



Eventi meteorologici estremi e cambiamenti climatici

Una guida per i giornalisti



Ben Clarke
Imperial College London

Friederike Otto
Imperial College London



World Weather Attribution

*Traduzione a cura di
Climate Media Center Italia,*

www.climatemediacenteritalia.it



Indice

Prefazione	4
Introduzione	6
La scienza dell'attribuzione Una panoramica	8
Esempi di studi di attribuzione degli eventi estremi	12
Come informare sugli eventi estremi quando non ci sono studi di attribuzione	16
Ondate di calore	18
Alluvioni	20
Tempeste tropicali (Uragani, tifoni e cicloni)	23
Nevicate	25
Siccità	27
Incendi	30
Eventi estremi e cambiamenti climatici Una sintesi.	32

Prefazione

Serena Giacomini

Fisica del clima e direttrice scientifica
dell'Italian Climate Network



Questo caldo è colpa del clima che cambia? Quel nubifragio è stato tanto intenso a causa del cambiamento climatico? Chicchi di grandine grossi come pietre sono sempre caduti in Italia con una frequenza tanto elevata? Oppure questi eventi rientrano nella normale variabilità meteorologica?

Per rispondere a queste domande e per raccontare consapevolmente che cosa sta accadendo sopra le nostre teste occorre prima di tutto conoscere la differenza tra meteo e clima, tra andamento globale ed effetti locali, tra intenso ed estremo, tra pericolosità e rischio, tra esposizione e vulnerabilità. Nell'incertezza delle definizioni si possono diffondere più facilmente i dubbi e le interpretazioni soggettive che rischiano di discostarsi dai dati, e quindi dalla scienza.

Noi umani siamo bravi ad adattarci, ma anche a dimenticarci. In estate, 48 gradi di temperatura massima e 35 di temperatura minima ci possono sembrare normali, perché in estate ha sempre fatto caldo! Come se gli italiani si fossero improvvisamente scordati di come dovrebbe essere l'estate mediterranea.

La brutta notizia è che non abbiamo più tempo per dare spazio ai nostri inganni cognitivi, alla nostra inclinazione a interpretare i fatti in base a ciò che ci è parso di osservare nel nostro angolo di mondo e che ci è capitato di sentire nel corso della nostra vita. Non abbiamo più tempo perché la crisi climatica incide in maniera sempre più evidente sulla nostra quotidianità. Abbiamo bisogno che ci vengano comunicati con precisione e autorevolezza gli impatti degli eventi meteorologici estremi e le cause della loro estremizzazione, per capire come mitigare e come adattarci.

La responsabilità di mediare tra la complessità delle dinamiche meteo-climatiche e la comprensibilità delle informazioni che cittadini e cittadine devono ricevere ricade significativamente sui professionisti e le professioniste della comunicazione. Le parole che ascoltiamo dai media hanno il potere di dare forma alla percezione dei cittadini e di influenzare le decisioni politiche. Ma quando si ha a che fare con i fenomeni meteorologici estremi, mettere in relazione un evento locale con la tendenza climatica globale può essere difficile.

L'immediatezza dell'evento può offuscare la comprensione dei trend climatici di lungo periodo, la necessità di comunicare tempestivamente l'emergenza entra in conflitto con la lentezza della scienza nell'accertare le relazioni di causa e effetto. In questo caos, gli studi di attribuzione sono uno strumento importante per fare chiarezza, perché permettono di rispondere con rigore alla domanda: « Questo evento estremo è davvero colpa del cambiamento climatico? E in che misura? ».

Questa guida vuole offrire ai giornalisti e alle giornaliste strumenti concreti per comunicare in modo scientificamente fondato e comprensibile a tutti le complesse relazioni tra fenomeni estremi e cambiamenti climatici, suggerendo le strategie migliori per riportare dati accurati, informazioni contestualizzate e soluzioni applicabili.

L'obiettivo è elevare il discorso pubblico oltre le speculazioni, le semplificazioni e le divisioni di parte, ancorandolo all'evidenza scientifica. In un tempo dove la verità è spesso soggetta a distorsioni e manipolazioni, supportare i media a comprendere e raccontare al meglio il rapporto tra riscaldamento globale ed eventi estremi rappresenta un investimento cruciale per il futuro del Pianeta e della nostra società.

Introduzione

Gli eventi meteorologici estremi come le ondate di calore, le forti piogge, le tempeste e le siccità stanno diventando più frequenti e intensi in molte parti del mondo, come conseguenza dei cambiamenti climatici causati dalle attività umane. Tuttavia, non tutti gli eventi stanno diventando più probabili, e le tendenze variano nelle diverse regioni del mondo. Questi eventi estremi esercitano spesso grandi impatti sulla società, come la perdita di raccolti e di terreni agricoli, la distruzione di proprietà, l'interruzione di servizi pubblici e la perdita di vite umane. Per questo, gli eventi estremi più gravi generano grande attenzione nel pubblico riguardo alle loro cause. Sempre più spesso le persone si chiedono: « Questo evento è stato causato dai cambiamenti climatici? ».

Questa guida nasce per aiutare i giornalisti a rispondere a questa domanda. Innanzitutto, introduce la scienza dell' "attribuzione degli eventi estremi" — cioè un metodo per determinare il grado in cui un evento meteorologico è stato influenzato dai cambiamenti climatici. Inoltre, per gli eventi estremi di maggiore interesse pubblico, espone le affermazioni che possono essere comunicate in modo affidabile, anche nel caso in cui non sia disponibile uno specifico studio scientifico di attribuzione. Queste indicazioni si basano sulle migliori conoscenze disponibili, con riferimento agli studi scientifici più recenti sugli eventi estremi e all'ultimo rapporto dell'IPCC. In fondo a questa guida troverete una sintesi dei punti salienti per ogni tipologia di evento meteorologico estremo.

Ci sono tre errori che le testate giornalistiche commettono spesso quando trattano di eventi meteorologici estremi: ignorare i cambiamenti climatici come causa dell'evento, attribuire l'evento ai cambiamenti climatici senza fornire alcuna prova di questa affermazione, oppure attribuire un evento meteorologico estremo solamente ai cambiamenti climatici come unica causa.

Questo accade perché la domanda se i cambiamenti climatici abbiano causato un evento, pur sembrando ragionevole, in realtà è mal posta. Per esempio, se un accanito fumatore sviluppasse un tumore ai polmoni, non diremmo che le sigarette hanno causato il tumore — piuttosto potremmo dire che i danni causati dal fumo di sigaretta lo hanno reso più probabile. Allo stesso modo, i cambiamenti climatici non possono da soli "causare" un evento (intendendo il termine "causa" in senso binario), dal momento che tutti gli eventi meteorologici hanno cause multiple, inclusa la natura caotica delle condizioni meteorologiche quotidiane. I cambiamenti climatici possono però influenzare la probabilità e l'intensità di un evento, e quindi la gravità dei suoi impatti su persone, cose ed ecosistemi. I giornalisti incaricati di rispondere all'interesse pubblico suscitato da un disastro devono sapere come i cambiamenti climatici hanno influenzato il singolo evento meteorologico. L'attribuzione degli eventi estremi è il modo in cui gli scienziati possono fornire una risposta a questa domanda.

Fino a poco tempo fa, gli scienziati spesso rinunciavano a collegare un singolo evento ai cambiamenti climatici, indicando semplicemente una tendenza generale e affermando che un determinato evento potrebbe rispecchiare ciò che ci si aspetterebbe di vedere più frequentemente nel futuro. Tuttavia, da alcuni decenni a questa parte i cambiamenti climatici hanno già una profonda influenza sulle condizioni meteorologiche, e la scienza sta imparando a tenere questo fatto in grande considerazione. Negli ultimi anni sono stati sviluppati metodi che consentono agli scienziati di individuare il legame tra i cambiamenti climatici globali e un singolo evento meteorologico estremo, calcolando quanto il riscaldamento globale abbia reso un evento più o meno probabile e più o meno intenso.

La risposta varia da evento a evento in base alle condizioni meteorologiche, alla località, al periodo dell'anno, ma anche alla gravità, all'estensione e alla durata dell'evento. Non tutti gli eventi meteorologici estremi diventano più frequenti e peggiori a causa dei cambiamenti climatici. Alcuni potrebbero diventare meno probabili, oppure non cambiare affatto. La prudenza dei giornalisti nello stabilire una connessione che potrebbe non esistere è quindi giustificata.

L'obiettivo di questa guida è aiutare i giornalisti a informare accuratamente il pubblico sugli eventi meteorologici estremi nel contesto di un pianeta che si sta riscaldando: come potreste informare meglio il vostro pubblico riguardo agli effetti dei cambiamenti climatici sugli eventi estremi che sempre più spesso sperimentiamo, senza esagerare (o, al contrario, minimizzare) questo collegamento?

La scienza dell'attribuzione

Una panoramica

L'idea di attribuire singoli eventi meteorologici a una certa causa nasce da un climatologo la cui casa stava per essere allagata. Mentre osservava l'acqua salire, cominciò a riflettere sulla questione della responsabilità: **chi era responsabile** degli impatti a scala locale dei cambiamenti climatici globali? Sarebbe stato possibile stabilire questa connessione in modo scientificamente rigoroso?

Gli studi di attribuzione degli eventi calcolano se, e in che misura, uno specifico evento estremo è stato reso più (o meno) probabile e/o intenso a causa dei cambiamenti climatici.

Il **primo studio di attribuzione di un evento estremo** è stato pubblicato nel 2004 e riguardava un'ondata di calore dell'anno precedente. L'estate del 2003 in Europa occidentale è stata eccezionalmente calda, con un'ondata di calore prolungata e senza precedenti in cui **70 000 persone in più rispetto alla norma hanno perso la vita**. A seguito di questa catastrofe su scala continentale, i ricercatori hanno utilizzato modelli di simulazione del clima per comprendere il ruolo svolto dai cambiamenti climatici.

Per farlo hanno seguito questi passaggi:

- In primo luogo, i ricercatori hanno eseguito migliaia di simulazioni del clima moderno, riscaldato dalle attività umane. In pratica, questo significa far girare un modello climatico molte volte a partire sempre dalle stesse condizioni, producendo migliaia di simulazioni annuali del tempo meteorologico in base al clima attuale. Si tratta di un metodo utile per studiare quegli eventi estremi che sono rari per definizione. Nell'ambito di queste simulazioni, hanno contato quante volte si è verificata un'ondata di calore estrema quanto quella del 2003. In questo modo hanno scoperto che si trattava di un evento molto raro, anche in un mondo riscaldato.
- In seguito, hanno simulato come si sarebbe comportato il clima senza le emissioni prodotte dalle attività umane, inclusi gas serra e aerosol, eliminando virtualmente il cambiamento climatico causato dall'uomo. Poiché la quantità di gas serra presente nell'atmosfera a causa dell'utilizzo di combustibili fossili è nota con certezza, questa operazione può essere eseguita in modo relativamente semplice. Quando i ricercatori hanno contato quante volte si sarebbe verificata un'ondata di calore estrema in questo clima virtuale, questa è risultata ancora più rara; talmente rara, che l'evento sarebbe stato quasi impossibile senza l'influenza umana.

- Infine, hanno confrontato i numeri ottenuti con e senza il riscaldamento globale, e hanno concluso che i cambiamenti climatici causati dalle attività umane hanno reso eventi come l'estate europea del 2003 almeno il doppio più probabili, e verosimilmente molto di più.

Dal 2004, gli studi di attribuzione sono stati condotti per diversi eventi meteorologici in tutto il mondo da parte di ricercatori di molti Paesi diversi — anche se il numero sia degli studi che dei ricercatori coinvolti è **fortemente sbilanciato verso il nord del mondo**. Oggi esiste un metodo consolidato che si è sviluppato ben oltre i tre passaggi descritti sopra, come è spiegato [qui](#), e che consente l'attribuzione di molti tipi di eventi meteorologici estremi.

Come prima cosa, gli scienziati definiscono l'evento estremo. Questo passaggio non è banale, poiché lo stesso evento — per esempio un'ondata di calore nel Regno Unito — potrebbe essere descritto in modi diversi: tre giorni sopra i 30°C a Londra, oppure dieci giorni sopra i 25°C in tutta l'Inghilterra e il Galles. Questa scelta influisce sui risultati dello studio di attribuzione. L'approccio più recente è utilizzare diverse definizioni e calcolare i risultati per ciascuna di esse. Questo dà agli scienziati un'idea di come la definizione dell'evento influisca sui risultati, e consente di impostare lo studio puntando all'aspetto dell'evento più correlato ai suoi impatti. Nel caso citato sopra, l'ondata di calore misurata su Londra potrebbe essere stata più impattante perché era molto più intensa, nonostante interessasse una superficie più piccola.

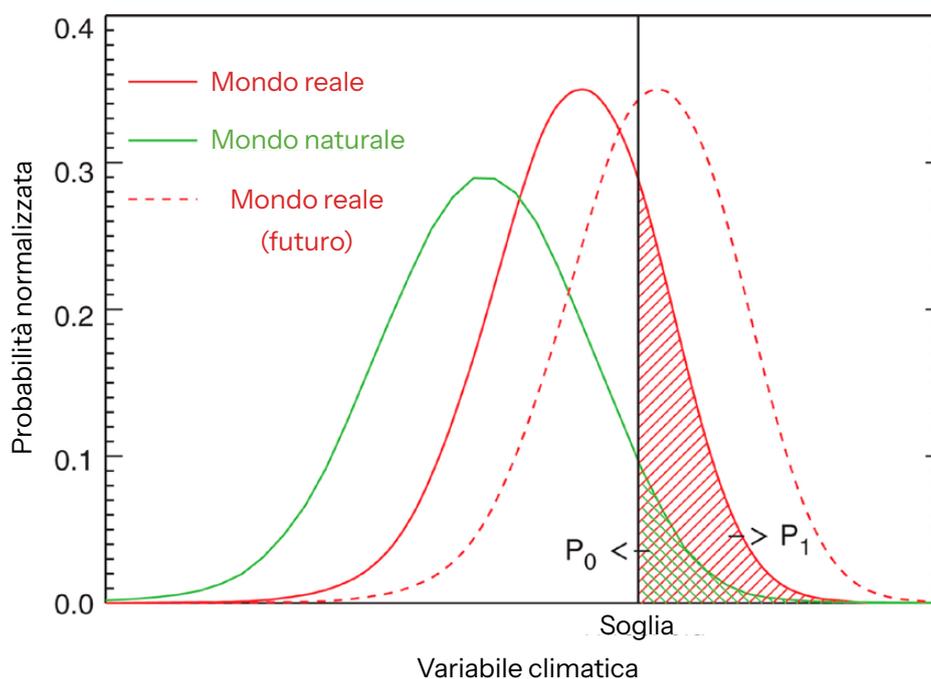


Figura 1 | Attribuzione di eventi estremi nella pratica, da [Stott et al., 2016](#). Le due curve rappresentano una variabile climatica, come la temperatura giornaliera. Le temperature medie sono le più probabili (il picco della curva), mentre le temperature estreme (caldo e freddo, agli estremi) sono le meno probabili. La curva verde rappresenta la probabilità che queste temperature si verificano nel mondo pre-industriale, non riscaldato dall'influenza delle attività umane, mentre il rosso rappresenta il mondo odierno. La linea di soglia è quella che selezioniamo per individuare un evento estremo (in questo esempio una giornata molto calda). La differenza nella dimensione delle aree ombreggiate ($P_1 - P_0$) mostra quanto un evento sia diventato più probabile nel mondo odierno. La curva tratteggiata mostra come il tempo meteorologico potrebbe cambiare ancora in futuro — suggerendo in questo caso che la giornata molto calda nel clima attuale potrebbe diventare una giornata relativamente fresca nel clima futuro.

Oggi l'analisi di attribuzione consiste in tre metodi separati, ma collegati tra loro. I passaggi descritti sopra descrivono solo la prima parte della moderna metodologia, cioè simulare e confrontare tra loro il clima odierno e quello pre-industriale, usando molti modelli climatici diversi. Il secondo metodo consiste nell'utilizzare osservazioni meteorologiche del presente e del passato, per verificare come la probabilità associata a eventi simili si sia modificata nel tempo. Il terzo utilizza le simulazioni dei modelli climatici come se fossero osservazioni reali: anziché simulare il mondo con e senza influenza umana, si simula il clima a partire da una data storica — diciamo dal 1900 — fino ai giorni nostri, con emissioni antropiche in lento aumento. Questo consente agli scienziati di rilevare le tendenze degli estremi e di calcolare la variazione complessiva della loro probabilità di accadimento. L'uso simultaneo di diversi metodi di attribuzione per valutare l'influenza dei cambiamenti climatici, oltre al ricorso a diversi simulatori climatici, **consente di aumentare l'affidabilità dei risultati**.

I risultati di questi studi permettono agli scienziati di fare affermazioni sugli eventi meteorologici del tipo: « Questo evento è stato reso almeno due volte più probabile dai cambiamenti climatici causati dalle attività umane », oppure « Questa ondata di calore è risultata di tre gradi più calda di quanto sarebbe stata in un mondo senza riscaldamento globale ». Potremmo anche essere in grado di dire che un evento sarebbe stato praticamente impossibile senza i cambiamenti climatici, se quell'evento non ha precedenti storici e non appartiene ai risultati simulati nei modelli in assenza di cambiamenti climatici.

Un database dei risultati degli studi di attribuzione condotti su eventi estremi in tutto il mondo — più di 400 finora — **è stato pubblicato su Carbon Brief**. Dal 2014, un'iniziativa guidata da una collaborazione paneuropea di esperti di scienza dell'attribuzione, **World Weather Attribution**, ha condotto diversi studi rapidi di attribuzione. L'obiettivo è di produrre un risultato sul ruolo dei cambiamenti climatici il più rapidamente possibile — in alcuni casi anche mentre l'evento è ancora in corso. A causa del breve arco temporale previsto da questo tipo di lavoro, i risultati vengono pubblicati prima di poter ottenere una revisione scientifica tra pari, ma utilizzando metodi che sono stati essi stessi sottoposti a revisione.

Più di recente, gli studi di attribuzione sono stati utilizzati da diversi tipi di utenti. Per esempio, come prova in cause giudiziarie climatiche di portata storica, come nei casi **Juliana contro Stati Uniti d'America**, Pabai Pabai e Guy Paul Kabai contro Commonwealth of Australia, e Lliuya contro RWE, e in una denuncia contro Jair Bolsonaro alla Corte penale internazionale. L'utilizzo efficace dell'attribuzione nei casi legali è un'area di **ricerca** in rapida evoluzione. Inoltre, le ricerche sulla comunicazione dei cambiamenti climatici suggeriscono che l'attribuzione « si mostra promettente [...] a causa della sua capacità di collegare informazioni scientifiche insolite, accattivanti e specificamente riferite a singoli eventi alle esperienze personali e alle osservazioni degli eventi estremi ».

Esempi di studi di attribuzione degli eventi estremi

Alluvioni in Bangladesh,

Agosto 2017

- L'evento:** Nel mese di agosto 2017 in Bangladesh si sono verificate forti piogge, con ulteriori flussi d'acqua provenienti da monte, in India, che si sono uniti ai grandi bacini fluviali. Il fiume Brahmaputra ha raccolto la maggior parte di quest'acqua e ha sormontato gli argini, causando livelli record di inondazione e allagamenti diffusi, soprattutto nel nord del Paese. Le alluvioni hanno colpito le abitazioni e i mezzi di sussistenza di quasi 7 milioni di persone.
- Il legame con i cambiamenti climatici:** Lo studio di attribuzione condotto per questo evento non è riuscito a concludere se le precipitazioni estreme avessero acquisito maggiore intensità a causa dei cambiamenti climatici. Questo è dovuto in parte al fatto che i dati sulle piogge coprivano un intervallo di tempo troppo breve per essere affidabili, e in parte al fatto che gli aerosol di solfato presenti nel sud dell'Asia causano un effetto di raffreddamento locale, compensando così parzialmente il riscaldamento globale. In ogni caso, in futuro, con un riscaldamento globale di 2°C, eventi di precipitazioni estreme come questo diventeranno circa il 70% più probabili.

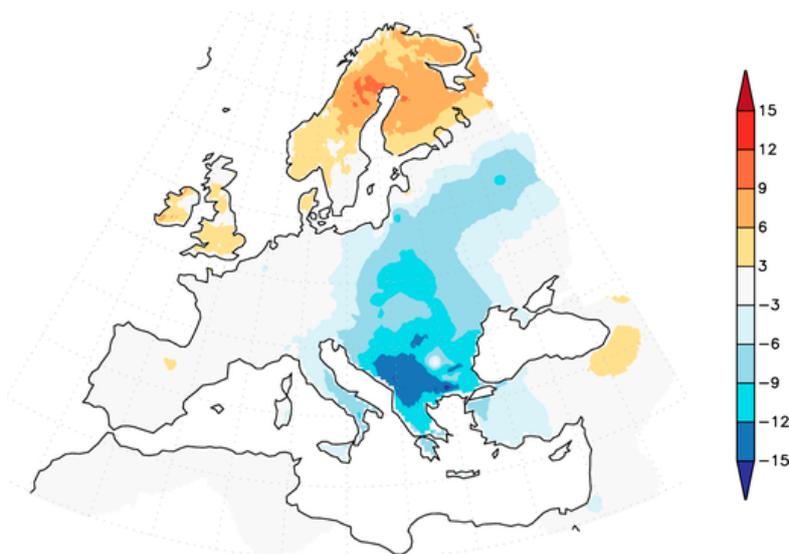
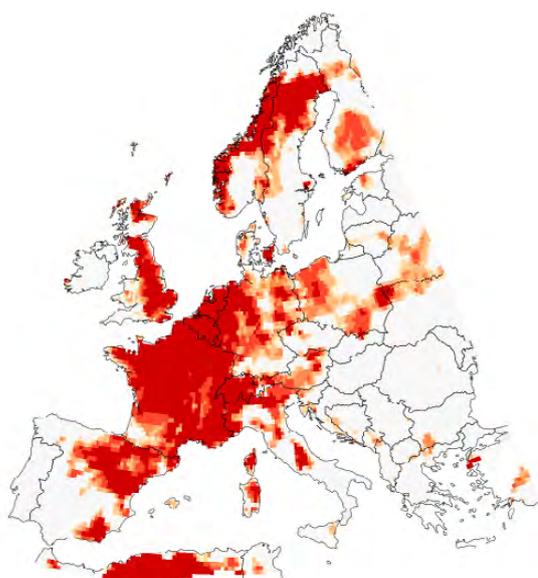


Figure 2 | Deviazione dalla norma della temperatura media giornaliera (°C) nei cinque giorni tra il 7 all'11 gennaio 2017 in Europa. Fonte: [World Weather Attribution](#) (visitato il 27/10/2024)

Freddo estremo nell'Europa sudorientale,

Gennaio 2017 | Figura 2

- **L'evento:** Nel gennaio 2017 un sistema di alta pressione ha portato temperature estremamente basse e neve in Italia, nei Balcani e in Turchia. Le temperature nelle aree interessate variavano da 5 a 12°C al di sotto della media del periodo, e le condizioni estreme hanno causato la chiusura di scuole, incidenti stradali e cancellazioni di voli aerei.
- **Il legame con i cambiamenti climatici:** Un evento del genere non era del tutto senza precedenti, poiché si verifica in media una volta ogni 35 anni. Le temperature nella regione sono molto variabili, quindi non è stato possibile quantificare l'effetto del riscaldamento globale. Tuttavia, è inequivocabile che un evento come questo sarebbe stato ancora più freddo prima dei cambiamenti climatici causati dall'azione umana.



Ondata di calore in Europa occidentale,

Luglio 2019 | Figura 3

- **L'evento:** Alla fine di luglio 2019, le temperature in tutta l'Europa occidentale e in Scandinavia sono schizzate in alto per 3-4 giorni, abbattendo i precedenti record dell'estate 2003. Nei Paesi Bassi e in Belgio le temperature hanno raggiunto per la prima volta i 40°C.
- **Il legame con i cambiamenti climatici:** In Francia e nei Paesi Bassi, un'ondata di calore di questa intensità è diventata circa 100 volte più probabile a causa dei cambiamenti climatici. In Germania e nel Regno Unito l'evento è risultato circa 10 volte più probabile. In tutte le regioni interessate, le temperature sono state circa 1,5-3°C più calde di quanto sarebbero state altrimenti.

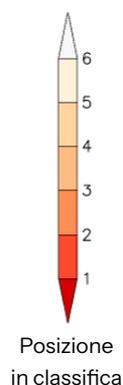


Figure 3 | Classifica delle temperature massime annuali osservate in Europa nel 2019 rispetto al periodo 1950-2012. Fonte: [World Weather Attribution](#) (visitato il 27/10/2024)

Siccità a Città del Capo,

2015-2017 | Figura 4

- L'evento:** Dal 2015 al 2017, la provincia sudafricana del Capo Occidentale ha sofferto precipitazioni inferiori alla media per tre anni consecutivi e le riserve di acqua in tutta la regione si sono gravemente ridotte. Città del Capo, che dipende dall'acqua proveniente da queste riserve, è arrivata a pochi giorni dal 'Giorno Zero' nel quale le condutture della città sarebbero rimaste a secco. Il sistema di gestione dell'acqua, composto da 14 dighe e condotte, è stato progettato per mitigare eventi di siccità che si verificano statisticamente una volta ogni 50 anni. Tuttavia, la gestione dell'acqua nella regione è stata ritenuta influenzata da episodi di **politicizzazione** e **corruzione**.
- Il legame con i cambiamenti climatici:** Sebbene un evento come questo rimanga raro con il clima attuale — circa una volta ogni cento anni — la probabilità risulta oggi triplicata per effetto dei cambiamenti climatici.

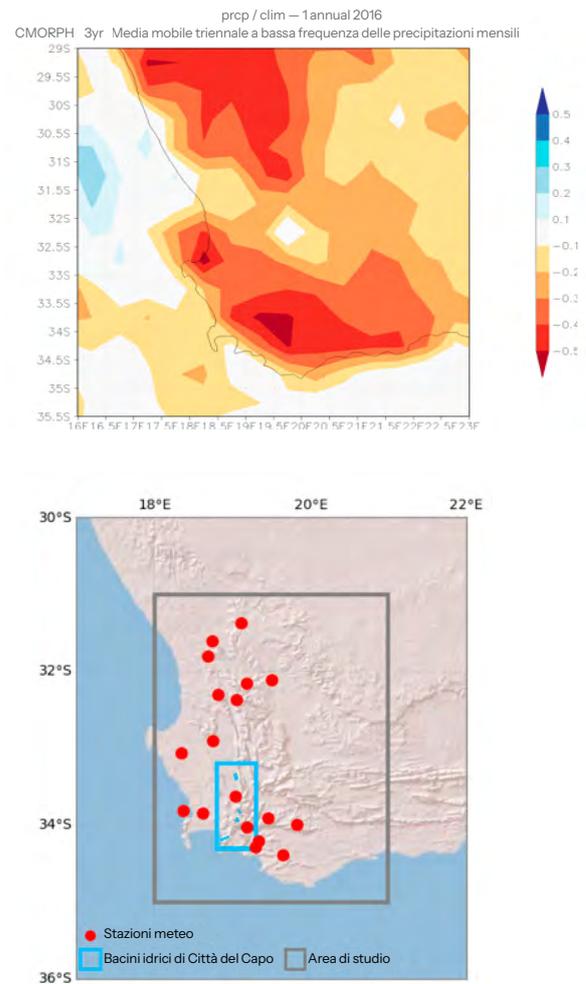


Figura 4 | (in alto) Anomalie delle precipitazioni 2015-2017 nella regione del Capo rispetto al periodo 1998-2014. (in basso) L'area di studio (quadrato grigio) e la posizione dei bacini idrici (quadrato blu). Fonte: [World Weather Attribution](#) (visitato il 27/10/2024)

Come informare sugli eventi estremi quando non ci sono studi di attribuzione

Perché potrebbe non esserci uno studio di attribuzione?

Sebbene gli eventi meteorologici estremi che sono stati analizzati utilizzando l'attribuzione siano più di 400 dalla pubblicazione del primo studio nel 2004, questi coprono solo una piccolissima parte del numero totale di eventi estremi che hanno causato impatti sulla società nello stesso periodo.

Gli studi rapidi di attribuzione richiedono l'impegno di numerosi ricercatori che lavorano a ritmo serrato per diversi giorni — attualmente non è possibile redigerli per ogni evento meteorologico importante. Il servizio World Weather Attribution, per esempio, è ancora gestito interamente su base volontaria.

A limitare il numero di questi studi è anche il tipo di evento. Alcuni eventi meteorologici hanno una relazione più complicata con il riscaldamento globale rispetto ad altri. Le ondate di calore sono il caso più semplice. Infatti, se c'è più calore nell'atmosfera, il caldo estremo diventa più probabile. Anche le precipitazioni sono relativamente semplici da analizzare, poiché l'aria più calda tende ad avere un maggiore tasso di umidità. Questi eventi quindi vengono studiati più frequentemente.

Eventi come siccità, tempeste di neve, tempeste tropicali e incendi sono invece più complicati. Per esempio, le siccità si verificano spesso a causa di varie combinazioni di scarse precipitazioni, alte temperature e interazioni tra l'atmosfera e la superficie terrestre. Inoltre si estendono su periodi di tempo più lunghi. Questo comporta una serie di sfide. Per studiare efficacemente questi eventi, le osservazioni meteo del passato devono essere omogenee e di alta qualità, e i modelli climatici devono essere in grado di simulare questi fenomeni più complessi.

Cosa si può dire?

È possibile parlare di collegamenti tra eventi meteorologici e cambiamenti climatici anche in assenza di uno studio di attribuzione. Questo deriva da due ordini di evidenze. In primo luogo, poiché il campo della scienza dell'attribuzione si avvicina ad avere 20 anni di età, per molti nuovi eventi esistono già studi di attribuzione di precedenti eventi simili, che possono suggerire l'influenza dei cambiamenti climatici sui nuovi eventi. Inoltre abbiamo una comprensione teorica relativamente approfondita dei principali processi responsabili degli eventi estremi in molte regioni del mondo, e il [Volume 1 del Sesto Rapporto di valutazione dell'IPCC](#), pubblicato nel 2021, fornisce una panoramica sui cambiamenti negli eventi meteorologici che stiamo già osservando.

Da qui in avanti, la guida illustra ciò che la scienza climatica ci consente di dire — e ciò che non ci consente di dire — riguardo al collegamento tra eventi estremi e cambiamenti climatici quando non c'è uno studio di attribuzione.

In alcuni casi il quadro è chiaro ed è possibile formulare dichiarazioni rapidamente e con elevata confidenza — cioè una misura del grado di “fiducia” o “affidabilità” di un'affermazione o di una stima — per qualsiasi regione del mondo. In altri casi, il livello di confidenza è più basso per determinate dichiarazioni che riguardano alcune parti del mondo, o per alcuni aspetti relativi a un evento estremo. Questa è una sfumatura importante di cui tenere conto per poter fornire informazioni accurate al pubblico

Un disastro è più di un evento meteorologico estremo

Quando si parla di eventi meteorologici estremi è importante sottolineare che, indipendentemente dai cambiamenti climatici, i pericoli naturali come alluvioni, siccità e ondate di calore diventano disastri come risultato della vulnerabilità della società. Chi o cosa è in pericolo determina se l'evento meteo diventa un disastro, e molto spesso è lo status sociale ed economico delle persone a generare impatti differenziati e sproporzionati.

Ondate di calore

Ogni ondata di calore nel mondo è resa oggi più intensa e più probabile dai cambiamenti climatici causati dalle attività umane

Il riscaldamento globale viene misurato attraverso parametri medi su tutto il mondo, ma questo non rispecchia l'esperienza delle persone. Man mano che la temperatura media aumenta, a cambiare è anche l'intervallo delle temperature possibili in un determinato luogo e momento. Questo significa che, in ogni località, le giornate moderatamente calde sono diventate leggermente più probabili, e le giornate moderatamente più fresche sono leggermente meno probabili. Le temperature che un tempo erano considerate estreme ora sono semplicemente insolite, e le temperature che in passato erano quasi impossibili rappresentano la nuova definizione di estremo. È importante considerare che il cambiamento della probabilità avviene più rapidamente per le temperature più estreme. Questo risulta evidente osservando la Figura 1: in un mondo più caldo la probabilità di una data temperatura vicina al centro delle curve aumenta leggermente, mentre le temperature in corrispondenza della "coda" della distribuzione hanno una probabilità di verificarsi diverse volte più grande. Questo significa che un aumento di 1°C della temperatura media globale rende le ondate di calore più calde di quanto non corrisponda semplicemente a 1°C in più.

Il rapporto IPCC del 2021 è inequivocabile nel dichiarare che sia il calore medio sia quello estremo stanno aumentando in ogni continente e che ciò è dovuto ai cambiamenti climatici causati dalle attività umane:

- Un'ondata di calore che si sarebbe verificata **una volta ogni 10 anni** nel clima pre-industriale, ora si verificherà 2,8 volte ogni dieci anni e sarà più calda di 1,2°C. A +2°C di riscaldamento globale, si verificherà 5,6 volte e sarà più calda di 2,6°C.
- Un'ondata di calore che si sarebbe verificata **una volta ogni 50 anni** nel clima pre-industriale, ora si verificherà 4,8 volte ogni 50 anni e sarà più calda di 1,2°C. A +2°C di riscaldamento globale, si verificherà 13,9 volte e sarà più calda di 2,7°C.

Questi sono numeri medi globali riferiti a ondate di calore moderate, ma le ondate di calore estreme in una specifica località possono essere anche diverse centinaia di volte più probabili a causa dei cambiamenti climatici, come risulta evidente negli studi di attribuzione per gli eventi individuali. L'ondata di calore record del 2021 verificatasi nell'ovest del Canada e negli Stati Uniti sarebbe stata **quasi impossibile senza il cambiamento climatico causato dall'uomo**, così come anche **l'ondata di calore siberiana del 2020**. Nel 2015, eventi letali caldi e umidi nel nord dell'India e in Pakistan sono stati **drammaticamente aumentati nella loro probabilità di accadere a causa dei cambiamenti climatici**. Altri studi mostrano risultati simili in **Cina, Argentina**, in tutte le parti d'Europa e del **Nord America, Nord e Centro Africa, Oceania e Sud-est asiatico**. Gli esempi descritti sono solo una parte di quelli che sono stati studiati nella letteratura scientifica esistente. La scienza

dell'attribuzione ha costantemente dimostrato una tendenza verso ondate di calore più calde e più frequenti, e ognuna di queste potrebbe colpire milioni di persone.

Limiti e punti da evidenziare

La connessione tra riscaldamento globale e ondate di calore più intense e frequenti è incredibilmente forte in tutto il mondo; non è necessario prestare eccessiva cautela nel formulare questa affermazione. Questo è valido sia per le ondate di calore distruttive su larga scala preannunciate dai servizi meteorologici nazionali, che per le singole giornate calde a scala locale. Altri punti degni di nota sono elencati di seguito:

- **“Cause” dell'ondata di calore** — Le ondate di calore si originano come conseguenza del comportamento dell'atmosfera. Per esempio, enormi meandri delle correnti a getto, noti come **onde planetarie**, possono portare a un caldo estremo e persistente — esempi notevoli includono le ondate di calore in Europa nel 2003 e in Russia nel 2010, in cui sono morte rispettivamente 70 000 e 55 000 persone. Il caldo eccezionale in Siberia nell'inverno e primavera del 2020 è stato in parte causato da diverse dinamiche atmosferiche nelle zone artiche — una corrente a getto molto forte ha creato cieli nuvolosi (e quindi condizioni meteorologiche più miti) e ha spinto aria più calda verso nord. Il dibattito è ancora aperto sull'entità con cui i cambiamenti climatici stanno influenzando le onde planetarie e i loro effetti dinamici. Alcuni studi hanno dimostrato questi effetti e sono stati ampiamente resi noti, mentre altri no. Su questo manca ancora un verdetto. A seconda che questo legame esista o meno, in futuro le ondate di calore potranno essere leggermente più o meno probabili, o più o meno gravi. Tuttavia, attualmente qualsiasi effetto di questo tipo è molto più piccolo rispetto all'effetto diretto del riscaldamento globale sulle ondate di calore estreme.
- **Notizie contraddittorie sull'attribuzione dell'ondata di calore** — In generale, le ondate di calore a scala continentale o nazionale, come quelle in Europa occidentale o in Brasile, o su un'ampia scala temporale, come un'intera estate, hanno una connessione diretta più forte con il riscaldamento globale. Ad esempio, un'ondata di calore che si verifica durante l'estate in Europa occidentale mostrerà probabilmente un effetto di riscaldamento globale maggiore rispetto a un'ondata di calore di tre giorni in Inghilterra. Questo in passato ha dato luogo a notizie apparentemente contraddittorie da parte dei media, laddove diversi studi definiscono un evento in modo diverso. Per esempio, l'ondata di calore del Regno Unito del 2018 è stata riportata sia come « almeno due volte più probabile » che come « trenta volte più probabile » — la prima informazione riguardava un'ondata di calore di tre giorni a Oxford, mentre la seconda si riferiva alla temperatura media lungo tutta l'estate in tutta l'Inghilterra sud-orientale. Indipendentemente da questo, i giornalisti dovrebbero essere certi dell'attribuzione di un'ondata di calore estremo ai cambiamenti climatici causati dall'uomo.
- **Essere troppo cauti** — Un'eccessiva cautela nel trattare le notizie sulle ondate di calore può comportare il rischio di imprecisioni giornalistiche. Sempre più spesso le ondate di calore infrangono record, come diretta conseguenza di un mondo che si sta riscaldando rapidamente. Anche il verificarsi simultaneo di ondate di calore in molte parti del mondo è diventato più probabile, con la possibilità di impatti molto maggiori su persone, agricoltura e sistemi alimentari rispetto a un evento isolato. La ricerca mostra che questi “eventi composti” sarebbero **praticamente impossibili** senza i cambiamenti climatici.

Alluvioni

Le precipitazioni estreme sono diventate più comuni e intense per i cambiamenti climatici di origine umana nella maggior parte del mondo, e più precisamente in Europa, nella maggior parte dell'Asia, nell'America del Nord centrale e orientale, e in parti del Sud America, Africa e Australia. Altrove non è ancora possibile essere certi di questo cambiamento. Come risultato, le alluvioni sono diventate probabilmente più frequenti e gravi in queste località, seppure siano influenzate anche da altri fattori umani.

Ci sono due modi in cui i cambiamenti climatici possono influenzare le precipitazioni intense. Innanzitutto un'atmosfera più calda trattiene più umidità. Questo perché le molecole d'acqua si muovono più rapidamente quando fa più caldo, e quindi sono più propense a trovarsi in fase gassosa — come vapore nell'aria — anziché in fase liquida. Gli scienziati descrivono questo concetto usando l'equazione di Clausius-Clapeyron, secondo cui in un'aria più calda di 1°C c'è il 7% in più di umidità. Di conseguenza, le precipitazioni associate a un singolo evento sono più abbondanti. Questo spiega in gran parte perché i cambiamenti climatici hanno causato un aumento globale delle piogge estreme.

Secondo, i cambiamenti climatici influenzano la frequenza delle condizioni in cui si verificano nubifragi e rovesci improvvisi, che a loro volta derivano da fenomeni meteorologici complessi e da determinate caratteristiche della circolazione atmosferica. Queste condizioni sono più difficili da simulare nei modelli, quindi gli studi di attribuzione si assicurano che i modelli utilizzati sappiano riprodurre accuratamente queste configurazioni

meteorologiche. Questo aspetto, comunque, può essere relativamente poco importante. Uno **studio** di attribuzione condotto in Nord Europa ha rilevato infatti che l'influenza umana ha avuto fino a oggi un impatto limitato sulla circolazione atmosferica responsabile degli eventi di precipitazione intensa.

Le alluvioni sono i disastri più frequentemente studiati tra quelli associati agli eventi meteo estremi (nonostante non siano necessariamente l'evento più frequente; altri eventi estremi come le ondate di calore, tuttavia, non vengono sempre registrati, in particolare nel sud del mondo). Ci sono molti tipi di alluvioni, tra cui le alluvioni fluviali, le alluvioni da risalita della falda, le inondazioni costiere e le piene improvvise (*flash flood*). Fatta eccezione per quelle costiere, le alluvioni sono sempre causate in qualche misura da precipitazioni intense, sulle quali i cambiamenti climatici hanno un impatto significativo. Le inondazioni costiere saranno affrontate brevemente nella sezione *Limiti e punti da evidenziare*, mentre qui ci riferiremo alle alluvioni causate dalle piogge.

Dagli anni Cinquanta, le forti precipitazioni sono diventate più frequenti e intense nella maggior parte del mondo. Ora sappiamo che questo è dovuto principalmente ai cambiamenti climatici causati dalle attività umane. Le precipitazioni intense non sono diminuite in modo significativo in nessun luogo del pianeta. A livello globale i **rapporti dell'IPCC** affermano che, in un dato luogo, un evento di pioggia che un tempo si verificava una volta ogni dieci anni, oggi si verifica 1,3 volte ogni dieci anni ed è del 6,7% più umido. Con un riscaldamento globale di +2°C, accadrà in media 1,7 volte ogni dieci anni e sarà più umido del 14%.

Gli studi di attribuzione mostrano tendenze più forti per alcune aree e più deboli altrove. Per esempio, la tempesta Desmond nel 2015 ha causato gravi alluvioni nel nord dell'Inghilterra e nel sud della Scozia. La quantità totale di pioggia caduta in questa tempesta è stata resa **più probabile di circa il 59%** dai cambiamenti climatici di origine umana. Al contrario, i gas serra hanno avuto **un'influenza molto ridotta (se non nulla)** sulle devastanti alluvioni registrate in Bangladesh nel 2017.

Complessivamente, dalla combinazione di tendenze generali e studi di attribuzione, c'è confidenza sugli aumenti delle alluvioni da piogge causati dai cambiamenti climatici per l'Europa, la maggior parte dell'Asia, il Nord America centrale e orientale, il nord dell'Australia, il nord-est del Sud America e l'Africa del Sud. Ci sono invece maggiori incertezze in aree più vaste dell'Africa, dell'Australia e dell'America del Sud e centrale, e pertanto in questi casi non è possibile formulare affermazioni con sicurezza.

Limiti e punti da evidenziare

- **Incerteza in alcune aree** — Le affermazioni sul legame tra cambiamenti climatici e precipitazioni intense sono meno certe rispetto a quelle che riguardano le ondate di calore, e meno generalizzabili a tutto il mondo. Le ragioni sono diverse: le precipitazioni derivano da fenomeni complessi che spesso sono difficili da simulare nei modelli climatici, e le osservazioni delle precipitazioni storicamente sono spesso sporadiche e meno coerenti nel mondo, il che rende più difficile accertare le tendenze in atto. In termini pratici, ciò significa che possiamo attribuire con sicurezza singoli eventi di pioggia ai cambiamenti climatici solo nelle regioni in cui le tendenze sono caratterizzate dalla maggiore confidenza e, anche allora, dovremmo riconoscere l'esistenza di un'ampia incertezza. Fanno eccezione l'Europa settentrionale e l'America centrale del Nord, dove la confidenza sull'attribuzione è maggiore e le incertezze scientifiche sono relativamente minori.
- **La pioggia non equivale a un'alluvione** — Le nostre affermazioni si riferiscono qui alle precipitazioni intense. Affinché queste si trasformino in alluvioni sono necessari altri fattori legati all'uomo, come l'uso del suolo (per esempio agricoltura, deforestazione, urbanizzazione), la gestione delle acque e la qualità delle opere di difesa contro le alluvioni. Per esempio, una pioggia moderata potrebbe causare gravi alluvioni in una città con un drenaggio molto scarso e un'alta densità di popolazione. In tutte le alluvioni, anche i fattori legati alla vulnerabilità e all'esposizione delle persone svolgono un ruolo molto rilevante.

- **Inondazioni costiere** — Sono causate da venti forti e alte maree, e quindi da due fattori chiave: la forza delle tempeste e il livello del mare. Le inondazioni costiere causate dal vento sono in debole aumento globalmente. Tuttavia, il contributo maggiore dei cambiamenti climatici alle inondazioni costiere è sempre quello legato all'innalzamento del livello del mare: ogni singola inondazione costiera è più alta di quanto sarebbe potuta essere senza i cambiamenti climatici. Questo effetto, da solo, farà sì che **entro il 2100 in molte località** le mareggiate che si verificherebbero statisticamente una volta ogni 100 anni si verificheranno invece una volta all'anno, con un numero maggiore di località colpite negli scenari ad alte emissioni.
- **Alluvioni composte** — La combinazione di forti piogge e intense mareggiate può avere un impatto catastrofico sulle città e comunità costiere. È noto che i cambiamenti climatici abbiano aumentato le probabilità di questi eventi di doppia natura nelle **città del Nord America** e nelle località **dell'Europa settentrionale**, e probabilmente anche altrove.

Tempeste tropicali

(Uragani, tifoni e cicloni)

Il numero complessivo di tempeste tropicali che si verificano ogni anno non è cambiato a livello globale, ma i cambiamenti climatici hanno aumentato la frequenza delle tempeste più intense e distruttive. Le precipitazioni estreme causate dalle tempeste tropicali sono aumentate in modo significativo, in linea con le precipitazioni da altre cause. Le mareggiate sono più alte a causa dell'innalzamento del livello del mare dovuto ai cambiamenti climatici.

I cambiamenti climatici influenzano le tempeste tropicali in tre modi. Prima di tutto aumentando l'intensità delle piogge. Le tempeste tropicali rappresentano già gli eventi di precipitazione più estremi del nostro pianeta. Come per tutti gli eventi estremi di precipitazione, un'atmosfera più calda trattiene più umidità che può precipitare come pioggia. Questo meccanismo funziona su base percentuale e — poiché la quantità totale di pioggia in questi eventi è già estrema — è proprio nelle tempeste tropicali che si osservano gli aumenti assoluti più significativi.

Secondo, c'è più calore negli oceani. Le acque calde dell'oceano alimentano le tempeste tropicali, fornendo loro il carburante. I cambiamenti climatici creano quindi le condizioni in cui tempeste più potenti possono formarsi, intensificarsi rapidamente e persistere fino a raggiungere la terraferma, trasportando più acqua. La quantità di pioggia prodotta dall'uragano Harvey in Texas sarebbe stata **pressoché impossibile** senza l'influenza delle acque oceaniche riscaldate a livelli record nel Golfo del Messico. Ciò significa

anche che le tempeste tropicali si verificano in una fascia più ampia verso nord e verso sud, dove la temperatura superficiale del mare non sarebbe stata sufficientemente alta da generare tempeste prima che i cambiamenti climatici riscaldassero gli oceani. Gli scienziati non vedono né si aspettano di osservare un numero maggiore di tempeste tropicali, ma si aspettano di vederne di più potenti, oltre a tempeste tropicali in luoghi in cui non se ne sono mai viste prima.

Terzo, l'innalzamento del livello del mare. La mareggiata (*storm surge*) è una componente principale dei danni causati dalle tempeste tropicali che, come visto nella sezione *Alluvioni*, è aumentata dai cambiamenti climatici.

I dati sulle tempeste tropicali del passato sono abbastanza limitati, il che rende difficile identificarne chiaramente le tendenze. Ciononostante, anche se il numero assoluto di tempeste tropicali non è cambiato, oggi è evidente che le tempeste tropicali di grande intensità (categorie 3-5 sulla scala Saffir-

Simpson) **sono diventate più frequenti** in tutto il mondo. Queste tempeste sono responsabili della stragrande maggioranza dei danni causati da tutte le tempeste tropicali.

Ora esistono studi di attribuzione per alcune delle principali aree di formazione delle tempeste tropicali, che mostrano come i singoli eventi stanno cambiando. Nell'Atlantico del Nord le precipitazioni totali degli uragani **Katrina, Irma, Maria, Harvey, Dorian e Florence** sono state rese più intense (rispettivamente del 4%, 6%, 9%, 15%, 7,5% e 5%) dai cambiamenti climatici. Nell'insieme queste tempeste hanno causato danni per oltre 500 miliardi di dollari. Nel Pacifico settentrionale le **precipitazioni del tifone Morakot** sono aumentate del 2,5-3,6%, e le recenti stagioni cicloniche estreme intorno alle Hawaii, nell'Atlantico orientale e nel Mar Arabico sono state rese più probabili dai cambiamenti climatici.

Anche singole mareggiate sono attribuite ai cambiamenti climatici. Per esempio **l'area allagata dall'uragano Sandy** è stata resa più estesa dai cambiamenti climatici, colpendo 71 000 abitazioni in più e causando danni aggiuntivi per 8,1 miliardi di dollari. La devastante **mareggiata del tifone Haiyan** ha avuto una intensità maggiore di circa il 20% rispetto a un simile evento in assenza dei cambiamenti climatici.

Limiti e punti da evidenziare

- **Nessun cambiamento nella frequenza degli eventi** — Seppure i cambiamenti climatici stiano aumentando l'attività complessiva delle tempeste tropicali — dato che le tempeste più intense si verificano più spesso — il numero totale di tempeste non sta aumentando.

- **L'intensità non può essere attribuita per una singola tempesta** — Gli studi di attribuzione delle tempeste tropicali riguardano le precipitazioni amplificate e le mareggiate. Sebbene nel tempo si sia verificato un aumento delle tempeste più intense, non possiamo ancora dire se un singolo evento sia stato intensificato dai cambiamenti climatici. Un solo studio scientifico è disponibile su questo argomento, utilizzando un singolo modello di simulazione. Tuttavia, ci sono sempre più evidenze che **oceani più caldi causano un'intensificazione** delle tempeste che non si sarebbe verificata senza i cambiamenti climatici.
- **Rapida intensificazione** — I cambiamenti climatici stanno causando un aumento del numero di tempeste che si intensificano rapidamente, a causa della presenza di acque oceaniche estremamente calde. Una tempesta che si intensifica rapidamente è potenzialmente molto più pericolosa di uno che lo fa gradualmente, perché lascia meno tempo a disposizione per prepararsi all'emergenza, specialmente se si intensifica immediatamente prima di toccare terra. Gli uragani Michael e Harvey sono esempi di tempeste recenti che si sono intensificate rapidamente.
- **Migrazione della traiettoria delle tempeste verso i poli** — Con il riscaldamento delle acque oceaniche, è ragionevole supporre che le tempeste si sposteranno sempre più lontano dall'equatore. Finora è possibile attribuire solo lo spostamento verso nord delle tempeste nel Pacifico Nord occidentale, che colpiscono Asia orientale e sud-orientale, come diretta conseguenza del riscaldamento globale. Di conseguenza, le tempeste tropicali potrebbero colpire luoghi relativamente impreparati, nei quali non esistono precedenti storici per aspettarsi eventi del genere.

Nevicate

Ogni evento di freddo estremo è diventato meno probabile e meno intenso in tutto il mondo a causa dei cambiamenti climatici. Nella maggior parte del mondo non è chiaro come stiano cambiando gli eventi di forte innevamento, ma potrebbero essere aumentati in intensità in alcune parti dell'Asia orientale e settentrionale, del Nord America e della Groenlandia.

Il drammatico riscaldamento della superficie del pianeta comporta maggiori precipitazioni, ma la maggior parte di questo aumento riguarda le precipitazioni sotto forma di pioggia piuttosto che di neve. Eccezioni a questa regola potrebbero riguardare alcune zone del Nord America, dell'Asia orientale e settentrionale e della Groenlandia. Queste eccezioni potrebbero verificarsi perché, laddove la temperatura si mantiene abbastanza bassa da nevicare, il riscaldamento aggiuntivo causa una maggiore umidità atmosferica, che può precipitare come neve. In questi luoghi le neviccate si verificano per un periodo dell'anno più breve e meno frequentemente, ma talvolta con una maggiore intensità.

A oggi la confidenza su come le neviccate si siano modificate a causa dei cambiamenti climatici è scarsa. Questo è dovuto al fatto che per molte località le osservazioni delle neviccate abbondanti sono sporadiche, e alle difficoltà di simulare questo tipo di eventi con i modelli climatici.

Studi di attribuzione sono stati condotti solo per alcuni recenti eventi di forte innevamento, ma non hanno evidenziato nessuna connessione con i cambiamenti climatici – oppure non sono

stati in grado di raggiungere una conclusione certa. Per esempio, i cambiamenti climatici potrebbero aver **ridotto la probabilità** di neviccate autunnali precoci nel Dakota del Sud nel 2013, ma ciò non può essere affermato con sufficiente confidenza da un punto di vista scientifico. Nello stesso anno, neviccate eccezionali nei Pirenei spagnoli sono state causate **solamente dalla variabilità naturale** piuttosto che dall'impatto dei cambiamenti climatici. E nel 2016, i cambiamenti climatici **non hanno influenzato** la tempesta di neve Jonas che ha colpito gli Stati Uniti centro-atlantici orientali.

Tuttavia, alle alte latitudini dell'emisfero settentrionale, così come in alcune parti dell'Asia orientale e settentrionale, del Nord America e della Groenlandia, **gli eventi di forte innevamento potrebbero essere diventati più intensi** a partire dagli anni Cinquanta a causa dei cambiamenti climatici. In Nord America questo è probabile per le aree ad alta quota durante l'inverno, ma meno in altri periodi dell'anno e nelle aree a bassa quota.

Limiti e punti da evidenziare

- **I vortici polari** — Ci sono due tipi di vortici polari in inverno, uno nella troposfera — la corrente a getto — e uno nella stratosfera — il vortice polare stratosferico (SPV). Quando questi vortici si indeboliscono, l'Eurasia e il Nord America subiscono condizioni meteorologiche invernali estreme. Una corrente a getto più debole tende a sbandare, il che può far scendere l'aria fredda dall'Artico, mentre un SPV debole è incline a collassare in un evento di “riscaldamento stratosferico improvviso”, che provoca la fuoriuscita di aria estremamente fredda verso sud. Poiché ciascun vortice è una conseguenza delle differenze di temperatura tra l'Artico e le zone più a sud, questo fenomeno è collegato ai cambiamenti climatici. Dato che l'Artico si sta riscaldando più rapidamente rispetto alle aree temperate, i cambiamenti climatici potrebbero indebolire i vortici polari. Tuttavia a oggi, nonostante vi siano alcune evidenze di un indebolimento della corrente a getto e dello SPV, non è ancora certo se questo fenomeno sia da considerarsi effettivamente estraneo alle variazioni climatiche naturali.
- **Nessuna affermazione certa** — Attualmente la possibilità di attribuire un evento di forte innevamento ai cambiamenti climatici (sia come aumento che come diminuzione della sua probabilità) è molto limitata. Per una forte nevicata che si verifica in Nord America, in Asia settentrionale e orientale, e in Groenlandia, è possibile supporre che ci possa essere una connessione, ma con scarsa confidenza.
- **Neve (e freddo estremo) in un mondo che si riscalda** — Il tempo meteorologico e il clima non sono la stessa cosa. Il clima è la media delle condizioni meteorologiche su un lungo periodo — spesso diversi decenni — e su una grande area — tipicamente una nazione o un continente. Secondo un vecchio proverbio, il clima è ciò che ci si aspetta, il tempo è ciò che si ottiene. Anche in un mondo che mediamente si sta riscaldando, la variabilità naturale del tempo meteorologico rende possibili eventi estremi di freddo e neve in qualsiasi giorno. Diversi studi di attribuzione mostrano che gli eventi di freddo estremo stanno diventando meno probabili in un mondo che si riscalda, ma ciò non li rende impossibili — allo stesso modo, anche se condurre uno stile di vita attivo e sano riduce la probabilità di malattie, questo non significa che sia impossibile che una persona più in forma e più sana si ammali.

Siccità

Le siccità stanno diventando più frequenti e più gravi a causa dei cambiamenti climatici solo in alcune aree: l'Europa, il Mediterraneo, il Sud Africa, l'Asia centrale e orientale, il Sud dell'Australia e il Nord America occidentale. Ci sono alcune evidenze di aumenti nell'Africa occidentale e centrale, nel nord-est del Sud America e in Nuova Zelanda.

I cambiamenti climatici influenzano la siccità in modi diversi, e in particolare attraverso due vie. In primo luogo attraverso l'evaporazione: un'atmosfera più calda richiama una maggiore evaporazione dal suolo. In secondo luogo attraverso le precipitazioni: i singoli eventi di pioggia stanno diventando più intensi in tutto il mondo, cadendo in episodi più brevi e intensi. Questo fatto è importante perché è più probabile che una pioggia più intensa saturi presto il suolo e poi defluisca in superficie, direttamente nei fiumi. Al contrario, lo stesso volume di pioggia, ma distribuito su un periodo più lungo, ha maggiore probabilità di ricaricare l'umidità del suolo e le riserve idriche sotterranee. Pertanto, anche se le precipitazioni complessive rimangono costanti, in alcuni luoghi la siccità può risultare aggravata. In alcune regioni le precipitazioni totali stanno aumentando, il che compensa la siccità rendendola in generale meno probabile, sebbene al momento ci siano sufficienti evidenze solo per l'Australia settentrionale. In altre regioni invece, mentre le piogge intense stanno diventando più frequenti, la quantità totale delle precipitazioni sta comunque diminuendo. Qui i cambiamenti nella siccità sono più evidenti. Nel complesso, la combinazione di maggiore evaporazione, precipitazioni più sporadiche e

intense, e minori precipitazioni medie rende le siccità più frequenti nelle regioni e nelle stagioni che sono già più soggette a questi eventi.

La siccità è un evento complesso. Le forme di siccità sono molte e non esiste un responso univoco sulla loro connessione con i cambiamenti climatici. Le siccità agricole ed ecologiche consistono in un deficit di umidità nel suolo, mentre le siccità meteorologiche, idrologiche e di falda sono caratterizzate rispettivamente da mancanza di precipitazioni, da bassi livelli dei fiumi e delle acque sotterranee. Le siccità agricole ed ecologiche, dettagliate ampiamente nell'ultimo [rapporto dell'IPCC](#), mostrano un segnale più chiaro dei cambiamenti climatici e sono direttamente legate agli impatti sul sistema alimentare e a quelli più ampi sugli ecosistemi.

Le regioni con rischi crescenti di queste siccità sono il Nord America occidentale, l'Asia centrale e orientale, il Mediterraneo, alcune parti dell'Africa centrale, occidentale e meridionale, il Sud America nord-orientale e il sud dell'Australia. Per descrivere quanto una siccità sia grave, gli scienziati utilizzano le unità di deviazione standard — una misura di quanto le condizioni siano inusuali rispetto alla norma — calcolate

per un dato luogo. Questo consente loro di confrontare le tendenze all'inaridimento in aree con livelli annuali di precipitazione e umidità del suolo molto diversi. Nelle regioni soggette a siccità crescente sopra elencate **l'IPCC riporta** che quella che una volta sarebbe stata una siccità decennale ora si verifica 1,7 volte ogni dieci anni ed è 0,3 deviazioni standard più secca. Con un riscaldamento globale di +2°C, l'evento di siccità si verificherà 2,4 volte ogni dieci anni, e sarà di 0,6 deviazioni standard più secco.

Gli studi di attribuzione di molti eventi di siccità recenti mostrano connessioni più forti rispetto a quelle per le tendenze generali, ma ci sono anche esempi di assenza di connessione. È da evidenziare che questi studi riguardano tutte le forme di siccità, comprese quelle agricole ed ecologiche. I risultati quindi sono solo parzialmente confrontabili con le tendenze evidenziate dall'IPCC. A esempio, la siccità nell'area di Città del Capo nel periodo 2015-2017 ha portato a raggiungere quasi il "Giorno Zero" per assenza di acqua — il che è stato reso da **3 a 6** volte più probabile a causa dei cambiamenti climatici. Analogamente, l'estrema aridità di maggio-giugno 2019 in Cina è stata resa **sei volte più probabile** dai cambiamenti climatici. Nei Paesi Bassi, **almeno la metà** dell'aumento osservato nelle siccità agricole è stato causato dai cambiamenti climatici. Altre siccità invece, e in particolare diversi eventi in Africa orientale che hanno provocato gravissimi impatti umanitari, non sono state rese più probabili dai cambiamenti climatici.

In generale, unendo ciò che sappiamo sulle tendenze generali e gli studi di attribuzione dei singoli eventi, possiamo attribuire un aumento della gravità e della probabilità di eventi di siccità con:

- **elevata confidenza** nel Mediterraneo, nell'Africa meridionale, nell'Asia centrale e orientale, nel sud dell'Australia e nel Nord America occidentale.
- **bassa confidenza** nell'Africa occidentale e centrale, nell'Europa occidentale e centrale, nel nord-est del Sud America e in Nuova Zelanda.

Limiti e punti da evidenziare

- **I numeri dell'IPCC sono validi solo per le aree che si stanno inaridendo** — **I risultati dell'IPCC** relativi alle variazioni di frequenza e intensità della siccità valgono solo per le parti del mondo che stanno diventando complessivamente più aride, quindi dovrebbero essere citati solo in relazione alle aree elencate sopra: Nord America occidentale, Asia centrale e orientale, Mediterraneo, ampie aree dell'Africa centrale, occidentale e meridionale, nord-est del Sud America, e sud dell'Australia.
- **Tipi di siccità e incertezza** — Come spiegato, esistono diversi tipi di siccità. La presenza di ciascuna varia a seconda delle regioni, ma anche la nostra conoscenza di ciascun tipo è piuttosto eterogenea. Informare su un evento di siccità richiede quindi una certa cautela. Per favorire la fruibilità di questa guida, tutti i tipi di siccità sono qui sintetizzati in un'unica categoria di eventi. Tuttavia, questo significa sacrificare il nostro livello di confidenza da un punto di vista scientifico, ed è importante che questo venga comunicato bene. Qui è possibile segnalare un'elevata confidenza solo per le regioni per le quali ci sono chiari segnali per molte forme diverse di siccità. La confidenza

invece è bassa per le regioni in cui vi sono evidenze per un solo tipo di siccità. In tutti gli altri luoghi non è possibile dedurre in modo chiaro come una data siccità sia stata influenzata dai cambiamenti climatici. In **Africa orientale**, per esempio, gravi siccità si verificano regolarmente, ma i dati disponibili sono troppo limitati e i modelli climatici risultano inadeguati a consentirci di fare dichiarazioni di attribuzione.

- **Altri fattori** — Come per le alluvioni, la siccità dipende molto dal modo in cui gli esseri umani modificano il suolo e gestiscono l'acqua. Di conseguenza, è importante riferire gli altri fattori chiave che contribuiscono all'evento, come il livello di adattamento delle persone (o, in alcuni luoghi, la loro possibilità di adattarsi) ai cambiamenti climatici. In particolare, quando si parla degli impatti di un dato evento di siccità, è fondamentale considerare il livello di vulnerabilità e di esposizione delle persone — che potrebbe fare la differenza tra un divieto temporaneo di irrigare il prato o lavare l'automobile e una carestia su scala regionale, indipendentemente dall'effetto dei cambiamenti climatici.
- **Siccità e caldo concomitanti** — Come per il caldo e per le alluvioni, la probabilità che si verifichino più eventi estremi contemporaneamente è aumentata rapidamente — più rapidamente degli eventi presi singolarmente. La concomitanza di caldo estremo e siccità può provocare impatti più gravi di ciascuno dei due eventi da solo, inclusi gli incendi (vedi sezione successiva).

Incendi

Il *fire weather*, cioè l'insieme delle condizioni meteorologiche che favoriscono gli incendi, si sta intensificando in tutti i continenti, con aumenti di probabilità e di superficie bruciata chiaramente attribuibili ai cambiamenti climatici nel sud dell'Europa, nell'Eurasia settentrionale, negli Stati Uniti e in Australia, e con alcune evidenze nel sud della Cina.

Il *fire weather* è una combinazione di condizioni di temperatura, siccità e venti forti che genera la massima probabilità di innesco di un incendio, la più alta disponibilità di combustibile per il fuoco e la massima velocità di propagazione delle fiamme. Le tendenze nell'attività degli incendi quindi sono strettamente legate ai cambiamenti combinati della siccità e della temperatura. Questo fa sì che i rischi di incendi aumentino rapidamente in quelle aree in cui il rischio di ondate di calore e quello di siccità stanno aumentando simultaneamente. Tuttavia, poiché il calore sta aumentando su scala globale, il rischio di incendi aumenta anche se il rischio di siccità rimane costante.

La tendenza degli incendi a livello globale mostra una diminuzione delle superfici bruciate tra il 1998 e il 2015, ma questo è dovuto principalmente alle influenze umane, come i cambiamenti di uso del suolo (una maggiore diffusione delle aree agricole a scapito di quelle forestali) e il miglioramento dei sistemi di lotta antincendio. Nonostante questo, il **pericolo effettivo di incendio sta ancora aumentando** in molte parti del mondo.

I periodi in cui si verificano le condizioni meteorologiche favorevoli agli incendi (*fire weather*) si stanno allungando, e le aree che subiscono tali condizioni stanno aumentando. Come risultato, in ogni continente esistono località in cui si sono verificati chiari aumenti della probabilità di *fire weather* a causa dei cambiamenti climatici.

Gli studi di attribuzione confermano con forza queste tendenze. Gli incendi della *black summer* 2019-20 in Australia, sia nel Queensland che nel New South Wales (NSW), sono stati amplificati dai cambiamenti climatici — le condizioni che hanno portato agli incendi nel NSW sono state rese **almeno del 30% più probabili**. Lungo la costa occidentale del Nord America, dall'Alaska alla California, i recenti incendi sono diventati più probabili e la loro superficie bruciata è aumentata. Dal 1984 al 2015, **oltre 4 milioni di ettari di superficie bruciata** nell'ovest degli Stati Uniti sono direttamente attribuibili ai cambiamenti climatici, e gli incendi estremi del 2019 nel sud della Cina sono stati resi **oltre sette volte più probabili dai cambiamenti climatici**.

Complessivamente possiamo attribuire con confidenza un aumento della probabilità di *fire weather* ai cambiamenti climatici nel sud dell'Europa, nell'Eurasia settentrionale, negli Stati Uniti e in Australia, con segnali emergenti anche nel sud della Cina. Queste condizioni sono destinate ad aumentare ulteriormente sulla superficie terrestre all'aumentare del riscaldamento globale.

Limitazioni e punti da evidenziare

- **Dati limitati** — In alcune zone del nord del pianeta il rischio di incendi risulta attribuibile ai soli cambiamenti climatici. Per altre regioni, la confidenza sull'attribuzione è fortemente limitata dalla disponibilità di dati sugli incendi storici, dalla carenza di osservazioni meteorologiche e dall'incapacità dei modelli climatici di simulare il *fire weather*. È probabile che molte altre parti del mondo stiano subendo un aumento del rischio di incendi a causa dell'aumento degli estremi di calore e della tendenza al disseccamento della vegetazione. Sfortunatamente, al momento questo aumento del rischio non è quantificabile.
- **Gestione** — La pratica del fuoco prescritto per prevenire l'accumulo di combustibile nelle foreste è stata adottata per millenni in alcune aree, ma non sempre in modo costante. Il rischio di incendi può essere parzialmente mitigato dal livello pianificazione ed esecuzione del fuoco prescritto; se questo è insufficiente, il rischio viene notevolmente amplificato.
- **Cause di innesco** — Le attività umane, come l'accensione irresponsabile di fuochi, possono innescare disastri di vasta scala. Secondo il Servizio Forestale degli Stati Uniti, l'85% degli incendi negli USA è causato da negligenza o dolo. Questo ha triplicato la durata della stagione degli incendi — con un aumento assoluto di circa tre mesi — rispetto alle condizioni naturali in cui l'innesco è causato dai fulmini. Quando si informano le persone sulle cause di incendi impattanti, è importante spiegare il ruolo di questi fattori, così come quello giocato dal livello di esposizione e di vulnerabilità delle persone e delle strutture colpite. D'altra parte, il fatto che altri fattori stiano aumentando il rischio di incendi non minimizza il ruolo dei cambiamenti climatici. I cambiamenti climatici hanno aumentato la durata della stagione degli incendi di circa due settimane in media in tutto il mondo, principalmente potenziando la disponibilità di combustibile attraverso l'azione delle alte temperature e del disseccamento della vegetazione. E questi dati ancora non bastano a fornire un quadro completo. Va osservato infatti che i cambiamenti climatici aumentano l'intensità della stagione degli incendi più di quanto possa farlo l'aumento degli inneschi per mano dell'uomo. Questo perché i cambiamenti climatici influenzano anche la velocità con cui un dato incendio si propaga e il tempo per cui persiste. L'effetto dei cambiamenti climatici opera quindi di concerto con l'aumento degli inneschi da parte degli esseri umani, rendendo la stagione degli incendi più lunga e intensa.

Eventi estremi e cambiamenti climatici: Una sintesi

Quella che segue è una panoramica di base per ciascun tipo di evento meteorologico estremo trattato in questa guida. Ulteriori informazioni su ciascun tipo di evento sono fornite nella guida, incluse le migliori conoscenze scientifiche disponibili, la descrizione di come funzionano i singoli eventi, e i punti importanti da evidenziare per garantire una corretta informazione.

Evento estremo	Messaggi chiave	Punti di attenzione
Ondate di calore	Ogni ondata di calore nel mondo è resa più intensa e più probabile dai cambiamenti climatici di origine umana.	<ul style="list-style-type: none"> Non è necessario essere eccessivamente cauti: le ondate di calore sono inequivocabilmente legate al riscaldamento globale.
Alluvioni	Le precipitazioni estreme sono più comuni e intense a livello globale a causa dei cambiamenti di origine umana. Come risultato, è probabile che le alluvioni siano diventate più frequenti e gravi in alcune località, anche se sono influenzate anche da altri fattori umani.	<ul style="list-style-type: none"> Le alluvioni sono dovute alle piogge intense, ma sono anche causate da fattori umani come la gestione delle acque e le opere di difesa idraulica. Le inondazioni costiere sono generalmente in aumento a causa dell'innalzamento del livello del mare, ma non sono correlate alle alluvioni pluviali.

Tempeste tropicali

Il numero totale di tempeste tropicali per anno non è cambiato, ma i cambiamenti climatici hanno provocato l'aumento della frequenza delle tempeste più intense e distruttive. Le precipitazioni estreme causate dalle tempeste tropicali sono notevolmente aumentate, in linea con le precipitazioni da altre cause. Le mareggiate sono più alte a causa dell'innalzamento del livello del mare causato dai cambiamenti climatici.

- Non si registra un aumento complessivo delle tempeste tropicali.
- A oggi, l'intensità dei singoli eventi e la velocità del vento non sono aumentate dal riscaldamento globale.

Nevicate

Ogni evento di freddo estremo nel mondo è diventato meno probabile e meno intenso a causa dei cambiamenti climatici.

Nella maggior parte dei luoghi non è chiaro come le nevicate abbondanti siano cambiate, ma potrebbero essere aumentate in intensità in alcune zone dell'Asia orientale e settentrionale, del Nord America e della Groenlandia.

- C'è elevata confidenza sulla riduzione degli estremi freddi, anche se è ancora possibile che si verifichino.
- I cambiamenti nelle nevicate sono estremamente incerti.
- I cambiamenti nel vortice polare non sono ancora chiari.

Siccità

Le siccità stanno diventando più comuni e gravi a causa dei cambiamenti climatici solo in alcune aree, tra cui Europa, Mediterraneo, Africa meridionale, Asia centrale e orientale, Australia meridionale e occidentale e Nord America occidentale. Esistono evidenze di aumenti anche in Africa occidentale e centrale, nel nord-est del Sud America e in Nuova Zelanda.

- Le siccità sono eventi molto complessi e variegati, il che rende difficile attribuirle con certezza.
- Molti altri fattori oltre ai cambiamenti sono coinvolti nelle siccità più gravi, in particolare la gestione dell'acqua.

Incendi

Le condizioni di *fire weather* stanno aumentando in alcune parti di tutti i continenti, con aumenti chiaramente attribuibili ai cambiamenti climatici, sia della probabilità che della superficie bruciata, in Europa meridionale, Eurasia settentrionale, negli Stati Uniti e in Australia, e con alcune evidenze anche per la Cina meridionale.

- I dati sugli incendi in alcune zone sono molto limitati, il che rende difficile l'attribuzione.
- Le attività umane, come la gestione delle foreste e le cause di innesco, sono anch'esse fattori importanti.



World
Weather
Attribution



@WWAttribution

www.worldweatherattribution.org