto tra il numero totale di casi di malattia e la popolazione a rischio

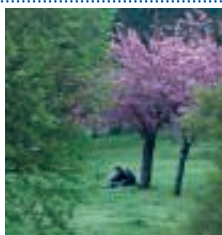
⁵⁴ Strachan D., Sibbald B., Weiland S et al (1997), *Worldwide variations in prevalence of symptoms of allergic rhinoconjunctivitis in children: the International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC)*. *Pediatr. Allergy Immunol.*, 8(4): 161-176.

⁵⁵ Fonte: Masoli M., Fabian D., Holth S., *Global Burden of Asthma*; GINA



L'allergia da pollini è stimata essere circa il 40% delle allergopatie, ma si differenzia da territorio a territorio, come mostra la tabella che segue:

⁵⁶ Fonte: Zanolin, E., Pattaro, C., Corsico, A. et al. *The Role of climate on the geographic variability of asthma, allergic rhinitis and respiratory symptoms: results from the Italian study of asthma in young adults*. Allergy, Vol. 59 (3)



L'allergia da pollini è stimata essere circa il 40% delle allergopatie, ma si differenzia da territorio a territorio. La diversa distribuzione territoriale delle piante che producono pollini può in parte spiegare le forti differenze di sensibilizzazione nelle diverse zone di Italia.

Le pollinosi risultano in aumento tra la popolazione europea.

Tabella 6.1: Prevalenze di pollinosi in Italia⁵⁷

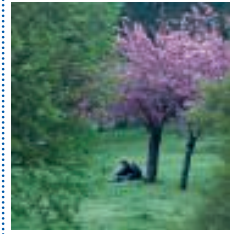
Polline	Nord	Centro	Sud, isole e Liguria
	% prevalenza		
Graminaceae	75	60	40
Urticaceae (parietaria)	30	40	60
Compositae (artemisia)	25	15	10
Ambrosia	30	7	2
Chenopodiaceae	1	2	14
Plantaginaceae (plantago)	4	4	9
Betulla	33	13	5
Ontano	36	8	7
Carpino	34	26	4
Nocciolo	34	16	4
Cupressaceae	9	28	20
Olea	5	10	25
Fagaceae	7	15	10

La diversa distribuzione territoriale delle piante che producono pollini può in parte spiegare le forti differenze di sensibilizzazione nelle diverse zone di Italia: sulla base di queste considerazioni si può affermare che le attese variazioni di areale delle specie allergeniche potranno anche determinare una variazione della prevalenza delle varie allergie. Le pollinosi risultano inoltre in aumento tra la popolazione europea, come emerge da numerose ricerche condotte negli ultimi anni^{56, 58}. Questo fenomeno può essere spiegato da fattori, fra cui una metodologia di diagnosi più accurata e un inserimento di nuovi allergeni nei pannelli diagnostici delle prove allergologiche eseguite di *routine*. Anche il miglioramento delle tecniche diagnostiche e le nuove evidenze scientifiche che hanno permesso solo recentemente di riconoscere come pollinosi alcune manifestazioni che precedentemente venivano attribuite a altre patologie, sono fenomeni che possono aver contribuito a identificare un sempre maggior numero di soggetti allergici: ad esempio, venti anni fa l'allergia al polline del cipresso era considerata una "pollinosi minore", mentre attual-

⁵⁷ Fonte: Elaborazione ISPRA su *Aerobiologia ed allergeni stagionali* Ariano e Bonifazi (2006)

Note: Prevalenza è la misura del numero di individui di una popolazione che, in un dato momento, presentano la malattia. Tale indicatore viene calcolato come rapporto tra il numero totale di casi di malattia e la popolazione a rischio

⁵⁸ D'Amato G., Spieksma F.T., Liccardi G., et al. (1998), *Pollen-related allergy in Europe*. *Allergy*, 53(6): 567-578



mente rappresenta la 3° causa di pollinosi nell'Italia centrale. Anche la sensibilizzazione alle spore fungine ha una discreta prevalenza nella popolazione allergica, sebbene con una certa variabilità da regione a regione. Uno studio europeo evidenzia una prevalenza media del 9,46% di positività per alternaria e cladosporium, con una variabilità che va dal 3% osservato in Portogallo al 20% osservato in Spagna; mentre in uno studio italiano condotto per alternaria, a fronte di una prevalenza globale del 10,5% si osserva una prevalenza variabile dall'1,8%, osservato a Torino, fino al 29,3% osservato a Cagliari⁵⁹.

L'importanza dei disturbi allergici da polline è collegata, come già descritto, alla durata e all'intensità della stagione dei pollini, alla frequenza e alla concentrazione raggiunta nei picchi, e alla quantità degli allergeni. In quest'ottica, le variazioni di temperatura e gli andamenti delle precipitazioni potrebbero alterare la durata e l'inizio della stagione di crescita delle piante impollinatrici: in media, la durata della stagione dei pollini in Europa si è allungata di 10–11 giorni negli ultimi 30 anni⁶⁰.

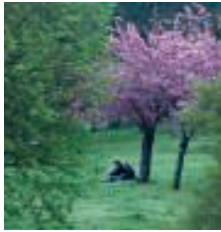
Molti studi dimostrano che l'anticipazione delle fioriture è legata al comportamento delle specie: infatti, le specie annuali anticipano la gemmazione più delle specie perenni, e quelle impollinate dagli insetti la anticipano più di quelle impollinate dal vento. In generale, l'inizio anticipato e il picco della stagione dei pollini sono più pronunciati nelle specie che fioriscono nei primi mesi dell'anno.

È stato evidenziato come i cambiamenti climatici possono facilitare la dispersione e la colonizzazione di specie di piante diverse in nuove aree geografiche⁶⁰. Innumerevoli studi sperimentali internazionali mostrano l'esistenza di legami fra cambiamenti climatici e processi fisiologici e biologici delle piante; tali legami si manifestano talvolta in maniera evidente con trasgressioni (migrazioni) di tali specie vegetali sia di altitudine sia di longitudine⁶⁰. In un lasso di tempo più esteso, infatti, i cambiamenti climatici possono facilitare la diffusione geografica di alcune specie di piante in nuove aree che diventano

L'importanza dei disturbi allergici da polline è collegata, come già descritto, alla durata e all'intensità della stagione dei pollini, alla frequenza e alla concentrazione raggiunta nei picchi, e alla quantità degli allergeni. In quest'ottica, le variazioni di temperatura e gli andamenti delle precipitazioni potrebbero alterare la durata e l'inizio della stagione di crescita delle piante impollinatrici.

⁵⁹ Corsico R., Cinti B., Feliziani V., et al (1998) *Prevalence of sensitization to Alternaria in allergic patients in Italy*. Ann. Allergy Asthma Immunol., 80(1): 71-76

⁶⁰ APAT – Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici. (2003). *Le relazioni tra cambiamenti del clima ed ecosistemi vegetali*. Rapporti APAT 32/2003. http://www.apat.gov.it/site/it-IT/APAT/Pubblicazioni/Rapporti/Documento/rapporti_2003_32.html



La variazione del regime dei venti può avere importanti conseguenze sui pollini aerodispersi e quindi sulla popolazione esposta. Il vento è infatti responsabile di fenomeni di trasporto a lunga distanza dei pollini, che possono così essere diffusi anche in regioni dove non vegetano le piante produttrici.

climaticamente adatte, ad esempio con uno spostamento delle specie boschive a maggiori altitudini e/o a latitudini settentrionali. Tali variazioni inducono la possibilità che si verifichino nuove allergie o che aumentino le sensibilizzazioni in aree geografiche diverse. Ad esempio, lo spostamento della coltivazione dell'olivo nelle regioni settentrionali potrebbe modificare nell'Italia del Nord la prevalenza della percentuale di sensibilizzazioni per il polline d'olivo stesso. Vi sono altri aspetti del cambiamento climatico, come ad esempio la variazione del regime dei venti, che potranno avere importanti conseguenze sui pollini aerodispersi e quindi sulla popolazione esposta. Il vento è infatti responsabile di fenomeni di trasporto a lunga distanza dei pollini, che possono così essere diffusi anche in regioni dove non vegetano le piante produttrici. Alcuni ricercatori sostengono che l'attesa variazione del regime dei venti, connessa al cambiamento climatico in atto, potrà avere importanti ripercussioni su questi fenomeni ed essere, in ultima analisi, causa di presenza di nuovi pollini (e di nuove manifestazioni allergiche) in molte regioni italiane⁶¹. Anche l'atteso aumento di eventi estremi quali i fenomeni temporaleschi potrà avere ripercussione sulle manifestazioni allergiche. I temporali infatti, in presenza di pollini e di spore in aria o anche depositati al suolo, sono stati riconosciuti responsabili di effetti allergici "epidemici" improvvisi, a seguito del rilascio di grandi quantità di particelle paucimicroniche allergeniche derivate dalla rottura di pollini e di spore fungine per shock osmotico. Il fenomeno, conosciuto come "thunderstorm asthma", è stato rilevato da diversi autori in alcune parti del mondo, tra cui Inghilterra⁶², Australia⁶³ e Italia⁶⁴.

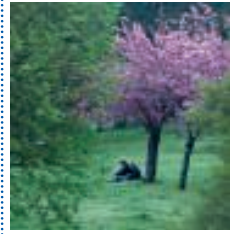
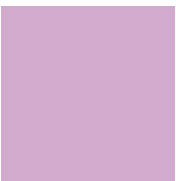
⁶¹ Cecchi L., Morabito M., Domeneghetti M.P., Crisci A., Onorari M., Orlandini S. (2006), *Long-distance transport of ragweed pollen as potential cause of allergy in central Italy*. Ann. Allergy Asthma Immunol., 96(1); 86-91.

Zauli D., Tiberio D., Grassi A., Ballardini G. (2006), *Ragweed pollen travels long distance*. Allergy Asthma Immunol., 97: 122-123

⁶² Davidson A.C., Emberlin J., Cook A.D., Venables K.M. (1996), *A major outbreak of asthma associated with a thunderstorm: experience of accident and emergency departments and patients characteristics*. BMJ, 312: 601-604

⁶³ Girgis S.T., Marks G.B., Downs S.H., Kolbe A., Car G.N., Paton R. (2000), *Thunderstorm-associated asthma in an inland town in southeastern Australia. Who is at risk?* Eur. Resp. J. 16: 3-8

⁶⁴ D'Amato G., Liccardi G., Viegi G., Baldacci S. (2005), *Thunderstorm-associated asthma in pollinosis patients*. BMJ, <http://bmj.bmjournals.com/cgi/eletters/309/6947/131/c>



Come detto precedentemente, gli effetti del cambiamento climatico in atto e, in particolare, l'aumento della temperatura, creano condizioni ottimali per la crescita e la diffusione aerea delle spore fungine, che si ritroveranno presenti in atmosfera per periodi più prolungati, aumentando il rischio di sensibilizzazioni nella popolazione e/o di malattie nella vegetazione.

La prevenzione ambientale: cosa sapere e cosa fare

Appare opportuno rafforzare le conoscenze locali, implementando il monitoraggio ambientale aerobiologico dei pollini integrandolo con il monitoraggio delle spore fungine. In genere, le vie per ottenere le informazioni necessarie sui pollini e sulle spore fungine aerodisperse in un territorio sono due:

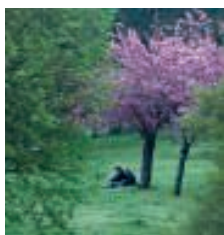
- il monitoraggio ambientale specifico (monitoraggio aerobiologico);
- il censimento/mappatura delle specie presenti, comprensiva della loro caratterizzazione in termini di requisiti significativi per la salute.

In Italia esiste un progetto di *Rete nazionale di monitoraggio dei pollini e delle spore fungine di interesse allergenico, agronomico ed ambientale* (RIMA) promosso da ISPRA e dalle ARPA – APPA in collaborazione con l'Associazione Italiana di Aerobiologia (AIA), che raccoglie i risultati del monitoraggio aerobiologico attuato in Italia, al fine di diffonderne le informazioni attraverso canali unici condivisi. Il monitoraggio però non copre adeguatamente il territorio nazionale e vede una ridotta rilevazione di spore⁶⁵. In questo senso occorre quindi ampliare tale rete di monitoraggio, sia mediante l'attivazione di stazioni di campionamento per pollini e spore fungine in punti strategici e prioritari individuati secondo caratteristiche specifiche (copertura vegetazionale, uso del territorio, fasce climatiche, aree urbane ecc.), sia mediante l'uso di modelli previsionali di diffusione delle particelle biologiche aerodisperse.

Tra l'altro, le informazioni sulle spore fungine aerodisperse ottenute grazie alla rete, oltre che per prevenire gli effetti sulla salute, sono utili anche per controllare le malattie crittogamiche, in modo da orientare in maniera specifica i trattamenti alle colture ottenendo così una migliore salvaguardia dell'ambiente (aria, terreno e falde

È opportuno rafforzare le conoscenze locali, implementando il monitoraggio ambientale aerobiologico dei pollini integrandolo con il monitoraggio delle spore fungine.

⁶⁵ Ad esempio nel sistema agenziale nazionale si hanno almeno otto Agenzie che rilevano pollini e alcune specie di spore fungine



acquifere), della salute degli addetti e di quella dei consumatori. Appare utile anche la definizione e la realizzazione di una mappatura del verde urbano in grado di offrire informazioni di interesse per la salute (nocività, allergenicità, sicurezza, ecc.) sulla vegetazione presente nelle aree pubbliche.

Anche le conoscenze degli operatori del settore, quali medici di famiglia, operatori del verde pubblico ecc., e della popolazione andrebbero accresciute mediante progetti di formazione e mediante la diffusione delle informazioni ricavate dalla gestione integrata delle reti di monitoraggio (diffusione dei dati durante i periodi stagionali critici per le pollinosi, attivazione di allarmi preventivi sulla presenza dei pollini combinati con le allerte relative agli inquinanti atmosferici, integrazione con previsioni aerobiologiche e meteorologiche locali).

Conclusioni

Rischi per la salute e cambiamenti climatici sono un capitolo noto nella letteratura scientifica e ampiamente riportato e documentato in vari documenti governativi nazionali e internazionali. La gestione dei rischi emergenti correlati ai nuovi scenari meteorologici può essere affrontata con responsabilità specifiche dei singoli settori incidenti sui determinanti ambientali di salute. Ma le azioni di adattamento devono essere comunque integrate tra loro, pena l'inefficacia delle misure adottate per contenerne i rischi e gli effetti negativi incompatibili con un sano sviluppo sostenibile.