

LA CRISI CLIMATICA: EVIDENZE E INCERTEZZE

Gianluca Alimonti, Luigi Mariani

Riassunto

La temperatura media del nostro pianeta è aumentata di circa un grado centigrado rispetto all'era preindustriale e le variazioni di nuvolosità, precipitazioni, umidità relativa e velocità del vento sono evidenziate in vari studi. Questo articolo non è volto a valutare se queste variazioni abbiano un'origine antropogenica o naturale, quanto piuttosto a capire sulla base della bibliografia recente se la crisi climatica, che secondo alcune fonti stiamo vivendo oggi, sia effettivamente in corso.

Abstract

The average temperature of our planet has increased by about one degree centigrade from the pre-industrial era and variations in cloud cover, precipitation, relative humidity and wind speed are highlighted in various studies. This article is not aimed at assessing whether these variations have an anthropogenic or natural origin, but rather to understand on the basis of recent bibliography whether the climate crisis, that according to some sources we are experiencing today, is actually underway.

Parole chiave: Crisi climatica, Piogge estreme, Global greening, Produzione agricola.

Keywords: Climate Crisis, Extreme Rainfall, Global Greening, Agricultural Production.

1. Introduzione

La comunicazione sulle tematiche ambientali ha da tempo messo stabilmente al primo posto la crisi climatica nella classifica dei temi per i quali è richiesta un'immediata soluzione, pena conseguenze a dir poco nefaste. Povertà, sottosviluppo, insicurezza alimentare, demografia, sanità globale, per non parlare dell'ultima invitata alla festa, la crisi energetica, sono oggi tutte in coda dietro al clima (Guidi, 2022).

Al riguardo, segnaliamo diverse entità a livello nazionale e locale (ad esempio il Comune di Milano di cui noi due autori siamo cittadini) hanno da tempo proclamato la "crisi climatica", aprendo appositi gabinetti di crisi anche sotto la spinta di giovani attivisti animati dalla teenager svedese Greta Thunberg.

Ma i cambiamenti climatici, pur se di innegabile importanza, sono effettivamente un terreno di crisi? È la domanda alla quale con gli amici Franco Prodi e Renato Angelo Ricci abbiamo cercato di dare risposta in un articolo scientifico di *review* recentemente pubblicato sullo *European Physical Journal* (Alimonti et al., 2022).

2. Un riflessione non ortodossa

Nell'articolo dal titolo "*A critical assessment of extreme events trends in times of global warming*", che

può essere liberamente scaricato al link <https://doi.org/10.1140/epjp/s13360-021-02243-9> (Alimonti et al., 2022), ci siamo volutamente astenuti dal sottoporre a critica i modelli previsionali atmosferici GCM (Global Circulation Model), per limitarci ad un'analisi in chiave storica di una serie di fenomeni meteorologici estremi di grande rilevanza a livello ecosistemico e antropico. La conclusione cui siamo pervenuti è che gli eventi estremi di origine climatica o meteorologica non mostrano la crescita che ci si aspetterebbe se fosse in atto quella crisi climatica che, secondo molte fonti mediatiche, staremmo oggi vivendo. Tale conclusione è peraltro corroborata da varie citazioni tratte dal report dell'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) pubblicato la scorsa estate (IPCC, 2021).

Più nello specifico, è stato da noi evidenziato che i cambiamenti globali più consistenti negli estremi climatici si osservano nei valori annuali delle ondate di calore, aumentate in frequenza ma non in intensità. L'intensità giornaliera delle precipitazioni e la frequenza delle precipitazioni estreme sono invece stazionarie nella maggior parte delle stazioni meteorologiche. A ciò si aggiunga che l'analisi dell'andamento delle serie temporali dei cicloni tropicali mostra una sostanziale invarianza temporale e lo stesso vale per i tornado negli USA.

Una conferma indiretta di questa diagnosi viene dall'analisi di alcuni importanti indicatori di risposta globale agli eventi meteorologici estremi e cioè disa-

stri naturali, inondazioni, siccità, produttività dell'ecosistema e rese delle quattro colture principali (mais, riso, soia e grano, che da sole soddisfano circa il 64% del fabbisogno calorico umano), tutti caratterizzati da trend rassicuranti. Si deve inoltre ricordare che, nonostante la crescita imponente della popolazione globale (che dal 1900 a oggi è passata da 1,5 a quasi 8 miliardi di individui), la mortalità da siccità, alluvioni, perturbazioni violente, incendi e frane è crollata, passando da valori medi annui di oltre un milione di vittime a valori inferiori a 30.000 circa degli ultimi anni, con percentuali più rilevanti nei Paesi poveri (il che la dice lunga del prezzo ancor oggi pagato al sottosviluppo, vera piaga da eradicare con urgenza). Anche in termini di costi dei disastri da eventi legati alle dinamiche del clima, normalizzati per il PIL, dal 1990 non si registra una tendenza verso un aumento, quanto piuttosto verso una leggera riduzione.

Qui di seguito affrontiamo in modo specifico due temi e cioè quello delle piogge estreme e quello delle rese delle colture agrarie, allo scopo di evidenziare lo iato esistente fra la narrazione dei media e quanto emerge dai dati osservativi.

3. Le piogge estreme in Italia e nel mondo

È un luogo comune, da tempo consolidato, quello secondo cui il regime delle precipitazioni è stato sconvolto dal cambiamento climatico e che le piogge intense (le famigerate “bombe d’acqua”) e i periodi siccitosi stanno aumentando, mettendo a repentaglio la stessa possibilità di fare agricoltura. Emblematico in tal senso è l’incipit della scheda descrittiva della giornata di studio sul tema “*L’acqua da risorsa a calamità*” tenutasi il 15 dicembre 2020 presso la prestigiosa Accademia dei Georgofili: “*Gli effetti dei cambiamenti climatici sono tangibili. È documentato l’aumento con cui accadono eventi piovosi di forte intensità e, di conseguenza, i fenomeni erosivi. Piogge concentrate in un breve periodo aggrediscono la superficie del terreno e producono effetti talvolta eclatanti. Le anomalie del regime pluviometrico e la gestione non sempre corretta del territorio mettono a rischio il suolo e l’erosione, che rimane il principale aspetto della degradazione del suolo stesso, supera mediamente di 30 volte il tasso di sostenibilità (erosione tollerabile). Il non corretto uso del suolo non è solo legato alle attività agricole, ma anche e soprattutto alle attività extra agricole. Pochissimi studi (Italiani, ma anche Europei) stimano il danno economico causato dalla perdita di una risorsa non rinnovabile come il suolo. A fronte di eventi catastrofici causati da eccessi idrici, aumentano anche frequenza e durata dei periodi di*

siccità, mettendo a rischio la salute degli eco-sistemi agricoli e forestali. È altrettanto evidente che i cambiamenti climatici e l’intensificazione della pressione antropica hanno ridotto la capacità dei suoli di trattenere l’acqua”.

3.1. Un po’ di teoria

Temperature più elevate comportano maggiore cessione all’atmosfera di vapore acqueo, per evaporazione dal suolo e dalle superfici idriche e per traspirazione dalla vegetazione. Tale vapore si accumula nello strato limite planetario (in media i primi 1000-1500 m al di sopra del suolo) da cui le nubi lo attingono per svilupparsi, fino a raggiungere uno spessore sufficiente (almeno 5000-6000 m) per generare precipitazioni significative. In sostanza, da una maggiore quantità di vapore in atmosfera deriverebbero più nubi e un maggior sviluppo verticale delle stesse, e dunque precipitazioni più abbondanti e violente. Tal ragionamento non fa all’apparenza una grinza, ma in pratica, per valutare i trend reali delle precipitazioni estreme, occorre anche considerare la frequenza e l’intensità delle perturbazioni. Su tale tematica si confrontano due scuole di pensiero:

1. quella secondo la quale l’intensità delle perturbazioni (che sono alimentate da aria fredda di origine artica, polare continentale o polare marittima) è destinata a diminuire in virtù dell’aumento delle temperature globali che si manifesta in modo più rilevante in Artide (amplificazione artica), diminuendo così lo squilibrio termico fra basse e alte latitudini del nostro emisfero;
2. quella secondo la quale per effetto del *global warming* le correnti a getto si ondulerebbero maggiormente aumentando la frequenza dei sistemi di blocco (*blocking systems*), responsabili di siccità, alluvioni e grandi ondate di campo e di freddo.

Al riguardo si noti che:

- una conferma indiretta dell’ipotesi 1 ci viene dalla climatologia storica, che mostra che gli eventi pluviometrici estremi tendono a diminuire nelle fasi climatiche calde (Pinna, 2019; Diodato et al., 2019; Glaser et al., 2010; Wirth et al., 2013);
- circa l’ipotesi 2 i dati osservativi non consentono finora di porre in evidenza una maggiore propensione a ondularsi delle correnti a getto (Ghil e Lucarini, 2019).

Giova infine ricordare che nella genesi delle precipitazioni ha un ruolo chiave la fisica dei corpi nuvolosi, i cui livelli di conoscenza sono per molti aspetti insufficienti, tant’è vero che le nubi sono tutt’oggi il principale elemento di incertezza nella valutazione

delle tendenze temporali del clima per mezzo di GCM (Satoh et al., 2018).

3.2. Cosa evidenzia la letteratura scientifica più recente

Occorre anzitutto segnalare il lavoro sistematico di analisi dei trend di intensità pluviometrica in Italia condotto da un gruppo di ricerca dell'Università di Torino (Libertino et al., 2019) riferito a oltre 5000 stazioni per il periodo 1915-2015 e a trend per intervalli da 1 a 24 ore. Dai risultati di tale ampio lavoro emerge che la grande maggioranza delle stazioni presenta trend non significativi. Più nello specifico, a seconda degli intervalli (1, 3, 6, 12 e 24 ore), l'86-91% delle stazioni non ha trend, il 4-7% ha trend significativo crescente e il 5-7% ha trend significativo decrescente. Il titolo del lavoro rende di per sé stesso ragione dei risultati ottenuti: *"Evidence for increasing rainfall extremes remains elusive at large spatial scales: the case of Italy"*. I dati di Libertino et al. sono peraltro confermati da una serie di lavori qui di seguito elencati:

1. Faticchi e Caporali (2009): lavorando sulle serie storiche di precipitazione di 785 stazioni della Toscana per il periodo 1916-2003, hanno posto in evidenza l'assenza di trend nel regime precipitativo medio e nell'intensità degli eventi estremi di 3, 6 e 12 ore in pressoché tutte le stazioni analizzate. Più nello specifico, dall'analisi condotta emerge che il 92,6% delle serie storiche analizzate è stazionario, il 5,2% è decrescente e solo il 2,2% presenta trend positivi.
2. Pinna (2014) evidenzia l'assenza di trend rilevanti per le piogge estreme dell'area mediterranea e della Toscana.
3. Bassi et al. (2011), analizzano le piogge intense per il Piemonte per il periodo 1930-2004 e per durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore (stazioni ex Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale e ARPA). Dal lavoro si evidenzia che la distribuzione spaziale non mostra significative variazioni, con massimi principali nel settore alpino e prealpino settentrionale e massimi secondari nei rilievi montuosi meridionali. Circa i trend nelle intensità, le 47 stazioni ex SIMN presentano una netta prevalenza di trend negativi per durate di 1 ora e una lieve prevalenza di trend positivi per durate di 24 ore, mentre per durate di 3, 6 e 12 ore i trend sono per il 50% circa negativi e per il resto positivi. Per le 45 stazioni ARPA, trend negativi si evidenziano per oltre il 50% delle stazioni e prevalgono in misura più netta per le durate di 12 e 24 ore. Non si evidenziano, infine,

zone preferenziali in cui dominano trend positivi o negativi.

4. Brunetti et al. (2010), lavorando sulle serie storiche di 129 stazioni della Calabria per il periodo 1920-2005, evidenziano la tendenza alla riduzione delle intensità delle precipitazioni, con diminuzione delle precipitazioni ricadenti nelle categorie di intensità più elevate e aumento di quelle ricadenti nelle categorie più basse, specie nel periodo invernale. Inoltre, i trend evidenziati dipendono fortemente dal sottoperiodo considerato, con trend negativi che prevalgono dopo il 1950.
 5. Coscarelli e Caloiero (2012), analizzando le serie storiche pluviometriche giornaliere della Calabria, evidenziano la significativa tendenza alla riduzione della stagionalità nelle precipitazioni e cioè la tendenza ad una distribuzione più omogenea nel corso dell'anno, frutto dell'aumento delle precipitazioni in estate (specie in luglio e agosto) e della diminuzione in autunno e inverno (specie da novembre a gennaio).
 6. Con riferimento alla Sicilia, Bonaccorso et al. (2005), analizzano i trend dei massimi annuali di 1, 3, 6, 12 e 24 ore per il periodo dal 1920 al 2000 per 16 stazioni con almeno 50 anni di dati. Tutte le stazioni analizzate mostrano trend negativi o nulli per 3, 6, 12 e 24 ore, mentre per quanto riguarda il trend a un'ora, una sola stazione (Ragusa) manifesta trend positivi significativi, mentre le altre 15 non presentano trend.
 7. Con riferimento alle Marche, Soldini e Darvini (2017) concludono che l'analisi statistica delle precipitazioni annue di 30 minuti e di 1, 3, 6, 12 e 24 ore indica l'assenza di chiare evidenze in merito a trend positivi per tali eventi. Nello specifico, gli autori evidenziano che il 91% delle serie storiche di precipitazioni orarie non manifesta alcun trend. Gli stessi autori evidenziano il netto prevalere di trend negativi o nulli negli indicatori di cambiamento climatico definiti dall'Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI).
- È altresì importante elencare alcuni lavori riferiti ad areali più ampi ed in particolare:
1. Sun et al. (2021) con riferimento al massimo giornaliero delle precipitazioni annuali per il periodo 1950-2018 evidenziano che a scala globale il 9,1% delle stazioni mostra una tendenza all'aumento statisticamente significativa e il 2,1% una tendenza alla diminuzione statisticamente significativa. Per l'area mediterranea, invece, solo il 4,7% delle stazioni mostra un

trend all'aumento statisticamente significativo, mentre il 3,8% mostra un trend decrescente significativo.

2. Screen e Simmonds (2014), operando su un dataset di rianalisi relativo alle medie latitudini dell'emisfero Nord, evidenziano la sostanziale stazionarietà degli eventi pluviometrici e termici estremi nel periodo 1979-2012.
3. Mariani e Parisi (2013), che analizzano un vasto dataset pluviometrico giornaliero per stazioni dell'area euromediterranea per il periodo 1973-2010 utilizzando lo stesso schema di analisi proposto da Alpert et al. (2002), evidenziano l'infondatezza dell'aumento parossistico delle piogge estreme giornaliere affermato dagli stessi Alpert et al. (2002).

I risultati sopra riportati sono peraltro corroborati da Diodato et al. (2019), i quali, analizzando gli eventi idrologici dannosi in Italia e risalendo sino ad oltre mille anni orsono, evidenziano che tali eventi presentano frequenza minima durante il periodo caldo Medioevale e massima in coincidenza con il periodo freddo della piccola era glaciale, per poi entrare in una decrescita che dura tutt'oggi. Lo studio arriva a concludere che *“dalla metà del XIX secolo è evidente una diminuzione negli eventi idrologici eccezionali, soprattutto durante i decenni più recenti”*.

3.3. Le fonti bibliografiche che indicano aumenti di intensità delle precipitazioni in Italia

Al riguardo possiamo segnalare il già citato lavoro di Alpert et al. (2002) e il lavoro di Crisci et al. (2002). Per una disamina più ampia di tali lavori rimandiamo gli interessati all'analisi molto dettagliata che ne è stata fatta da Sergio Pinna nel suo libro *“Cambiamento climatico, religione del XXI secolo”* (Pinna, 2019) mentre in questa sede ci limitiamo a rammentare che:

- Alpert et al. (2002) fondano la loro idea di un *“aumento parossistico delle precipitazioni sul Mediterraneo”* su dati desunti da serie storiche italiane che lasciano perplessi in quanto mostrano nei soli anni '80 del XX secolo un aumento di intensità molto sensibile e che non trova riscontro nelle serie osservative a nostra disposizione.
- Crisci et al. (2002), analizzando dati relativi alla Toscana, non evidenziano alcuna crescita lavorando sulle serie complete. A questo punto però riducono via via la lunghezza delle serie storiche, facendole dapprima iniziare nel 1951 e poi nel 1970. Solo in quest'ultimo caso riscontrano una modesta percentuale (il 14%) di serie con trend positivi.

4. La produttività agricola globale e nazionale

La produttività degli ecosistemi è un importante indicatore di risposta al clima e alla sua variabilità. Da questo punto di vista, occorre rilevare che la biomassa vegetale globale prodotta annualmente dagli ecosistemi naturali e agricoli è aumentata in modo significativo negli ultimi decenni, con un fenomeno noto come *global greening* che negli ultimi decenni è stato evidenziato dai monitoraggi satellitari. È utile citare la sintesi che del fenomeno fanno Piao et al in una loro review del 2020 (Piao, 2020): *“Il global greening è in atto per lo meno dal 1981, anno dal quale i satelliti per risorse territoriali hanno permesso il monitoraggio della vegetazione su larga scala. In questa review esaminiamo il segnale di global greening, le sue cause e le sue conseguenze. Il global greening è più pronunciato su aree ad agricoltura intensiva come in Cina e in India ove è il riflesso delle attività antropiche. Tuttavia, un forte segnale di global greening si registra anche in biomi a bassa impronta umana, come l'Artico, ove i fattori di cambiamento globale giocano un ruolo dominante. I modelli di vegetazione evidenziano che la fertilizzazione da CO₂ è il principale motore del global greening, cui concorrono altri fattori notevoli a scala regionale. La modellazione indica che il global greening può mitigare il riscaldamento antropogenico globale (AGW) aumentando il sink terrestre del carbonio e stimolando il raffreddamento traspirativo”*.

La rilevanza del *global greening* è confermata da Campbell et al. (2017) che, utilizzando una serie storica dei livelli di solfuro di carbonile, *proxy* dell'attività fotosintetica, hanno mostrato che nel XX secolo si è assistito ad un aumento del 31% della produzione annua degli ecosistemi vegetali. Tale valore è confermato da un gruppo di ricerca australiano (Haverd et al., 2020) che simulando la produzione globale degli ecosistemi vegetali con il modello CABLE (Community Atmosphere Biosphere Land Exchange) stimano che dal 1900 al 2020 si è avuto un aumento di produzione del 30%, che dovrebbe salire al 47% al raddoppio dei livelli atmosferici di CO₂ rispetto al periodo preindustriale (560 ppmv), raddoppio che con i ritmi di crescita di CO₂ degli ultimi 20 anni (2.15 ppmv/anno) dovrebbe essere raggiunto fra 67 anni.

Inoltre, Zeng et al. (2014), utilizzando un modello del ciclo del carbonio terrestre, hanno evidenziato che l'agricoltura è responsabile di circa il 50% del *global greening*, il che pone in luce l'essenziale ruolo ecosistemico del settore primario. Infatti, l'agricoltura emette solo una piccola frazione di ciò che ha in precedenza assorbito con la fotosintesi e più nello specifico assorbe ogni anno 7,5 GT di carbonio, che salgono

a 12 GT se si considerano anche i pascoli (Krausmann et al., 2013) mentre le emissioni complessive del settore agricolo ammontano a $1,69 \pm 0,38$ GT (IPCC, 2019). Di conseguenza, l'agricoltura emette il 14,1 \pm 0,03% di quanto precedentemente assorbito.

Anche se l'idea prevalente è quella secondo cui il *global greening* sia un fenomeno positivo che comprova la grande capacità degli ecosistemi di adattarsi alla variazione delle forzanti naturali e antropiche, non dobbiamo trascurare che le risposte alla CO_2 degli ecosistemi sono complesse e a volte possono apparire contraddittorie. Ad esempio, Lian et al. (2020) evidenziano che la siccità estiva è esacerbata dall'aumento della biomassa vegetale in primavera, che accentua le perdite evapotraspirative riducendo l'umidità del suolo.

In ogni caso, il *global greening* è una sfida culturale che ci porta a riflettere sulle svariate conseguenze dell'aumento dei livelli atmosferici di CO_2 , la principale delle quali è quella secondo cui se la CO_2 atmosferica tornasse ai livelli preindustriali (280 ppmv) si avrebbe un calo della produzione agricola globale, con un impatto negativo sulla sicurezza alimentare globale. Più nello specifico è stato stimato un calo del 18% delle produzioni globali di mais, riso, frumento e soia in caso di ritorno della CO_2 ai livelli preindustriali. Il risultato ottenuto da Mariani (2017) è stato conseguito con un modello che non considera gli effetti negativi sulla resa delle colture di eventi estremi come siccità, eccesso di precipitazioni, gelo e ondate di calore. Sulla base della recrudescenza di eventi estremi, delle modifiche al regime delle precipitazioni, all'aumen-

to delle temperature e all'effetto di inquinanti come l'ozono, il sommario esecutivo di AR5 (IPCC 2013, Fifth Assessment Report) al capitolo 7 conclude che "Gli effetti del cambiamento climatico sulle colture e sulla produzione alimentare terrestre sono evidenti in diverse regioni del mondo (alta confidenza). Impatti negativi delle tendenze climatiche sono stati più comuni di quelli positivi". Tale affermazione dell'IPCC, tuttavia, non considera adeguatamente i seguenti due fattori:

1. l'estrema flessibilità del sistema agricolo globale, che si traduce nella capacità di adottare rapidamente innovazioni tecnologiche nella genetica (nuove varietà più adatte all'ambiente) e nelle tecniche colturali (irrigazione, concimazione, diserbo, gestione di parassiti e patogeni, ecc.) a fronte di cambiamenti climatici e più in generale ambientali. Queste innovazioni tecnologiche sono alla base dei grandi progressi in agricoltura che hanno avuto luogo a partire dal XIX secolo e la cui diffusione, nota come rivoluzione verde, è cresciuta fortemente dopo la fine della Seconda guerra mondiale;
2. l'effetto di compensazione legato al fatto che l'agricoltura si svolge su un'area molto vasta (tutti i continenti tranne l'Antartide) e che per di più coinvolge due emisferi, garantendo così due raccolti all'anno. Questo si traduce nel fatto, già evidenziato nel Settecento da autori come Adamo Smith (1776) e Giovanni Targioni Tozzetti (1767), che in un certo anno le perdite produttive

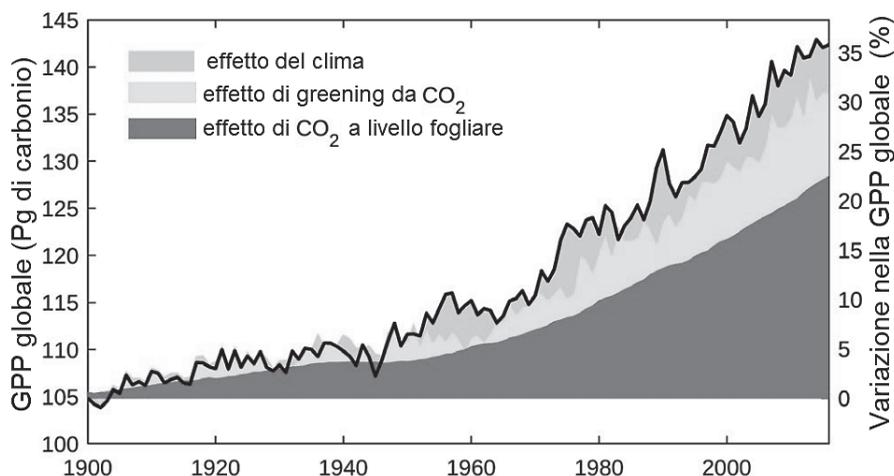


Fig. 1. Effetto della concimazione carbonica sulla produttività ecosistemica vegetale globale dal 1900 al 2015. La linea nera spessa indica l'andamento della produttività primaria lorda degli ecosistemi vegetali (GPP) ottenuta con il modello Cable, il quale ripartisce l'effetto fertilizzante della CO_2 fra effetto fogliare, effetto di greening ed effetto del clima. L'effetto fogliare esprime l'aumento di GPP a parità di superficie fogliare mentre l'effetto di greening esprime l'aumento di GPP dovuto all'espansione delle superfici fogliari. Si noti che i 2/3 di tali effetti ha luogo in ambienti semiaridi grazie al fatto che l'aumento di CO_2 induce una maggiore efficienza nell'uso dell'acqua.

ve registrate in una data area a causa di eventi estremi (siccità, pioggia eccessiva, ondate di calore, ecc.) sono controbilanciati dagli incrementi di resa che si registrano in altre aree.

Il primo dei due fattori indicati è oggi significativamente accentuato dalle nostre capacità tecnologiche, mentre il secondo è costantemente all'opera, come dimostrano gli incrementi della produzione agricola mondiale dal 1870 indicati da Federico (2005) e nei rendimenti globali dal 1961 indicati dalla serie storica FAO (<http://www.fao.org/faostat/en/>), la quale ci indica che l'incremento annuo della resa per ettaro registrato dal 1960 ad oggi per quattro colture (mais, riso, soia e frumento) responsabili del 64% dell'apporto calorico umano è stato pari rispettivamente al 3.3%, al 2.4%, al 2.6% e al 3.8%.

5. Conclusioni

Un numero crescente di studiosi sostiene che il passo più importante da compiere in questa fase sia la lotta alla povertà e al sottosviluppo (Lomborg, 2020). Più di una statistica mostra, infatti, che il miglioramento delle condizioni di vita riduce sia i danni sia la mortalità dovuta all'innalzamento delle temperature globali più di quanto possano fare gli investimenti volti a ridurre la concentrazione di CO₂ in atmosfera. Per il nostro Paese, ciò potrebbe tradursi nel ridurre la nostra vulnerabilità agli eventi meteorologici estremi, ad esempio investendo sul territorio per porre rimedio al dissesto idrogeologico, frutto di una tormentata orografia e di interventi antropici non sempre consoni alle indicazioni che vengono dai dati climatologici, idrologici e geo-pedologici.

Fermo restando che il cambiamento climatico è reale e necessita di politiche di adattamento, sulla base di queste evidenze che mostrano l'inesistenza della crisi climatica, è lecito domandarsi quanto convenga lanciarsi in dispendiose ed economicamente dannose politiche di forzata ed accelerata transizione energetica piuttosto che affrontare le diverse problematiche in atto (energetiche, agro-alimentari, sanitarie, ecc.) con uno spirito più obiettivo e costruttivo, con lo scopo di giungere a una valutazione ponderata delle azioni da intraprendere, senza dilapidare le limitate risorse a nostra disposizione impegnandole in soluzioni costose e di scarsa inefficacia.

Al riguardo, con riferimento ai settori agricolo ed energetico, ci preme rammentare che:

1. la sicurezza energetica e quella alimentare sono strettamente legate fra loro. Da un lato, infatti, dove l'energia manca o è cara la vita è grama (come ben sanno gli abitanti di molti Paesi in via

di sviluppo), dall'altro se non c'è energia la conservazione degli alimenti diventa un problema e lo stesso sviluppo di un'agricoltura intensiva e in grado di sopperire alle esigenze alimentari della popolazione è impossibile;

2. le transizioni agricole fatte con la pistola della "crisi climatica" alla tempia rischiano di rivelarsi contrarie alla razionalità. In tal senso è emblematica la strategia "Farm to Fork" della Commissione Europea (Ferrero et al., 2021);
3. sul piano energetico, il solare e l'eolico sono fonti discontinue e pertanto esiste un problema di accumulo per dare continuità nel tempo all'energia da esse prodotta; in ragione di ciò, solare ed eolico sono un pezzetto della soluzione al problema della sicurezza energetica, da affrontare scegliendo un adeguato mix delle fonti, rinnovabili e non in base a criteri di sostenibilità economica, sociale e ambientale.

Bibliografia

- Alimonti G., Mariani L., Prodi F., Ricci R, A, 2022. A critical assessment of extreme events trends in times of global warming, *Eur. Phys. J. Plus*, (2022) 137:112 <https://doi.org/10.1140/epjp/s13360-021-02243-9>.
- Alpert et al., 2002. The paradoxical increase of Mediterranean extreme daily rainfall in spite of decrease in total values, *Geophysical Research Letters*, vol. 29, n.11, pp 301-314.
- Bassi M., Colombino G., Cremonini R., Masciocco L., 2011. Analisi delle piogge estreme in Piemonte, in Atti del convegno "Le modificazioni climatiche ed i rischi naturali", 53-58.
- Bonaccorso B., Cancelliere A., Rossi G., 2005. Detecting trends of extreme rainfall series in Sicily, *Advances in Geosciences* (2005) 2: 7-11.
- Brunetti M., Caloiero T., Coscarelli R., Gullà G., Nanni T., Simolo C., 2010. Precipitation variability and change in the Calabria region (Italy) from a high-resolution daily dataset, *Volume32, Issue 1, January 2012*, Pages 57-73.
- Campbell et al., 2017 Large historical growth in global terrestrial gross primary production, *Nature*, volume 544, issue 7,648, pages 84-87.
- Coscarelli R. and Caloiero T., 2012. Analysis of daily and monthly rainfall concentration in Southern Italy (Calabria region), *Journal of Hydrology* 416-417 (2012) 145-156.
- Crisci et al., 2002. Extreme rainfall in a changing climate: a regional analysis and hydrological implications for Tuscany, *Hydrological processes*. vol. 16, pp. 1261-1274.
- Diodato et al., 2019. A millennium-long reconstruction of damaging hydrological events across Italy. *Nature, Scientific reports* 2019.
- Faticchi S., Caporali E., 2009. A comprehensive analysis of changes in precipitation regime in Tuscany, *International Journal of Climatology*, Volume 29, Issue 13, 1883-1893.
- Federico G., 2005. *Feeding the World: An Economic History of Agriculture, 1800-2000*. (Princeton and Oxford: Princeton University Press. Cloth) pp 416.
- Ferrero A., Barozzi F. e Mariani L., 2021. Strategie farm to fork e biodiversità dell'UE - impatto economico, ambientale e sulla sicurezza alimentare <https://www.agrariansciences.it/2021/09/strategie-farm-to-fork-e-biodiversita.html>.

- Ghil M., Lucarini V., 2019. The Physics of Climate Variability and Climate Change, *Rev. Mod. Phys.* 92, 035002.
- Glaser, 2010. The variability of European floods since AD 1500, *Climatic Change* (2010) 101:235-256, DOI 10.1007/s10584-010-9816-7.
- Guidi G., 2022. Clima: la crisi c'è, ma non si vede, su *Climate Monitor*, <http://www.climatemonitor.it/?p=56407>.
- IPCC, 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
- IPCC, 2019. *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.) In press. <https://www.ipcc.ch/srccl/>.
- IPCC, 2021. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- Krausmann et al., 2013. Global human appropriation of net primary production doubled in the 20th century, *PNAS*, June 18, 2013, vol. 110 no. 25, <https://doi.org/10.1073/pnas.1211349110>.
- Lian X. et al., 2020. Summer soil drying exacerbated by earlier spring greening of northern vegetation, <https://doi.org/10.1126/sciadv.aax0255>.
- Libertino A., Ganora D., Claps P., 2019. Evidence for increasing rainfall extremes remains elusive at large spatial scales: the case of Italy, *Geophysical Research Letters*, 10.1029/2019GL083371.
- Lomborg B., 2020. Welfare in the 21st century: Increasing development, reducing inequality, the impact of climate change, and the cost of climate policies *Technological Forecasting & Social Change* 156 (2020) Mariani L., Parisi S., 2013. Extreme rainfalls in the Mediterranean area, in *Storminess and environmental changes: climate forcing and responses in Mediterranean region*. Diodato and Bellocchi (Eds.), Springer.
- Haverd, 2020. Higher than expected CO₂ fertilization inferred from leaf to global observations. *Global change biology*, 2020; 26:2390-2402.
- Mariani L., 2017. Carbon plants nutrition and global food security, *Eur. Phys. J. Plus* (2017) 132: 69 <https://doi.org/10.1140/epjp/i2017-11337-8>.
- Piao, 2020. Characteristics, drivers and feedbacks of global greening *Nature Reviews Earth & Environment* · December 2019 DOI: 10.1038/s43017-019-0001-x.
- Pinna S., 2014. *la falsa teoria del clima impazzito*, Felici editore, pp. 155.
- Pinna S., 2019. *Il cambiamento climatico - la religione del XXI secolo*, 160 pp.
- Satoh M. et al., 2018. Toward reduction of the uncertainties in climate sensitivity due to cloud processes using a global non-hydrostatic atmospheric model, *Progress in Earth and Planetary Science* volume 5, Article number: 67.
- Screen J.A. Simmonds I., 2014. Amplified mid-latitude planetary waves favour particular regional weather extremes, *Nature Climate Change*, 4, 704-709.
- Smith A., 1776. *Inchiesta sulla natura e le cause della ricchezza delle Nazioni*, W. Strahan and T. Cadell, London.
- Soldini L., Darvini G., 2017; Extreme rainfall statistics in the Marche region, Italy. *Hydrology Research* 1 June 2017; 48 (3): 686-700. doi: <https://doi.org/10.2166/nh.2017.091>.
- Sun Q., Zhang X., Zwiers F., Westra S., Alexander L.V., 2021. A Global, Continental, and Regional Analysis of Changes in Extreme Precipitation, *Journal of climate*, 1 Jan 2021, 243-258, DOI: <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-19-0892.1>.
- Targioni Tozzetti G., 1767. *Cronica meteorologica della Toscana per il tratto degli ultimi sei secoli relativa principalmente all'agricoltura* (Alimurgia, 1767), pt. III.
- (Wirth, 2013) Holocene flood frequency across the Central Alps - solar forcing and evidence for variations in North Atlantic atmospheric circulation, *Quaternary science reviews*, 80 (2013), 112-128.
- Zeng N. et al 2014. Agricultural Green Revolution as a driver of increasing atmospheric CO₂ seasonal amplitude, *Nature*, vol 5015, 20 nov. 2014.

GIANLUCA ALIMONTI

Dopo la laurea in Fisica, è stato Guest Scientist per quattro anni al Fermilab di Chicago. Rientrato in Italia come ricercatore INFN, ha collaborato alla realizzazione del tracciatore a pixel di silicio di Atlas, esperimento al CERN di Ginevra, che ha rivelato l'esistenza del bosone di Higgs.

Grazie all'esperienza maturata sui rivelatori al silicio, ha brevettato una cella fotovoltaica ad alta efficienza ed è ora titolare del corso di Fondamenti di Energetica per la laurea magistrale in Fisica presso l'Università degli Studi di Milano e docente in Master post-universitari di secondo livello come "Management and regulation for sustainable energy" alla LUISS di Roma.

Dal 2013 è membro dell'Energy Group della European Physical Society (EPS).

Ha oltre 300 lavori tra presentazioni a conferenze internazionali e pubblicazioni scientifiche; tra queste il volume "Energia, sviluppo, ambiente", il cui scopo è di sviluppare nel lettore una propria capacità critica su questi temi.

Contatti:

gianluca.alimonti@mi.infn.it

LUIGI MARIANI

Agronomo libero professionista con lunga esperienza in agrometeorologia e nell'applicazione di proxy data agricoli allo studio del paleoclima. Direttore del Museo Lombardo di Storia dell'Agricoltura e vicepresidente della Società Agraria di Lombardia, insegna Agronomia generale e coltivazioni erbacee all'Università degli Studi di Brescia e Storia dell'Agricoltura all'Università degli Studi di Milano, dopo essere stato a lungo docente universitario di Agrometeorologia. È stato direttore del servizio agrometeorologico della Lombardia (1985-2001), presidente dell'Associazione Italiana di Agrometeorologia (1997-2006) e membro del RA VI - Task Team of Agrometeorology della World Meteorological Organization (2010-2018). Ha al proprio attivo oltre 400 pubblicazioni scientifiche e divulgative, di cui 86 su riviste peer review con un h index di 16.

Contatti:

luigi.mariani@unibs.it