

# MEDITERRANEO

DOSSIER

#64

BIOLOGICO, CULTURA, IDEE,  
EVENTI, PERSONAGGI

*Copertina*

*Cambiamenti  
Climatici: focus  
sul Mediterraneo  
con Carlo  
Cacciamani*

*Pagine Speciali:  
25 anni di  
Mediterraneo  
Dossier*

*Senza Politica  
la Terra muore*

*L'Ecosistema  
Girolomoni*



FONDAZIONE  
GIROLOMONI  
EDIZIONI

25  
1996 – 2021

# CAMBIAMENTI CLIMATICI: LO STATO GLOBALE E UN FOCUS NELL'AREA MEDITERRANEA

di Carlo Cacciamani  
Servizio IdroMeteoClima Arpa

Elisa Palazzi  
Consiglio Nazionale delle Ricerche  
Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima



## Il cambiamento climatico: lo stato attuale

È ormai un dato incontrovertibile che il clima della Terra stia cambiando con una velocità che non trova riscontro nei millenni precedenti. Le attività umane – prime fra tutte il consumo dei combustibili fossili e i cambiamenti nell'uso del suolo – hanno portato a un aumento in atmosfera delle concentrazioni di gas serra come anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e ossido nitroso (N<sub>2</sub>O), determinando un'amplificazione dell'effetto serra naturale e, di conseguenza, un surriscaldamento del pianeta. Il riscaldamento antropico è stato poi ulteriormente aumentato da meccanismi di amplificazione interni al sistema climatico.

Dati osservativi mostrano inequivocabilmente che dal 1850 a oggi la temperatura è aumentata, in media su tutto il globo, di circa 1°C rispetto ai valori pre-industriali. Il riscaldamento ha interessato il 98% della superficie terrestre in modo sostanzialmente sincrono (Neukom *et al.*, 2019), anche se ciò non significa che si sia verificato in egual misura dappertutto.

Alcune regioni, tra cui spiccano ad esempio l'Artico, le montagne e l'area del Mediterraneo si sono scaldate di più e più in fretta, configurandosi come sentinelle dei cambiamenti climatici.

Gli effetti del surriscaldamento stanno interessando tutte le componenti del sistema climatico terrestre e ne sono allo stesso tempo chiari indicatori. Per capire cosa significhi 1°C di riscaldamento rispetto a 100 anni fa, basta guardare la natura che ci circonda e i cambiamenti in atto negli ecosistemi marini e terrestri. Il ghiaccio marino artico in settembre è diminuito dal 1979 a oggi con un tasso del 12.8% per decennio, rispetto alla media del 1981-2010; la calotta di ghiaccio antartica dal 2002 ha perso 127 miliardi di tonnellate di massa all'anno e quella groenlandese ben 286;

Alcuni degli effetti causati dai cambiamenti climatici: tornado, scioglimento dei ghiacci,

smottamenti ed erosione del terreno

i ghiacciai montani si stanno ritirando e frammentando, mettendo a rischio la disponibilità di acqua dolce per uso potabile, agricolo, industriale, idroelettrico, e aumentando il rischio che si verifichino conflitti per l'approvvigionamento idrico.

Il livello dei mari si è innalzato dal 1993 a oggi di circa 90 mm in media su tutto il globo, con una velocità di 3.3 mm ogni anno – arrivando a 3.6 mm/anno nel periodo 2006–2015, in base ai dati dell'ultimo rapporto speciale dell'IPCC (IPCC, 2019)– mettendo a rischio di inondazione intere zone costiere. Il ciclo idrologico si è intensificato dando luogo a effetti solo in apparenza in contrasto:

lungi periodi siccitosi in alcune parti del globo, che hanno aumentato il rischio di desertificazione, e piogge concentrate e intense che scaricano con violenza l'energia che si è accumulata in atmosfera, principalmente dovuta all'evaporazione dei mari più caldi.

Questi effetti, insieme ad altri non citati per brevità, hanno amplificato i rischi per gli ecosistemi e per le società includendo quelli per la salute umana, l'approvvigionamento idrico, l'agricoltura, la sicurezza alimentare.

### Il cambiamento climatico: gli scenari futuri a scala globale

La conoscenza del clima futuro si basa principalmente sulle proiezioni dei modelli climatici, che richiedono lo sviluppo di scenari in grado di descrivere la possibile evoluzione delle forzanti antropiche (emissioni di gas serra e uso del suolo) e in generale della società. In base alle conoscenze oggi disponibili, il mondo potrà scaldarsi in media da poco più di 1°C (in uno scenario di forte mitigazione delle emissioni) a circa 5°C (scenario ad alte emissioni) entro il 2100 (Figura 1). Il secondo scenario implicherebbe un aumento di più di 10°C in Artico, ovvero la scomparsa totale di ghiaccio marino dopo la stagione estiva. La fusione del ghiaccio continentale e la dilatazione termica delle acque oceaniche più calde potranno dar luogo a un innalzamento del livello dei mari entro il 2100 da circa 30-60 cm se le emissioni di gas serra saranno ridotte e il riscaldamento globale sarà limitato al di sotto dei 2°C, a circa 60-110 cm se le emissioni continueranno a crescere, con un aumento del rischio di inondazioni per diverse aree costiere e isole (IPCC 2019). Gli estremi climatici potranno intensificarsi ulteriormente e gli eventi di precipitazione saranno probabilmente più rari ma più intensi e, a seconda della vulnerabilità del territorio, potenzialmente più distruttivi. Le ondate di calore potranno intensificarsi e diventare più frequenti.

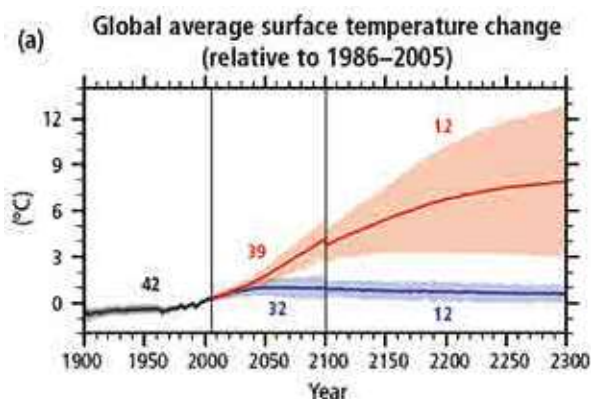


Figura 1. Serie temporale delle proiezioni di cambiamento di temperatura superficiale media globale nel periodo 1900-2300 (relativo al 1986-2005) in due scenari futuri di emissione, uno di mitigazione (RCP 2.6, blu) e uno di alte emissioni (RCP 8.5, rosso), come emerge dal quinto progetto di confronto tra modelli (CMIP5). Le linee spesse colorate indicano la media dell'insieme di tanti modelli (il cui numero è indicato dai numeri colorati); le bande colorate il loro intervallo di variabilità (tra il 5% e il 95%) delle realizzazioni. La linea nera e la zona grigia attorno indicano le simulazioni dei modelli nel periodo storico (IPCC 2014).

Le proiezioni di precipitazione non sono uniformi sull'intero globo. In uno scenario ad alte emissioni, alle latitudini maggiori e sul Pacifico equatoriale sono molto probabili aumenti di precipitazione per la fine del secolo mentre in molte aree delle medie latitudini e in quelle sub-tropicali le precipitazioni potranno diminuire. Per quanto concerne gli eventi estremi di precipitazione, le diverse simulazioni modellistiche sono abbastanza concordi nel rilevare un aumento sia in termini di frequenza di occorrenza che di intensità alle medie latitudini come nelle aree tropicali. Questo scenario è particolarmente preoccupante se si pensa che nel solo decennio 2001-2010 si è verificato un numero molto elevato di eventi estremi che hanno prodotto danni innumerevoli (WMO, 2013): l'ondata di calore del 2003, le piene disastrose in Pakistan, l'uragano Katrina negli Stati Uniti, il ciclone Nargis in Myanmar e i lunghissimi periodi di siccità nel bacino del Rio delle Amazzoni, in Australia e nell'Africa orientale. *Solo in questo decennio sono stati ben 370.000 i decessi imputabili all'impatto dei fenomeni meteorologici estremi: il 20% in più rispetto al decennio precedente.*

### Il cambiamento climatico alla scala del Mediterraneo

Le modifiche del clima sono particolarmente evidenti nell'area del Mediterraneo, una regione di confine climatico, geografico, socio-politico ed economico, tra le medie latitudini e le aree tropicali. Uno degli aspetti più interessanti è l'evidenza di uno spostamento di qualche centinaio di chilometri verso Nord di tale linea di confine, in gran parte legato a modifiche della circolazione atmosferica globale, indotte dal riscaldamento globale, che si riflettono in maniera diretta anche nell'area del Mediterraneo. In particolare si nota una oscillazione stagionale di tale linea di confine, che rende talvolta le estati molto calde e siccitose, e altre volte più "normali", a seconda di dove si posizionano le strutture bariche (l'oramai noto "anticiclone africano") che caratterizzano il tempo meteorologico per più giorni. L'area mediterranea è molto sensibile alle oscillazioni della linea di confine climatico: è sufficiente che essa si sposti di qualche centinaio di chilometri per produrre modifiche sostanziali al clima della regione, che non si caratterizza più per l'alternanza tra periodi secchi e molto caldi e periodi normali e più piovosi, ma bensì per una persistenza di periodi molto caldi e siccitosi.

Stante questa situazione, si potrebbero configurare, anche per il nostro Paese, delle condizioni con un Sud Italia tendenzialmente siccitoso e con un clima simile a quello del Nord Africa, e per periodi lunghi dell'anno. Questa tendenza del clima è visibile anche nelle proiezioni future dei modelli climatici, tutti o quasi concordi nel "segno" del cambiamento.

In ognuna di esse è evidente un generale aumento delle temperature e una diminuzione delle precipitazioni, soprattutto quelle estive.

Ma oltre al generale aumento della temperatura, accentuato rispetto a quanto si rileva in altre aree del pianeta, nel Mediterraneo si osservano anche più frequenti e prolungati periodi di temperature estreme, come l'ondata di calore del 2015, seconda solo a quella del 2003, e anche a quella del recente 2017 (Pagliara, Cacciamani, 2017) che ha visto in diversi punti del territorio nazionale il superamento, continuato per diversi giorni, di 40 gradi di temperatura massima giornaliera, durante il periodo estivo. I prolungati periodi di caldo anomalo sono poi quasi sempre associati ad altrettanto prolungati periodi di siccità, come appunto accaduto nel 2017, che causano carenze idriche che mettono in crisi l'agricoltura, l'industria, il turismo o addirittura i servizi di distribuzione di acqua potabile. Tale quadro preoccupante e che già si sta osservando, potrà protrarsi anche in futuro, come si evince dalle simulazioni di modelli climatici regionali realizzate per l'area del Mediterraneo (Jakob *et al.*, 2014).

Parallelamente al notevole aumento di temperatura e a una diminuzione delle precipitazioni, si rileva anche una modifica della frequenza, intensità, estensione spaziale e tempistica degli eventi estremi (Segadelli *et al.*, 2020), come raramente si è osservato sul globo terrestre.

### Gli impatti dei cambiamenti climatici nell'area del Mediterraneo: nuove condizioni di rischio

L'aumento già osservato e previsto per il futuro degli eventi estremi in aree fortemente vulnerabili e antropizzate produce un aumento del rischio, e di conseguenza possibili danni alle infrastrutture, all'ambiente, e pericoli per molte vite umane. Un solo esempio su tutti: l'alluvione di Genova nell'ottobre del 2014, durante la quale piovvero più di 500 mm di precipitazione in poche ore, valori tipici delle aree tropicali del pianeta. La lista delle alluvioni in Italia negli ultimi anni è allarmante e purtroppo destinata a crescere rapidamente in futuro.

**Se analizziamo gli impatti indotti dalle modifiche climatiche e, in particolare, sulla società e l'economia, possiamo concludere che nell'area del Mediterraneo c'è da attendersi una maggiore pressione sulle risorse naturali e quindi un conseguente impatto su tutti i settori (produzione agricola e di energia, salute, turismo, trasporti) e gli ecosistemi (perdita di biodiversità).**

Ovviamente, col cambiamento climatico si aggravano le condizioni di rischio idrogeologico. L'Europa ha già posto l'accento su questo problema emanando la Direttiva 2007/60 (Direttiva Alluvioni) che impone agli Stati membri di rivalutare le condizioni di rischio idrogeologico-idraulico, tenendo conto in maniera esplicita dei cambiamenti climatici.

#### **Altri impatti dei cambiamenti climatici sugli ecosistemi nell'area del Mediterraneo**

Nei prossimi decenni il rischio di

### **incendi boschivi in area Mediterranea**

potrebbe aumentare a causa di condizioni climatiche più aride (Turco *et al.*, 2017). A maggior rischio sono le zone più settentrionali dell'Europa mediterranea, come Italia del Nord, Francia, Catalogna, i cui ecosistemi si sono adattati meno nei secoli passati alla progressiva siccità che l'area sta sperimentando. La maggior frequenza e intensità di condizioni siccitose attese per il prossimo futuro rischia di ridurre l'efficacia delle strategie di prevenzione attuali e richiede lo sviluppo di nuove metodologie di controllo sovra-nazionali.

Allargando lo sguardo anche agli impatti sugli ecosistemi, certamente le aree protette sono già sotto pressione a causa dei cambiamenti climatici e di altri fattori di disturbo e in futuro lo saranno sempre più. Gli impatti osservati dei cam-

biamenti climatici sono già una minaccia reale per la biodiversità, ma anche per la pesca, l'agricoltura e la salute umana. In risposta ai cambiamenti climatici,

**molte specie animali e vegetali terrestri stanno già modificando il ciclo di vita, ad esempio con lo spostamento verso Nord o verso altitudini più elevate.**

Sono state osservate zone, anche in area mediterranea, in cui è avvenuta una vera e propria estinzione di specie locali e l'arrivo di nuove specie esotiche che le hanno colonizzate o hanno ampliato il loro raggio di azione.

**Sul fronte sanitario, l'aumento dell'intensità e della frequenza delle ondate di calore ha già presentato i suoi effetti sulla salute umana, in particolare nelle città.**

Le ondate di calore stanno anche aumentando il rischio di blackout elettrici generati dalla maggiore richiesta di energia elettrica.

**Il cambiamento climatico influisce anche su agricoltura e allevamento, a loro volta responsabili del 35% delle emissioni di CO<sub>2</sub> a livello globale e del consumo del 70% dell'acqua disponibile sul pianeta.**

Da un recente report della *European Environmental Agency* (EEA 2019) i cambiamenti di temperatura e precipitazione, nonché le condizioni meteo-climatiche estreme, stanno già influenzando i raccolti e la produttività del bestiame in Eu-

ropa, nonché la disponibilità di acqua necessaria per l'irrigazione e le pratiche di abbeveraggio del bestiame, la lavorazione dei prodotti agricoli e le condizioni di trasporto e conservazione. Per il futuro le simulazioni di impatto lasciano intravedere un'ulteriore riduzione della produttività delle colture.

## Come conseguenza diretta della resa agricola, si potrà assistere a una parallela diminuzione della disponibilità di cibo.

È anche probabile che gli alimenti potranno risultare meno nutrienti e la maggiore concentrazione di CO<sub>2</sub> in atmosfera potrebbe causare una perdita anche del 10% del loro apporto proteico.

Se si guarda al nostro Paese, posizionato più o meno al centro dell'area mediterranea, si constata che il settore agricolo ha già subito un impatto molto grande proprio a causa dei cambiamenti climatici. Accanto all'arrivo di specie più adatte alle nuove condizioni climatiche, come mango, papaya, avocado e banana, per molte altre, come, ad esempio, miele e olio d'oliva si registra un aumento dell'esposizione al rischio biologico. Il cambiamento climatico potrà far diminuire in modo considerevole la disponibilità anche di altri alimenti come birra (-16%), riso (-10% in 10 anni), caffè (-25% entro il 2050) e pesce (per cui si stima un calo di 1,5 tonnellate all'aumento di 1,5°C di temperatura) (Xie *et al.*, 2018, IPCC 2019). Relativamente alla produzione di vino, ci si aspetta che diverse regioni vinicole dell'Europa meridionale potrebbero subire un calo di produzione (Fraga *et al.*, 2018) principalmente a causa delle più frequenti condizioni di siccità. In molte regioni, in alcuni casi estremi, saranno richiesti sempre più sistemi di irrigazione intensiva.

### Considerazioni conclusive

Il clima del Pianeta è destinato a mutare in maniera considerevole nel futuro e in modo più intenso nell'area del Mediterraneo. Per contrastare gli effetti sarà necessario mettere in atto una drastica riduzione delle emissioni di gas a effetto serra in atmosfera, in maniera coerente con il target sottoscritto con l'Accordo di Parigi (contenere l'aumento della temperatura media globale entro i 2°C rispetto ai livelli pre-industriali).

I costi economici che il Continente europeo, e quindi anche l'area del Mediterraneo, dovrà sopportare dipenderanno dall'en-

tità e dalla velocità con cui si mostrerà il cambiamento climatico. Questi costi potranno essere molto elevati, anche con modesti livelli di cambiamento, e diventare significativi se si dovessero concretizzare gli scenari peggiori di riscaldamento e in assenza di azioni concrete di mitigazione e adattamento da parte delle Nazioni. ⚙️

### Bibliografia

- EEA, 2019. Climate change adaptation in the agriculture sector in Europe. EEA Report No 04/2019.
- Fraga, H., G.de Cortázar Atauri, I. Santos, 2018. Viticultural irrigation demands under climate change scenarios in Portugal. *Agric. Water Manag.* 196, 66–74.
- IPCC, 2014- ClimateChange 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva, Switzerland.
- IPCC, 2019. Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. IPCC, Geneva, Switzerland.
- Jakob, D. et al., 2014: EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. *Reg Environ Change* (2014) 14:563–578.
- Neukom, R. et al. 2019: No evidence for globally coherent warm and cold periods over the preindustrial Common Era. *Nature* 571, 550–554.
- Pagliara P., Cacciamani C. 2017.2016-2017: Un lungo periodo di siccità eccezionale. *Ecoscienza*, n.4, Arpa, Emilia-Romagna. [https://www.arpae.it/cms3/documenti/\\_cerca\\_doc/ecoscienza/ecoscienza2017\\_4/pagliara\\_cacciamani\\_es4\\_2017.pdf](https://www.arpae.it/cms3/documenti/_cerca_doc/ecoscienza/ecoscienza2017_4/pagliara_cacciamani_es4_2017.pdf)
- Segadelli S., et al., 2020: Changes in high-intensity precipitation on the northern Apennines (Italy) as revealed by multidisciplinary data over the last 9000 years. *Clim. Past*, 16, 1547–1564.
- Taylor K.E., R.J. Stouffer, G.A. Meehl, 2012. An Overview of CMIP5 and the experiment design. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 93, 485-498.
- Turco, M., et al. On the key role of droughts in the dynamics of summer fires in Mediterranean Europe. *Sci Rep* 7, 81 (2017). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-00116-9>.
- Xie, W. Et al., 2018. Decreases in global beer supply due to extreme drought and heat. *Nature Plants* 4, 964–973.
- WMO, 2013: The Global Climate 2001-2010, a decade of climate extreme. Summary report. WMO N, 1119.