



Fondazione IRCCS  
Policlinico San Matteo

Sistema Socio Sanitario



Regione  
Lombardia

# Cambiamento climatico e patogeni emergenti

Cristina Merla

SC Microbiologia e Virologia

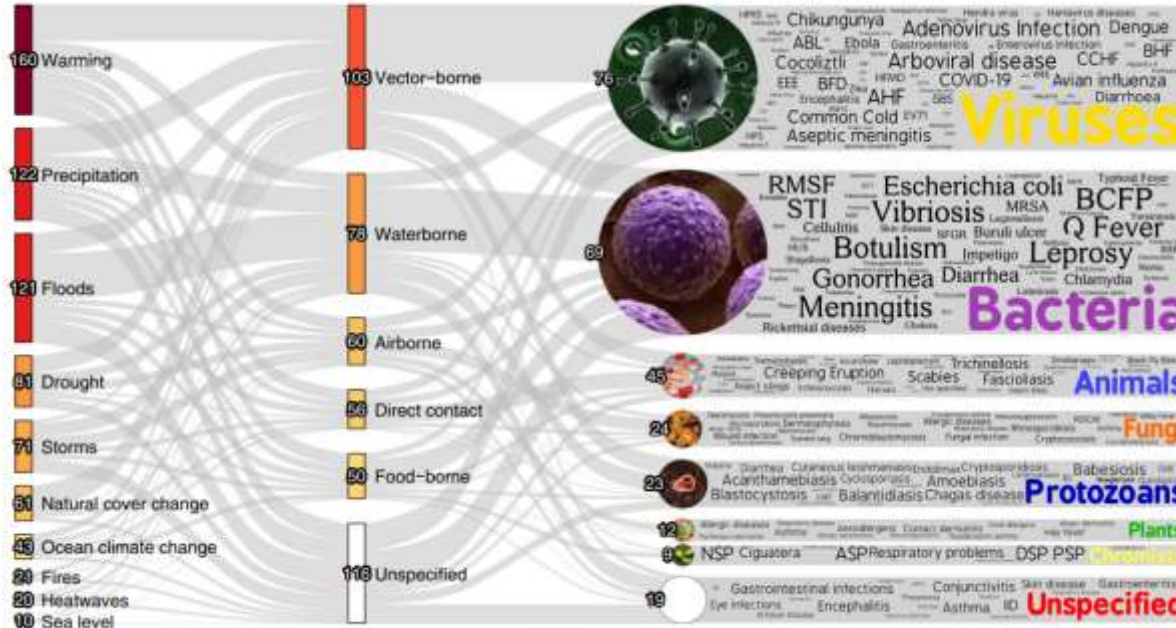
Fondazione IRCCS Policlinico San Matteo, Pavia



# Cambiamento climatico e patogeni: quale connessione?

*Il cambiamento climatico non è solo un problema ambientale, è la più grande minaccia per la salute globale del secolo.*"—

Organizzazione Mondiale della Sanità



## Over half of known human pathogenic diseases can be aggravated by climate change

Camilo Mora<sup>1,2</sup>, Tristan McKenzie<sup>2,3</sup>, Isabella M. Gaw<sup>4</sup>, Jacqueline M. Dean<sup>5</sup>, Hannah von Hammerstein<sup>1</sup>, Tabatha A. Knudson<sup>6</sup>, Renee O. Setter<sup>7</sup>, Charlotte Z. Smith<sup>8</sup>, Kira M. Webster<sup>1</sup>, Jonathan A. Patz<sup>9</sup> and Erik C. Franklin<sup>1,7</sup>

58% delle malattie infettive umane conosciute (218/375) aumentino di severità a causa di 1 o + eventi climatici (riscaldamento globale, precipitazioni, alluvioni, siccità, tempeste, innalzamento livello oceani, aumento temperature oceani...) 16% riduzione di severità



# Cambiamento climatico e cornee: quale connessione?

## 1. DONATORE

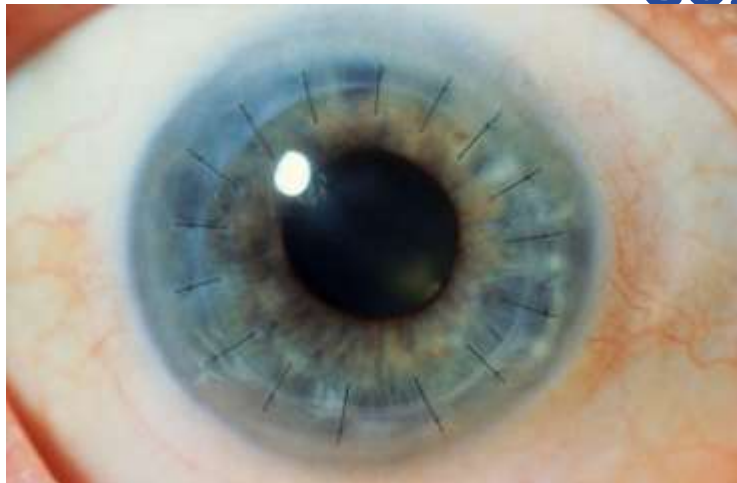
**AUMENTO TEMPERATURE MODIFICA AREALI DI VETTORI/VEICOLI:** Zanzare, pulci e zecche, roditori, uccelli e mammiferi trovano habitat favorevoli a nuove latitudini/altitudini, espandendo l'area geografica di contatto



Maggiore probabilità di infezioni inconsuete nel donatore → Maggiore attenzione alla selezione dei donatori



# Cambiamento climatico e cornee: quale connessione?



## 2. CONSERVAZIONE TESSUTI

CORNEA E' COLONIZZATA DA FLORA RESIDENTE

(sia in vivo sia post mortem)

+

CONTAMINAZIONE DA MICRORGANISMI AMBIENTALI

=

procedure specifiche

per la decontaminazione prima del prelievo dei tessuti  
per i controlli microbiologici durante la conservazione

Il cambiamento climatico (aumento temperature) aumenta il rischio di contaminazione delle cornee da parte di batteri/miceti residenti/ambientali

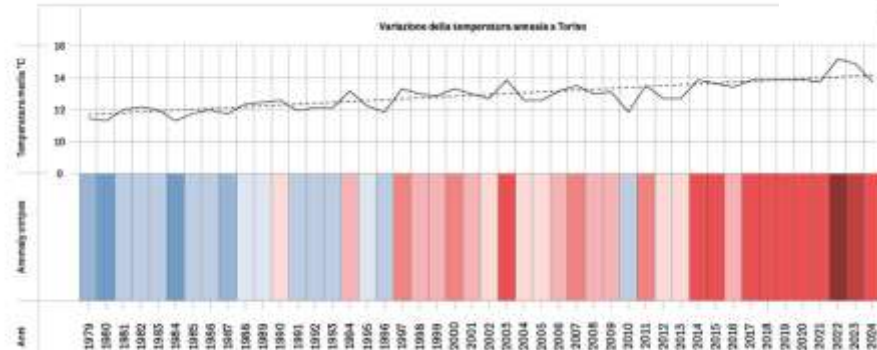
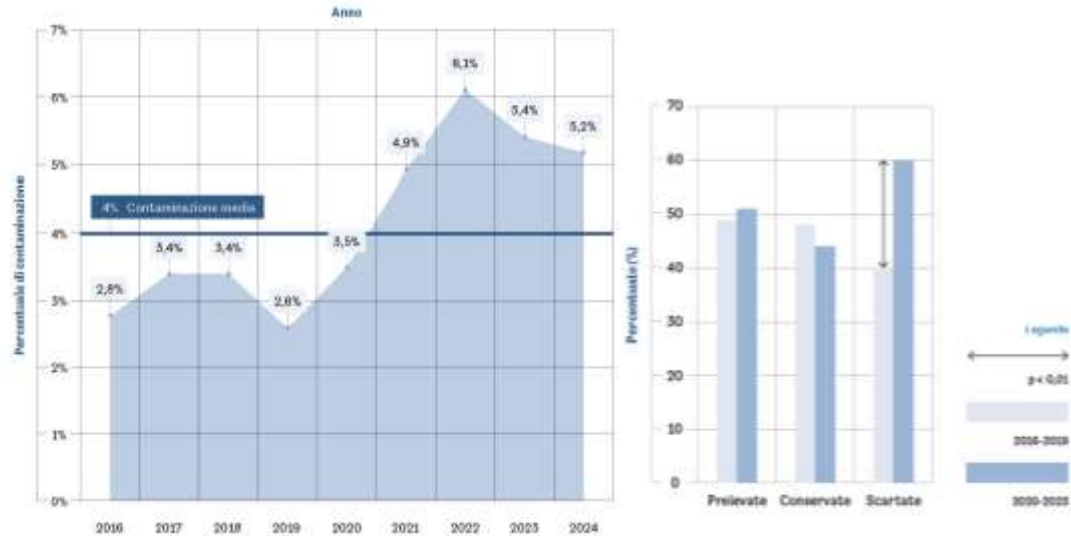
→ Maggiore attenzione alla contaminazione delle cornee e alla sicurezza del trapianto



# Aumento temperature e conservazione

- 2016-2024: 13889 cornee prelevate
- 289 (2.1%) scartate (positività controlli microbiologici)
- contaminazione media annuale 4% (2,8%-6,2%)
- principali contaminanti:
  - 33.9% (98/289) *Candida* spp.
  - 30.4% (88/289) B- *Acinetobacter baumannii*,  
*Klebsiella pneumoniae*,  
*Pseudomonas aeruginosa*,
  - 23.9% (69/289) C+ *Enterococcus* spp.,  
*Staphylococcus* spp.
  - 8.7% (25/289) miceti filamentosi *Aspergillus* spp.

- nel triennio post-Covid: aumento contaminazioni e in particolare quelle fungine



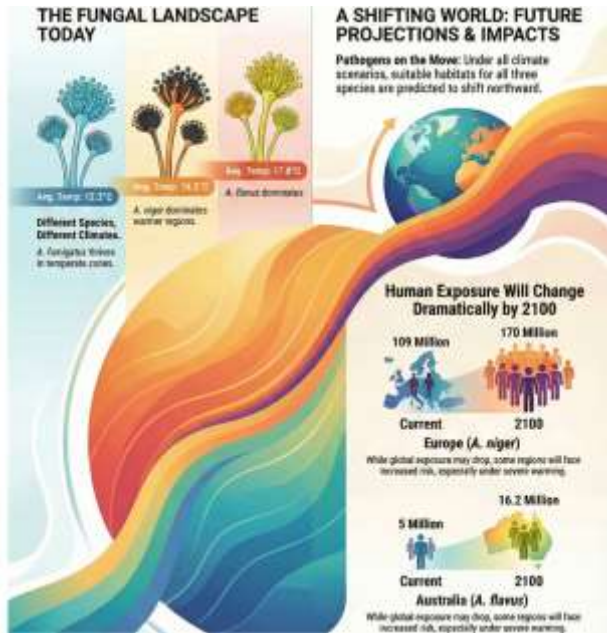
- negli anni più caldi (2022 e 2023) sono stati registrati i più alti tassi di contaminazione
- nell'intero periodo considerato, giugno e luglio registrano un significativo incremento della percentuale media di contaminazione corneale che sale dal 4% al 14%.

Santoro, 2025, Eye Doctor



# Aumento temperature e miceti

- temperature più alte e maggiore umidità favoriscono la crescita e la diffusione delle spore di miceti e in particolare di specie termotolleranti (*Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Candida glabrata* e *Candida auris*)
- Modelli prevedono un aumento fino a 2-3 volte delle infezioni fungine corneali entro il 2030 nell'area mediterranea e tropicale, legato all'aumento delle temperature e umidità



Uzzell et al., 2026, iScience 29, 114911 March 20, 2026  
<https://doi.org/10.1016/j.isci.2026.114911>



Casadevall A, Kontoyiannis DP, Robert V. 2019. mBio 10:e01397-19. <https://doi.org/10.1128/mBio.01397-19>.



# *Candida auris*: una minaccia globale emergente

- **resistente a fluconazolo**, ridotta sensibilità a echinocandine e amfotericina B (clade I al momento prevalente in ITA è il più resistente con 94% R a FLU, 46% R a AMFOB, 22.6% R a CASPO (Da Silva et al. 2025, CMI))
- presenta una **alta mortalità** nelle forme invasive (candidemie dal 30-72% (Ortiz-Roa C et al. 2023. J Fungi))
- colonizza la cute umana e le mucose → potente patogeno nosocomiale
- **persiste sulle superfici ospedaliere** incluse le mani degli operatori sanitari, suppellettili, sponde dei letti, device e strumenti medici grazie alla produzione di biofilm causando outbreak difficili da risolvere
- ceppi multidrug-resistant possono sopravvivere per almeno 2 settimane sulle superfici
- fattori di rischio comuni: - pazienti con plurimorbilità,
  - prolungate ospedalizzazioni o degenze sanitarie,
  - presenza di dispositivi medici invasivi (es. cateteri vescicali, CVC, tubi per tracheostomia...),
  - deficit immunologici



# Batteri e Antibiotico resistenza

Anche per i batteri, temperature medie più calde favoriscono la replicazione e possono aumentare la colonizzazione ambientale e cutanea, con possibile trasmissione accidentale ai donatori

Microorganism isolated	Number of eyes (out of 41)	Relevant Susceptibility profile (n=25 eyes)
<b>Gram-negative bacteria</b>	26 (63.4%)	
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	5	Majority (>78%) of the gram-negative organisms were resistant to all fluoroquinolones, aminoglycosides, 3 <sup>rd</sup> generation cephalosporins, and meropenem; one-third were resistant to imipenem, and all were susceptible to colistin.
<i>Pseudomonas putida</i>	4	
<i>Pseudomonas stutzeri</i>	1	
<i>Enterobacter cloacae</i>	3	
<i>Serratia marcescens</i>	4	
<i>Burkholderia mallei</i>	1	
<i>Alcaligenes spp</i>	3	
<i>Sterotrophomonas multophila</i>	1	
<i>Proteus mirabilis</i>	1	
<b>Gram-positive bacteria</b>	4 (9.7%)	
<i>Staphylococcus aureus</i>	2	
<i>Enterococcus faecalis</i>	1	
<i>Corynebacterium striatum</i>	1	
<b>Fungus</b>	11 (19.5%)	
<i>Candida spp.</i>	6	
<i>Filamentous fungi</i>	2	
<b>Mixed</b>	5 (12.1%)	
Bacteria + Fungus	3	
( <i>Pseudomonas aeruginosa</i> + <i>Scedosporium spp.</i> , <i>Serratia marcescens</i> + <i>Candida spp.</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> + <i>Cladosporium</i> )	2	
Bacteria + Bacteria		

Indian J Ophthalmol. 2024 Aug 23;72(8):1254-1260. doi: [10.4103/IJO.IJO\\_3106\\_23](https://doi.org/10.4103/IJO.IJO_3106_23)

## Trends in infectious adverse events after elective optical keratoplasty (PK, EK, and ALK) - Ten years' analysis from an eye bank

Sunita Chaurasia<sup>1,2,3\*</sup>, Sushma Sri<sup>2</sup>, Kandibanda Srinivas<sup>2</sup>, Jyotsna Joseph<sup>2</sup>, Mudit Tyagi<sup>4</sup>, Vivek Pravin Dave<sup>4</sup>, Subhadra Jalali<sup>4</sup>

	Penicilline	Cefalosporine	Carbapenem	Chinoloni	Polipeptidici	Aminoglicosidi	Fosfomicina
<i>Acinetobacter baumannii</i>	R	R	S	R	S	R	R
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	R	R	R	R	S	I	R
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	I	R	I	R	S	I	R
<i>Proteus mirabilis</i>	R	R	S	S	R	I	R
<i>Sterotrophomonas multophila</i>		R	I				

R = resistente; S = sensibile; I = sensibilità intermedia

Tab. 3 Sensibilità dei batteri gram-negativi. Tutti resistenti alla penicillina e alle cefalosporine.

	Penicilline	Vancomicina	Macrolidi	Chinoloni	Tetracicline	Aminoglicosidi	Fosfomicina	Rifampicina
<i>Staphylococcus haemolyticus</i>	R	S	R	R	S	R	I	R
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	R	S	R	R	S	I	R	R
<i>Staphylococcus aureus</i>	I	S	S	I	S	R	R	
<i>Enterococcus faecium</i>	R	R	R	R		R		
<i>Enterococcus faecalis</i>	S			S		S		

R = resistente; S = sensibile; I = sensibilità intermedia

Tab. 4 Sensibilità dei batteri gram-positivi. Tutti resistenti alle penicilline e agli aminoglicosidi ad eccezione dei faecalis. *Enterococcus faecium* resistente a tutto.

Santoro, 2025, Eye Doctor



# Conclusioni

Aspetto gestione cornee	Impatto del cambiamento climatico
Contaminazioni microbiche	Maggiore probabilità di contaminazione Maggiore probabilità di contaminazioni da lieviti e funghi <u>!!! Infezioni fungine insorgono dopo settimane, complicando la tracciabilità alla singola donazione</u>
Liquidi di conservazione	Necessità di aggiornare le soluzioni/terreni con antibiotici/antifungini efficaci per contrastare i nuovi patogeni o le nuove resistenze
Contesto globale	Adattamento dei protocolli a linee guida/direttive sull'idoneità dei donatori (es. aggiunta nuovi criteri come è stato con SARS-CoV-2) Test efficaci per la rilevazione precoce anche di patogeni emergenti



proteggere il ricevente senza ridurre inutilmente il pool di cornee.





GRAZIE PER L'ATTENZIONE

