Cita come

Scafetta, N.: A Proposal for Isotherm World Maps to Forecast the Seasonal Evolution of the SARS-CoV-2 Pandemic, Preprints 2020, 2020040063.

DOI: 10.20944/preprints202004.0063.v1.

Pagina Web: https://www.preprints.org/manuscript/202004.0063/v1

@ Copyright 2020: All rights reserved to the author.

This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Preprints are preliminary reports that have not been peer-reviewed. These should not be regarded as conclusive, guide clinical practice/health-related behavior, or be reported in news media as established information.

(Traduzione Italiana)

@ Copyright 2020: tutti i diritti riservati all'autore.

Questo è un articolo ad accesso aperto distribuito sotto la Licenza di attribuzione Creative Commons che consente l'uso, la distribuzione e la riproduzione senza restrizioni su qualsiasi supporto, a condizione che l'opera originale sia correttamente citata.

Le prestampe (preprints) sono relazioni preliminari che non sono state sottoposte a revisione paritaria. Queste non devono essere considerate come conclusive, e guidare la pratica clinica o il comportamento relativo alla salute o essere riportati nei media come informazioni consolidate.

Proposta per cartine del mondo isotermiche per prevedere l'evoluzione stagionale della pandemia di SARS-CoV-2.

Nicola Scafetta

7 aprile 2020

Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e delle Risorse, Università degli Studi di Napoli, Federico II, via Cinthia 21, 80126, Napoli, Italia

Tel.: +39 081-2538348

Email: nicola.scafetta@unina.it

ORCID ID: 0000-0003-0967-1911

Sommario

In questo documento indagheremo se la pandemia di Coronavirus 2 da sindrome respiratoria acuta grave (SARS-CoV-2) – nota anche come COVID-19 (Corona Virus Disease 19) può essere stata favorita da determinate condizioni meteorologiche. È stato scoperto che la stagione invernale 2020 nella regione di Wuhan (Hubei, Cina Centrale) – dove il virus è scoppiato per la prima volta a dicembre e si è ampiamente diffuso tra gennaio e febbraio 2020 – è stata straordinariamente simile a quella delle province del Nord Italia di Milano, Brescia e Bergamo, dove la pandemia, tra febbraio e marzo, è stata devastante. Questa similitudine indica che questa pandemia peggiora in presenza di temperature comprese tra i 4°C e gli 11°C. Sulla base di questi risultati, sono state prodotte specifiche cartine del mondo isotermiche, allo scopo di localizzare, mese per mese, le regioni del mondo con variazioni di temperatura simili tra loro. Da gennaio a marzo, la zona isotermica che va principalmente dalla Cina Centrale verso l'Iran, la Turchia, il bacino mediterraneo occidentale (Italia, Spagna e Francia), fino agli Stati Uniti d'America, coincide con le regioni geografiche più colpite dalla pandemia nello stesso arco di tempo. Le previsioni dicono che la prossima primavera, quando il clima diventerà caldo, la pandemia probabilmente peggiorerà nelle zone settentrionali (Regno Unito, Germania, Europa Orientale, Russia e Nord America), mentre la situazione migliorerà radicalmente nelle zone meridionali (Italia e Spagna). In ogni caso, in autunno, la pandemia potrebbe ritornare a colpire nuovamente le stesse zone. La Zona Tropicale e l'intero Emisfero Meridionale, escluso ristrette zone meridionali, potrebbe scampare a una forte pandemia a causa del clima sufficientemente caldo durante l'intero anno. Il supplemento disponibile online contiene mappe interattive integrative apribili con Google-Earth-Pro.

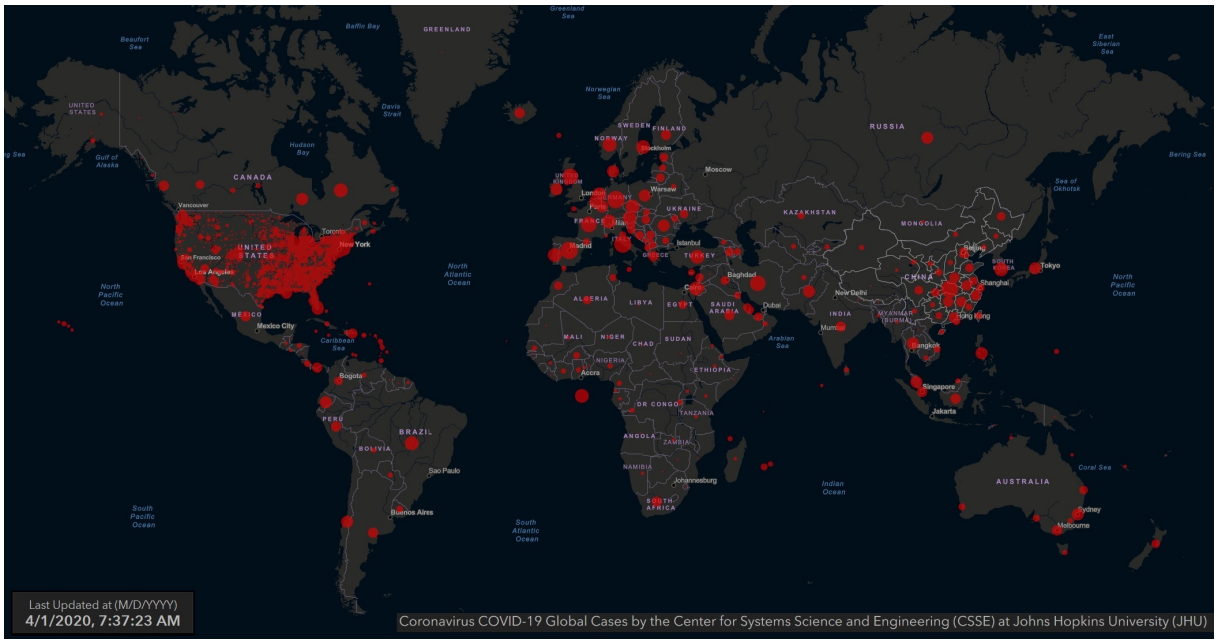

Figura 1: Distribuzione geografica a livello mondiale della pandemia di COVID-19

Parole chiave: SARS-CoV-2, COVID-19, distribuzione geografica della pandemia, previsioni sull'epidemia, condizioni atmosferiche, zone climatiche.

1 Introduzione

La polmonite Coronavirus 2 con sindrome respiratoria acuta grave (SARS-CoV-2) – nota anche come COVID-19 (COrona VIrus Disease 19) – è scoppiata presumibilmente in un mercato del pesce della città di Wuhan, capitale della provincia dell'Hubei, nella Cina Centrale (30,60°N – 114,05 °E). La notizia del primo ricovero ospedaliero è stata data il 12 dicembre 2019 [1]. Da gennaio 2020, la pandemia si è rapidamente diffusa nell'intera provincia dell'Hubei, in altre regioni della Cina e, più avanti, in tutto il mondo. La pandemia COVID-19 è monitorata dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO).[1]

Gli alti tassi di mortalità di questa pandemia richiedono che vengano sviluppate delle strategie di controllo dell'epidemia, quali l'isolamento delle regioni infette e di altre [2], che, potrebbero, col tempo, colpire l'economia di una società. Quindi, la priorità è prevedere in che modo la pandemia di COVID-19 può propagarsi a livello geografico allo scopo di ottimizzare tali strategie.

Le figure 1 e 2 mostrano la distribuzione geografica e per ogni paese dell'attuale situazione globale di COVID-19, analizzata dal Center for System Science and Engineering presso la John Hopkins University, (al 1° aprile 2020).[2]

[1]WHO: Coronavirus disease (COVID-19) Pandemic. Web page: https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019, consultato il 01/04/2020.

[2]Fonte: https://gisanddata.maps.arcgis.com/apps/opsdashboard/index.html#/bda7594740fd40299423467b48e9ecf6, consultato il 01/04/2020.

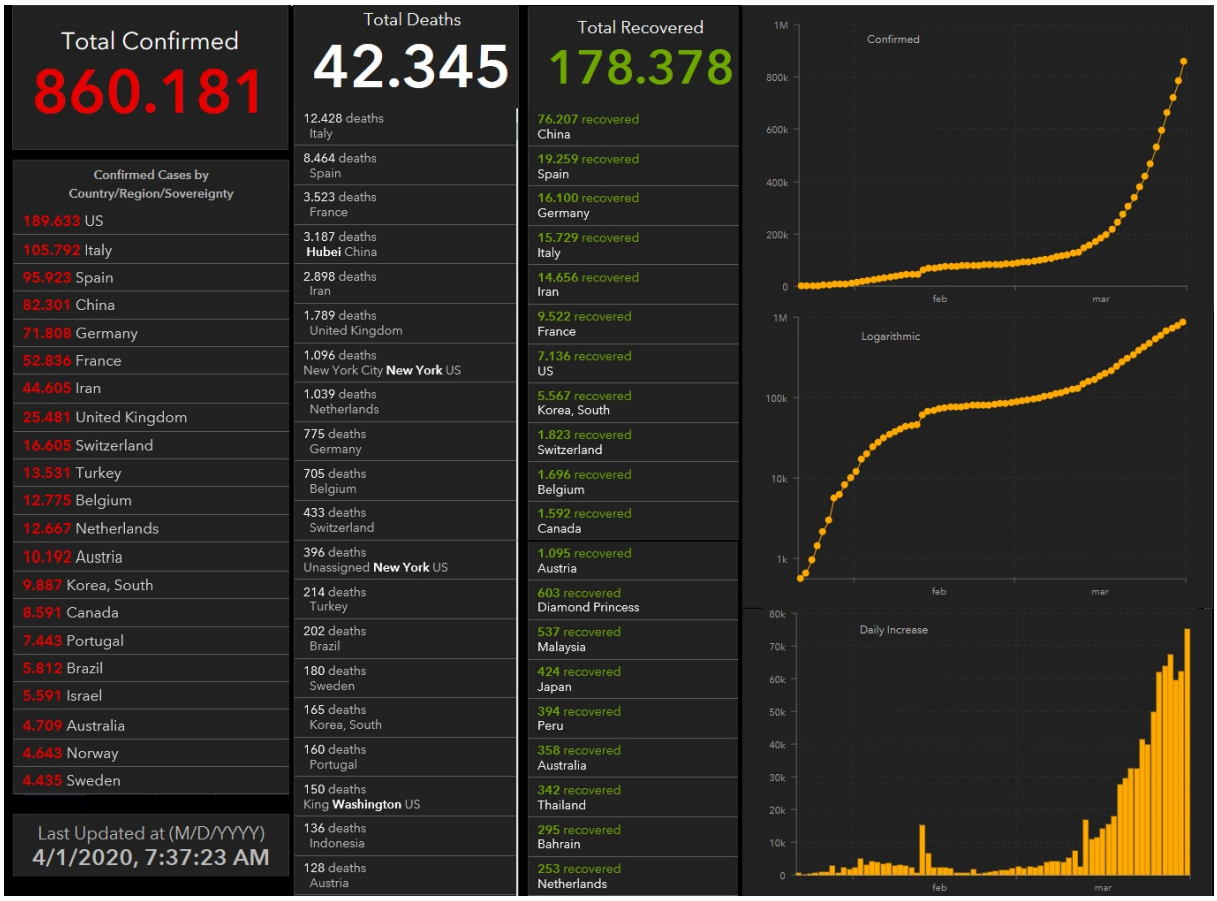

Figura 2: Statistiche dei paesi più colpiti dalla pandemia di COVID-19.

La figura 3 illustra la distribuzione geografica globale dei tre indici relativi alla pandemia da coronavirus per paese e territorio: [A] casi pro capite confermati; [B] casi totali confermati per paese e territorio; [C] decessi pro capite totali confermati per paese e territorio.[3]

La situazione è critica e in peggioramento. Al primo Aprile 2020, si contano oltre 860.000 casi confermati di persone infette in tutto il mondo, con 42.345 decessi a fronte di sole 178.378 persone ricoverate. La Cina, primo paese colpito dall'infezione a dicembre 2019, ha fatto registrare ufficialmente 82.301 casi di persone infettate, con 3.310 decessi, di cui 3187 nella sola provincia dell'Hubei.[4]

In ogni caso, a inizio febbraio la pandemia ha cominciato a uscire dai confini cinesi diffondendosi in tutto il mondo. Il primo paese duramente colpito è stato la Corea del Sud (9887 casi confermati e 165 decessi), dove da fine marzo la pandemia sembra essere sotto controllo. In seguito, sono stati colpiti molti altri paesi, quali Iran, Turchia, diversi paesi europei (principalmente Italia, Spagna, Francia, Germania e Regno Unito). Dal 15 marzo la pandemia di COVID-19 si è rapidamente diffusa negli Stati Uniti d'America, dove, dal 1° aprile, si sono contati 189.633 casi, con 4.081 decessi. In Europa la situazione è monitorata, tra gli altri, dal Centro Europeo per la prevenzione e il controllo delle malattie.[5]

[3]Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/2019–20_coronavirus_pandemic_by_country_and_territory, consultato il 01/04/2020.
[4]Fonte: https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/who-china-joint-mission-on-covid-19-final-report.pdf, consultato il 01/04/2020.
[5]Sito web: https://www.ecdc.europa.eu/en/geographical-distribution-2019-ncov-cases, consultato il 01/04/2020.

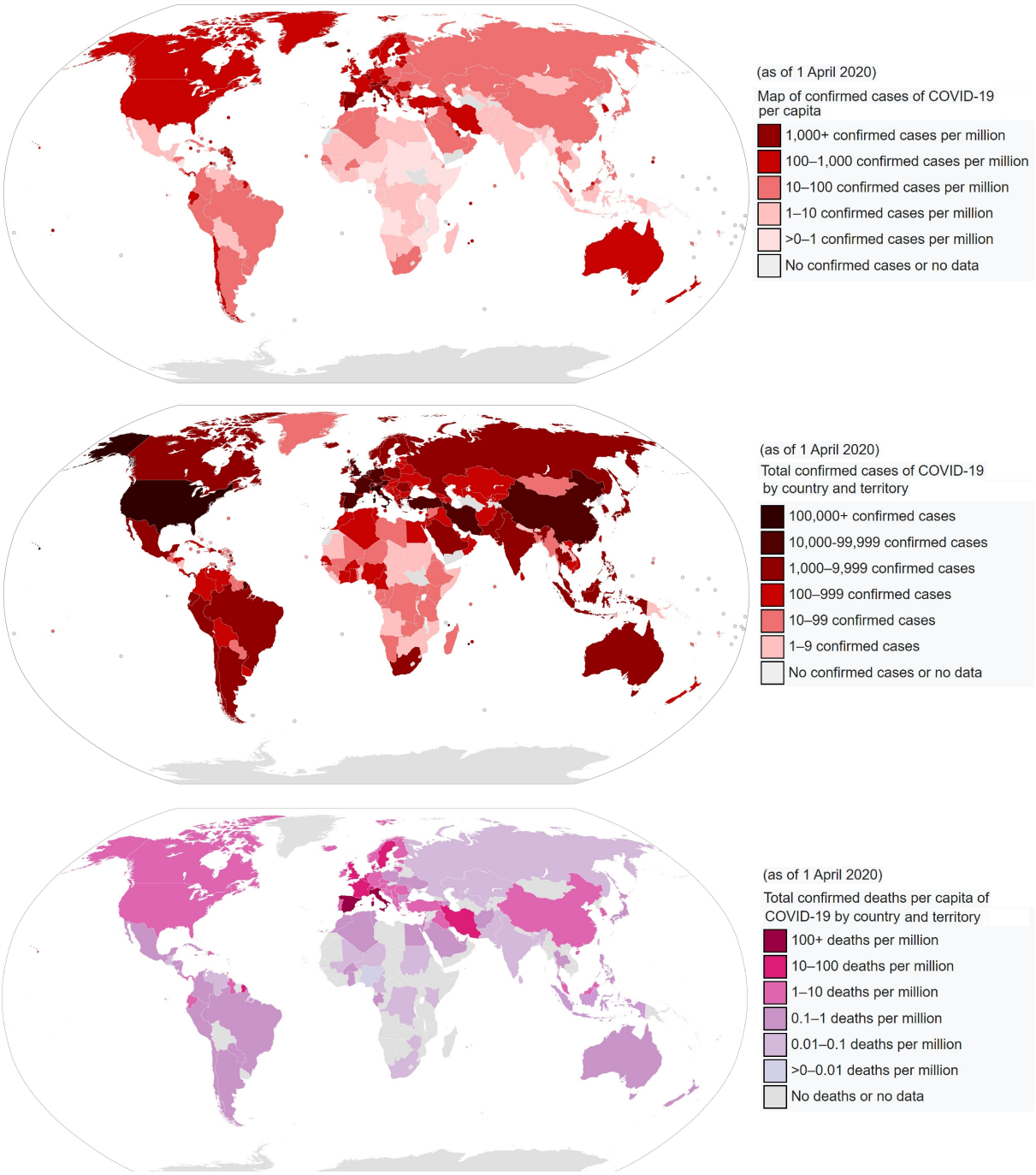

Figura 3: Pandemia di COVID-19 per paese e territorio: [A[casi pro capite confermati; [B] casi totali confermati per paese e territorio; [C] decessi pro capite totali confermati per paese e territorio.

Finora, l'Italia è il paese più duramente colpito dalla polmonite da COVID-19.[6] I primi tre casi sono stati individuati il 20 febbraio e, il 1° aprile si contavano 105.792 casi confermati di persone infette, con circa 12.428 decessi, a fronte di soli 15.729 ricoveri. Le regioni italiane più colpite sono state quelle del Nord, quelle situate nella Val Padana: Lombardia, 43.208 casi e 7199 decessi: Emilia Romagna, 14.074 casi e 1.443 decessi; Veneto 8.358 casi e 392 decessi; Piemonte, 8.206 casi e 684 decessi.[7] In Lombardia

[6]Situazione in Italia: http://www.salute.gov.it/portale/nuovocoronavirus/homeNuovoCoronavirus.jsp?lingua=english, consultato il 01/04/2020.

[7]Fonte: http://www.salute.gov.it/imgs/C_17_notizie_4370_0_file.pdf, consultato il 01/04/2020.

Regions	Deaths	Cases
Lombardia	7.199	43.208
Emilia Romagna	1.644	14.074
Veneto	477	9.155
Piemonte	854	9.301
Toscana	244	4.608
Marche	452	3.825
Liguria	428	3.416
Lazio	162	3.095
Campania	133	2.092
Trento	164	1.746
Puglia	110	1.803
Friuli V.G.	113	1.593
Sicilia	81	1.647
Abruzzo	115	1.401
Bolzano	76	1.371
Umbria	37	1.078
Sardegna	31	722
Calabria	36	659
Valle d'Aosta	56	628
Basilicata	7	226
Molise	9	144
TOTAL	12.428	105.792

Figura 4: Distribuzione geografica della pandemia di COVID-19 in Italia.

le province più colpite sono state Milano, Bergamo e Brescia con oltre 8000 casi ciascuna.[8] Si veda la Figura 4.[9]

Nonostante la propagazione di una pandemia e il suo impatto sulla salute possano avere svariate cause, la figura 3 mostra come la diffusione della recente pandemia possa anche avere alcune preferenze geografiche. Sembra, infatti, che essa si sia diffusa molto più rapidamente in luoghi moderatamente freddi dove la temperatura media giornaliera forse si aggirava tra 0°C e 15°C. D'altra parte, fino al 1° aprile, paesi con climi caldi (es. India, America centro-meridionale, Asia Meridionale, Africa e Oceania), così come paesi molto freddi (es. Canada, Russia, Europa nord-orientale) sembra siano stati meno infettati. È degno di nota anche il fatto che anche quando il numero dei casi è relativamente elevato, in riferimento alla popolazione, il numero dei decessi è solitamente minore nei paesi caldi, come si può vedere nella parte C della figura 3. Pertanto, è ragionevole chiedersi se le regioni geografiche entro una specifica zona climatica/meteorologica possano essere maggiormente vulnerabili a questa epidemia. Un certo numero di studi ha infatti stabilito che la trasmissione e la virulenza del virus influenzale dipendono anche da condizioni meteorologiche quali temperatura, umidità dell'aria e velocità del vento, così come che, nell'Emisfero Settentrionale, l'influenza è molto più diffusa durante le stagioni invernali [3, 4, 5].

[8]Fonte: http://www.salute.gov.it/imgs/C_17_notizie_4370_1_file.pdf, consultato il 01/04/2020.

[9]COVID-19 situazione in Italia: http://opendatadpc.maps.arcgis.com/apps/opsdashboard/index.html, consultato il 01/04/2020.

Infatti, il tasso di influenza è stagionale [6] e, solitamente, l'infezione sparisce quasi del tutto quando il tempo diventa più caldo. Un comportamento simile è stato osservato per altri coronavirus di tipo SARS [7, 8, 9, 10] appartenenti alla stessa famiglia Coronaviridae del SARS-Co-V-2 [11]. La conclusione è sempre che questi virus si diffondono, per la maggior parte, entro determinati valori di condizioni meteorologiche. Per esempio, Yuan et al. [12] hanno stabilito che il virus da SARS individuato a novembre 2002 nella provincia del Guangdong, in Cina, ha un picco di diffusione a una temperatura media di 16,9°C (95% CI, 10,7°C fino a 23,1°C), con un'umidità d'aria media del 52,2% (95% CI, 33,0% fino al 71,4%) e con una velocità di vento di 2,8 m/s (95% CI, 2.0 fino a 3,6 m/s). Pertanto, anche riguardo al COVID-19, è stato stabilito che un ambiente secco, fresco può costituire la situazione più favorevole alla diffusione del virus [13].

L'influenza della stagione, del clima e delle condizioni meteorologiche sulla diffusione o sul rallentamento di una pandemia causata da virus trasmessi per via aerea può essere costituita da svariati meccanismi biologici, fisici e legati alla luce solare che riguardano sia la sopravvivenza del virus e la sua trasmissione nell'aria, sia la predisposizione del sistema immunitario dell'ospite [14]. Alcuni di questi risultati provengono da studi relativi a esperimenti in laboratorio su come l'eziologia virale e la predisposizione dell'ospite variano sotto l'influenza di diverse condizioni ambientali, mentre altri risultati provengono da studi epidemiologici relativi a modelli su larga scala a varie indicazioni climatiche e condizioni atmosferiche.

In questo documento affronterò quest'ultimo approccio. Farò un paragone tra le condizioni meteorologiche da gennaio a marzo 2020 tra la regione di Wuhan e le province italiane di Milano, Brescia e Bergamo. L'incredibile somiglianza tra le condizioni meteorologiche delle due regioni ci porta a

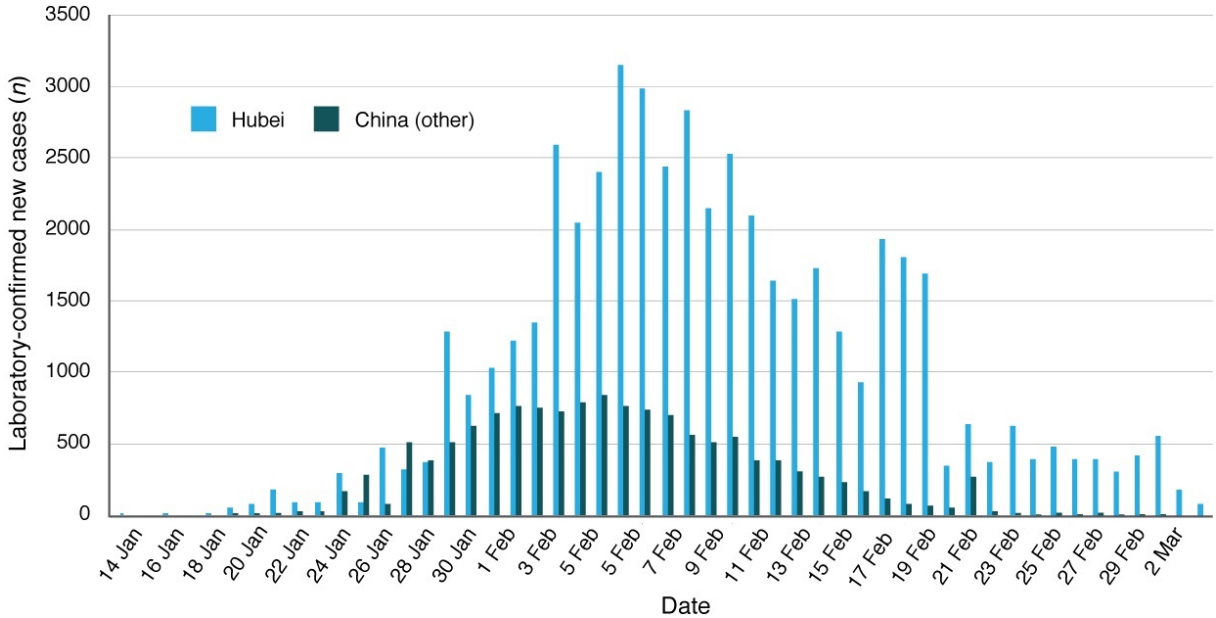

Figura 5: Curva epidemica di COVID-19 nell'Hubei e nel resto della Cina. Dati presi dai rapporti dei media, Pro-MED-Mail, rapporti sulla situazione da parte dell'OMS. Adattato da Macintyre [15]

constatare che c'è un'ottima condizione meteorologica che può favorire la diffusione dell'epidemia di COVID-19. Sulla base di questi ragionamenti, proporrò una serie di cartine del mondo ottimizzate con isoterma mensile da gennaio a dicembre 2020 allo scopo di prevedere il corso dell'evoluzione temporale della pandemia, attraverso l'individuazione di regioni geografiche che hanno la probabilità di essere sottoposte a condizioni meteorologiche analoghe a quelle di Wuhan e Milano durante il picco massimo dell'infezione di COVID-19.

2 Raffronto delle temperature: Wuhan vs. Milano, Brescia e Bergamo

La curva epidemica del COVID-19 nell'Hubei e nel resto della Cina fino al 3 marzo, è illustrata nella figura 5 e i suoi modelli sono ampiamente commentati da Macintyre [15]. Si osserva che l'epidemia ha avuto il suo picco nella prima settimana di febbraio e il numero di nuove infezioni sono rapidamente calate in marzo. La figura 6 illustra la temperatura media giornaliera di Wuhan rilevata dal 01/01/2020 al 31/03/2020 (curva nera).[10] La figura illustra altresì la curva stagionale media dell'intervallo di temperatura Max-Min dall'aeroporto di Wuhan, a 23 km da Wuhan (area gialla).[11] I dati della temperatura dimostrano che a Wuhan la temperatura giornaliera varia da 1°C a 8°C a gennaio, da 3°C a 11°C a febbraio e da 7°C a 15°C a marzo. Durante il periodo maggiormente interessato dall'infezione da COVID-19 (gennaio e febbraio), la temperatura nella regione variava da 0°C a 12°C. L'umidità media stagionale dell'aria a Wuhan è stata mediamente attorno al 70% e la velocità media del vento è stata attorno ai 10 km/h, ossia l'umidità e le condizioni di alta pressione tipiche della Cina continentale durante l'inverno, quando soffiano i soli lievi monsoni invernali.

La figura 7 mette a confronto la temperatura media stagionale a Wuhan (area gialla) con le rilevazioni della temperatura media giornaliera nelle città italiane di Milano,[12] Bergamo[13] and Brescia[14] negli stessi mesi. Si vede qui un'eccellente correlazione tra le rilevazioni delle temperature. Tale correlazione di temperature si è verificata principalmente nei mesi di gennaio e febbraio, quando Wuhan ha fatto registrare una temperatura media equivalente rispettivamente a $4,1 \pm 3,0$°C e $8,4 \pm 3,6$°C. Le città italiane hanno fatto registrare una temperatura media equivalente rispettivamente di: $3,8 \pm 2,0$°C e $8,1 \pm 2,1$°C per Milano; di $4,3 \pm 1,6$°C e $7,7 \pm 1.7$ per Bergamo; e di $3,2 \pm 2,0$°C e $7,2 \pm 1,6$°C per Brescia.

In ogni caso, anche la figura 8 mette in evidenza come le tre città italiane abbiano fatto registrare un marzo relativamente freddo con una temperatura media equivalente a $9,5 \pm 2,8$ °C a Milano, $8,8 \pm 2,9$°C a Bergamo e $8,7 \pm 2,4$° C a Brescia. A marzo, la temperatura media giornaliera è oscillata tra 4°C

[10] Fonte: https://www.accuweather.com/en/cn/wuhan/103847/current-weather/103847, consultato il 01/04/2020.
[11] Fonte: https://www.timeanddate.com/weather/china/wuhan/climate, consultato il 01/04/2020.
[12] Source: https://www.ilmeteo.it/portale/archivio-meteo/Milano, accessed on 04/01/2020.
[13] Source: https://www.ilmeteo.it/portale/archivio-meteo/Bergamo, accessed on 04/01/2020.
[14] Source: https://www.ilmeteo.it/portale/archivio-meteo/Brescia, accessed on 04/01/2020.

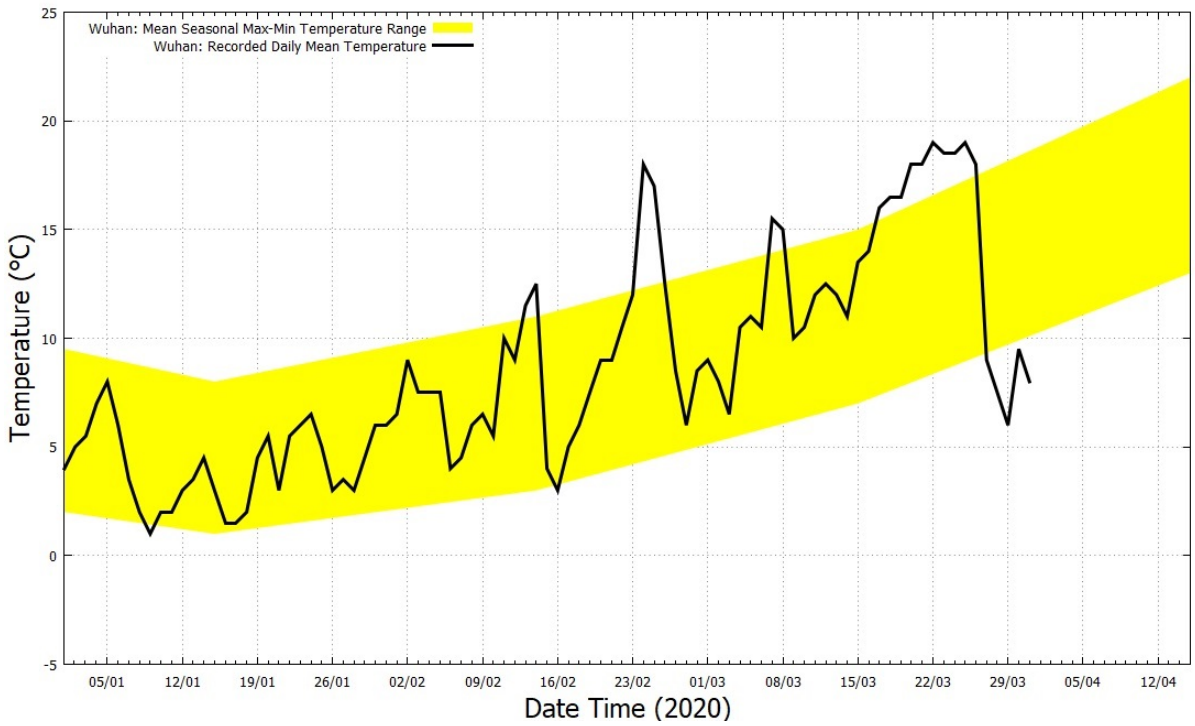

Figura 6: Temperatura media giornaliera rilevata a Wuhan (nero) e le sue medie di temperatura climatica (giallo).

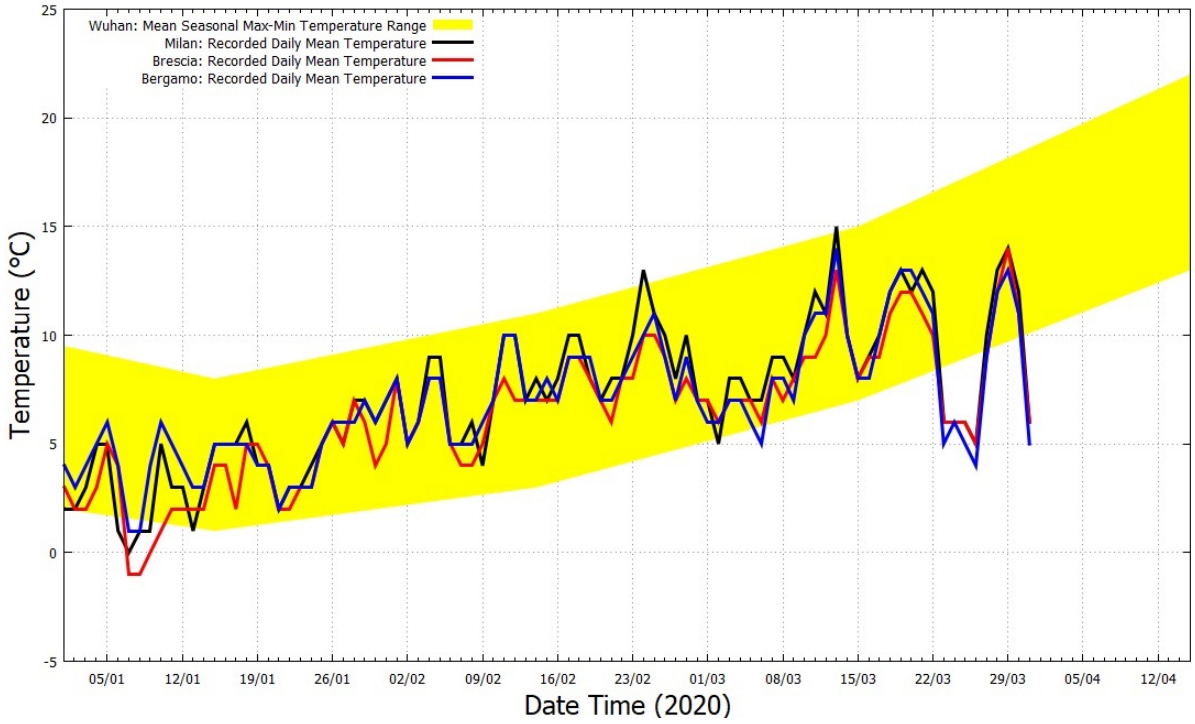

Figura 7: Temperatura media giornaliera rilevata a Milano, Bergamo e Brescia (nero, blu e rosso) vs medie di temperatura climatica relative a Wuhan (giallo).

e 15°C. Questo intervallo di temperature si adatta bene a quello misurato a Wuhan in febbraio dove la temperatura media era equivalente a $8,4 \pm 3,6$°C e la temperatura media giornaliera è oscillata tra 3°C e 18°C. A marzo, Wuhan è stata decisamente più calda: la sua temperatura media è stata equivalente a

	Medie Mensili Temp. (°C)			Min Temp. Giorn. (°C)			Max Temp. Giorn. (°C)		
	Gen	Feb	Mar	Gen	Feb	Mar	Gen	Feb	Mar
Wuhan	4.1 ± 3	8.4 ± 3.6	12.9 ± 4.1	1	3	6	8	18	19
Milano	3.8 ± 2.0	8.1 ± 2.1	9.5 ± 2.8	0	4	5	7	13	15
Bergamo	4.3 ± 1.6	7.7 ± 1.7	8.8 ± 2.9	1	5	4	7	11	14
Brescia	3.2 ± 2.0	7.2 ± 1.6	8.7 ± 2.4	-1	4	5	7	10	14

	Umidità Relativa (%)			Velocità del Vento (km/h)			Pressione (mbar)		
	Gen	Feb	Mar	Gen	Feb	Mar	Gen	Feb	Mar
Wuhan	74	66	66	10	10	11	1025	1024	1018
Milano	85 ± 8	67 ± 19	68 ± 11	5 ± 1	8 ± 4	8 ± 3	1026 ± 7	1020 ± 8	1017 ± 8
Bergamo	76 ± 10	61 ± 20	68 ± 11	6 ± 1	9 ± 3	8 ± 2	1026 ± 7	1019 ± 8	1016 ± 8
Brescia	85 ± 7	72 ± 16	77 ± 9	6 ± 2	8 ± 4	10 ± 5	1025 ± 7	1018 ± 8	1016 ± 8

Tabella 1: Indici meteorologici mensili medi per Wuhan, Milano, Bergamo e Brescia nel 2020.

12.9 ± 4.1°C e la temperatura media giornaliera è oscillata tra 6° C e 19°C.

I risultati sopra riportati sono sintetizzati nella tabella 1 insieme agli altri indici meteorologici, quali le medie mensili relative a umidità dell'aria, velocità del vento e pressione atmosferica[15] anche questi analoghi per le due località.

Va sottolineato che la bassa umidità dell'aria (dal 61% all'85%), la bassa velocità del vento (da 6 a 11 km/h) e l'alta pressione atmosferica (da 1016 a 1026 mbar) inducono una stabilità atmosferica e scarse piogge che facilita la diffusione del virus.

A gennaio e febbraio i due luoghi hanno condiviso condizioni meteorologiche notevolmente simili, ma in marzo Wuhan si è riscaldata velocemente, mentre le province italiane hanno fatto registrare un clima freddo simile a quello di Wuhan in febbraio. Questi fatti potrebbero spiegare perché la pandemia di COVID-19 si è sviluppata con la stessa velocità in entrambe le regioni, ma le regioni italiane sono state colpite più duramente. Infatti, come illustrato nella figura 7 in Italia, il clima freddo è durato di più con settimane insolitamente fredde a inizio e a fine marzo, favorendo lo sviluppo della pandemia. Queste considerazioni indicano che le temperature comprese tra 4°C e 11°C circa, potrebbero essere quelle che maggiormente favoriscono la propagazione del COVID-19 e/o aggravano la vulnerabilità della popolazione alla sua polmonite secondaria.

3 Analisi su base mensile delle mappe isotermiche

Le Figure 6 e 7 suggeriscono che le regioni geografiche più vulnerabili all'epidemia di COVID-19 potrebbero essere quelle caratterizzate da una temperatura media approssimativamente fra gli 0,5°C e i 14°C. Tuttavia, a causa del ciclo delle stagioni, le regioni geograficamente più esposte all'infezione cambiano continuamente nel corso del tempo. Per identificarle, propongo, nelle Figure 8, 9, 10 e 11 mappe isotermiche mondiali per ogni mese dell'anno da gennaio a dicembre. I dati sulla temperatura usati sono

[15] Fonte per Wuhan: https://www.worldweatheronline.com/wuhan-weather-averages/hubei/cn.aspx, consultato il 01/04/2020.

quelli della Climatic Research Unit (CRU) Time Series (TS), versione 4.03 dei dati a griglia ad alta risoluzione 0.5° x 0.5° della variazione mensile nella temperatura terrestre, che sono disponibili dal gennaio 1901 al Dicembre 2018 [16]. A causa del cambiamento climatico, i diagrammi rappresentati sono basati sulle medie mensili dal 2008 al 2018.

Per meglio evidenziare la zona di interesse geografico, i colori scelti sono inclusi nelle seguenti sfumature: verde chiaro (0,5°C-4°C); grigio chiaro (4°C-11°C) per la zona che ha più probabilità di essere colpita; e giallo chiaro (11°C-14°C). Le zone più calde e più fredde sono colorate in modo differente, come indicato nella legenda. Le Figure mostrano anche una piccola x sulla Cina, ad indicare la posizione di Wuhan. I dati e le figure per riprodurre i grafici sono disponibili anche su KNMI Climate Explorer.[16]

Per i mesi invernali di gennaio, febbraio e marzo, le mappe isotermiche rappresentate nella Figura 8 mostrano una correlazione geografica con l'andamento dell'epidemia di COVID-19 per Paese e per territorio mostrata nelle Figure 1 e 3. Infatti, la zona grigio chiara è quella più colpita, mentre le zone colorate, sia quelle più fredde o più calde, sono quelle che al momento hanno registrato una pandemia meno severa.

- In gennaio, Wuhan è gradualmente passata dalla zona verde chiara a quella grigio chiara, nel momento in cui questa regione si è riscaldata.

- In febbraio, quando la pandemia ha colpito questa regione più duramente, Wuhan era nel mezzo della zona grigio chiara. La zona grigio chiara copriva regioni che andavano dall'Iran all'Italia e alla Spagna e coprivano parzialmente il Sudest della Francia e l'Algeria settentrionale. In questi Paesi si è osservata una rapida diffusione dell'epidemia.

- In marzo, Wuhan si è riscaldata rapidamente ed è entrata nella zona giallo chiara e le infezioni sono diminuite. Nel frattempo la zona grigio chiara si è spostata leggermente verso Nordest, coinvolgendo altri Paesi europei quali la Germania e il Regno Unito. Le regioni dell'Italia settentrionale che includono Milano, Bergamo, Brescia, poco a Sud delle Alpi (riconoscibili nella mappa come una macchia verde scusa), si trovano proprio nel mezzo della zona grigio chiara, proprio come Wuhan era in febbraio. La zona grigio chiara copre anche gran parte degli Stati Uniti d'America. In effetti, nel marzo 2020, tutti i Paesi menzionati hanno subito una significativa accelerazione della pandemia.

- In aprile, la zona grigio chiara si sposta verso il Nordest europeo e la Russia, nel Nord America verso il Canada. Negli Stati Uniti la regione orientale si scalda presto e ed entra nelle zone giallo scure e giallo chiare, mentre gran parte della regione occidentale resta nella zona grigio-chiara. Nel frattempo, il Cile e il Sud dell'Argentina entrano nella zona grigio-chiara.

[16]Fonte: https://climexp.knmi.nl/start.cgi, consultato il 01/04/2020.

- In maggio, la zona grigio chiara si muove verso una latitudine più alta di 50° Nord, prevalentemente nei Paesi scandinavi, in Russia e in Canada, così come in Argentina, Cile e Nuova Zelanda nell'emisfero Sud.
- In giugno le uniche zone grigio chiare sono quelle al di sopra dei 60° di latitudine Nord, in Tibet, in parte dell'Argentina centrale e in regioni più piccole dell'Australia meridionale e del Sud Africa.
- In luglio, le tendenze sono simili a quelle di giugno, tuttavia l'emisfero settentrionale continua a riscaldarsi.

Da agosto a dicembre (Figure 10 e 11), i cambiamenti stagionali delle temperature si invertono. L'agosto è simile al giugno, il settembre è simile al maggio, l'ottobre è simile all'aprile, il novembre è simile al marzo e il dicembre al febbraio.

4 Discussione e Conclusione

I tassi delle infezioni respiratorie virali sono normalmente stagionali [7, 8, 9, 10]. Ciò si applica anche alla famiglia coronaviridae di cui fa parte il COVID-19 [11]. In generale possono sussistere diversi meccanismi biologici, fisici e solari che possono probabilmente influire sulla sopravvivenza stagionale del virus e sulla sua trasmissibilità per via aerea, così come influire sulla predisposizione del sistema immunitario umano [14]. Solitamente, le condizioni meteo che facilitano questo tipo di malattie sono il freddo secco, l'alta pressione, bassa forza dei venti e pioggia leggera, come è avvenuto, da gennaio a marzo 2020, sia a Wuhan che nel Nord Italia. In effetti, la via della trasmissione primaria da persona a persona avviene attraverso il contatto con le goccioline respiratorie delle persone infette, generate quando, ad esempio, si soffiano il naso, tossiscono o starnutiscono.

Perciò, quando l'umidità relativa è bassa, come avviene in inverno in queste regioni, le goccioline potenzialmente portatrici del virus rimangono più a lungo in aria perché si riducono di dimensioni, mentre l'umidità o la pioggia faciliterebbero la loro rimozione dall'aria. Al tempo stesso, l'alta pressione atmosferica riduce la forza del vento e la densità delle goccioline (che potenzialmente possono trasmettere il virus) può aumentare nelle aree urbane. Nell'emisfero settentrionale, l'inverno è caratterizzato anche da meno ore di luce solare e di esposizione ai raggi UV, che possono avere un effetto sterilizzante [17]. In più, il tempo freddo normalmente aumenta la predisposizione delle persone agli attacchi dei virus.

Anche la stabilità atmosferica unita all'elevata pressione atmosferica e ai venti a bassa velocità causa una più alta concentrazione di inquinanti atmosferici [18] che potrebbero trasportare i virus. L'inquinamento atmosferico aumenta il rischio di malattie respiratorie riducendo la funzione polmonare così che le persone che vivono in aree particolarmente inquinate sono maggiormente predisposte all'asma,

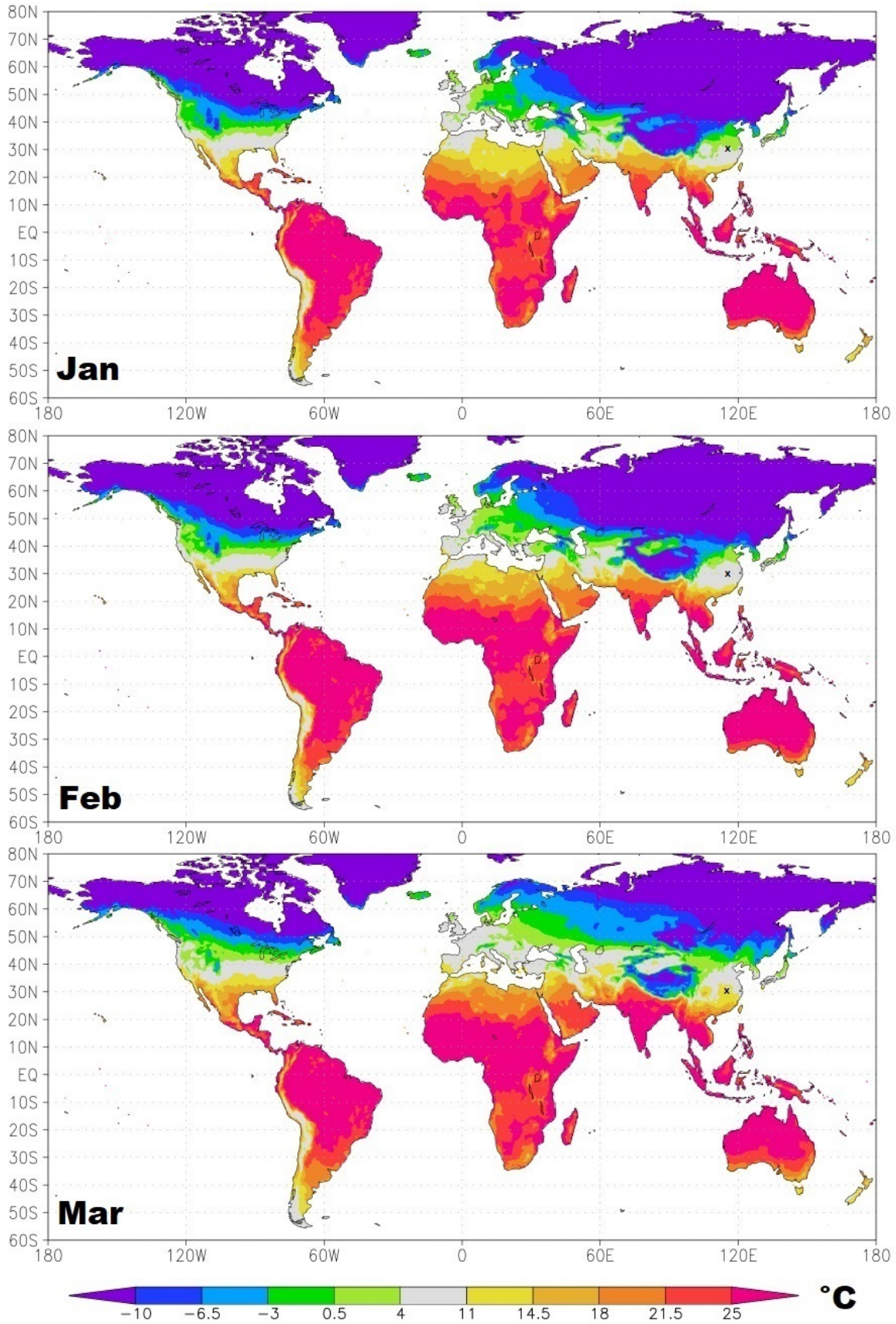

Figura 8: Inverno. Mappe isoterme del mondo da gennaio a marzo. La piccola x sulla Cina indica la posizione di Wuhan. La zona grigio-chiaro rappresenta le regioni modellate più esposte alla pandemia di COVID-19.

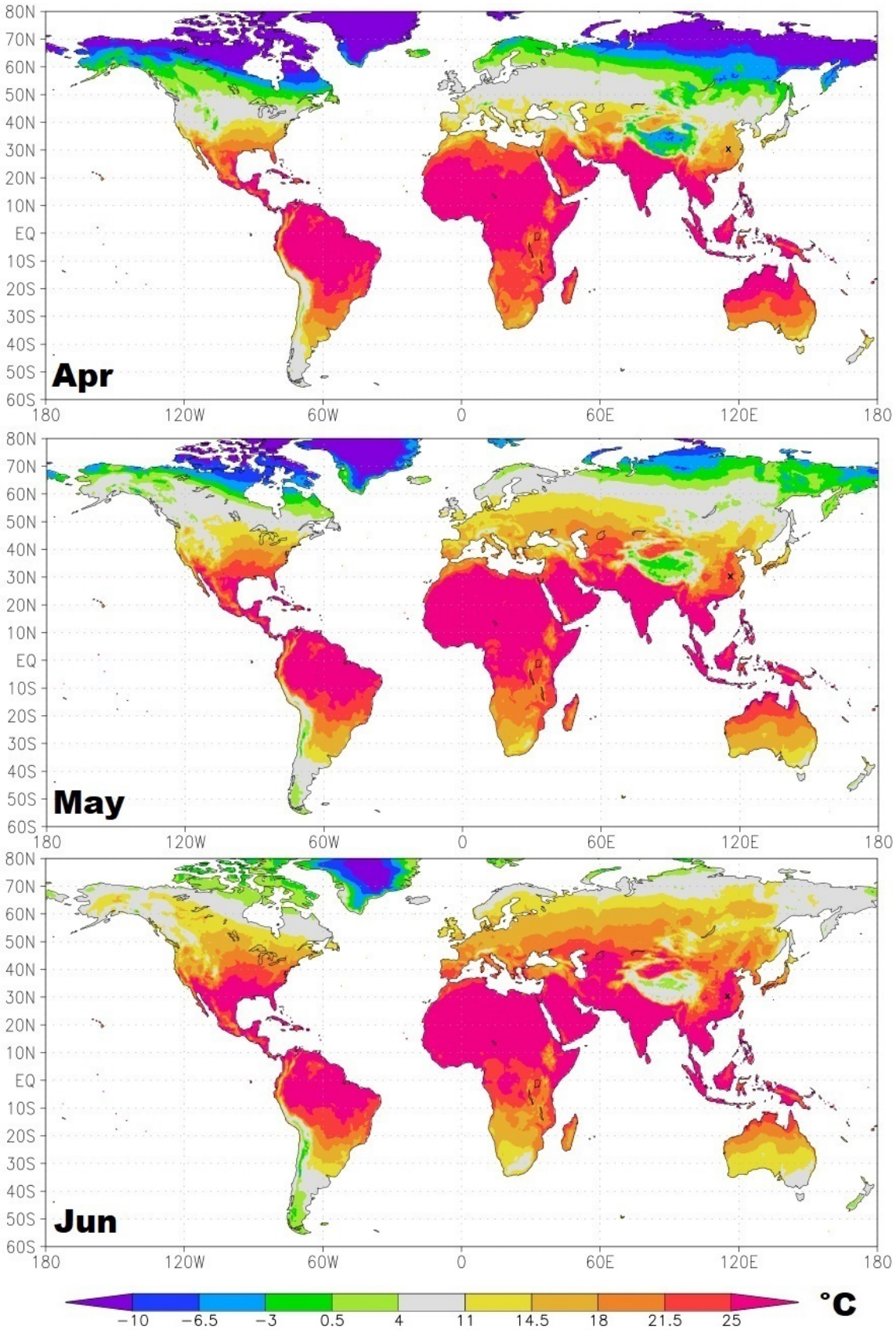

Figura 9: Primavera. Mappe isoterme del mondo da aprile a giugno. La piccola x sulla Cina indica la posizione di Wuhan. La zona grigio-chiaro rappresenta le regioni modellate più esposte alla pandemia di COVID-19.

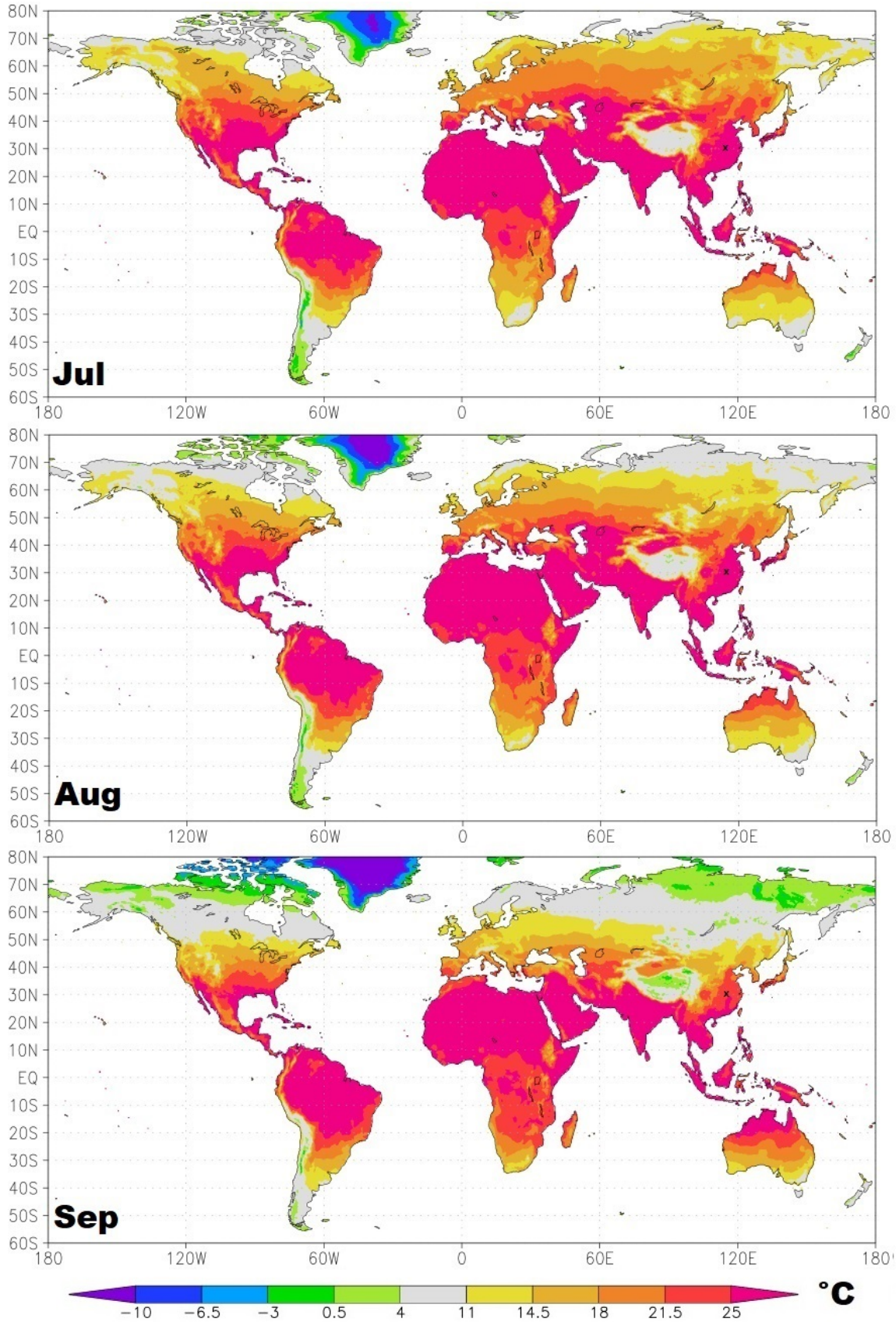

Figura 10: Estate. Mappe isoterme del mondo da luglio a settembre. La piccola x sulla Cina indica la posizione di Wuhan. La zona grigio-chiaro rappresenta le regioni modellate più esposte alla pandemia di COVID-19.

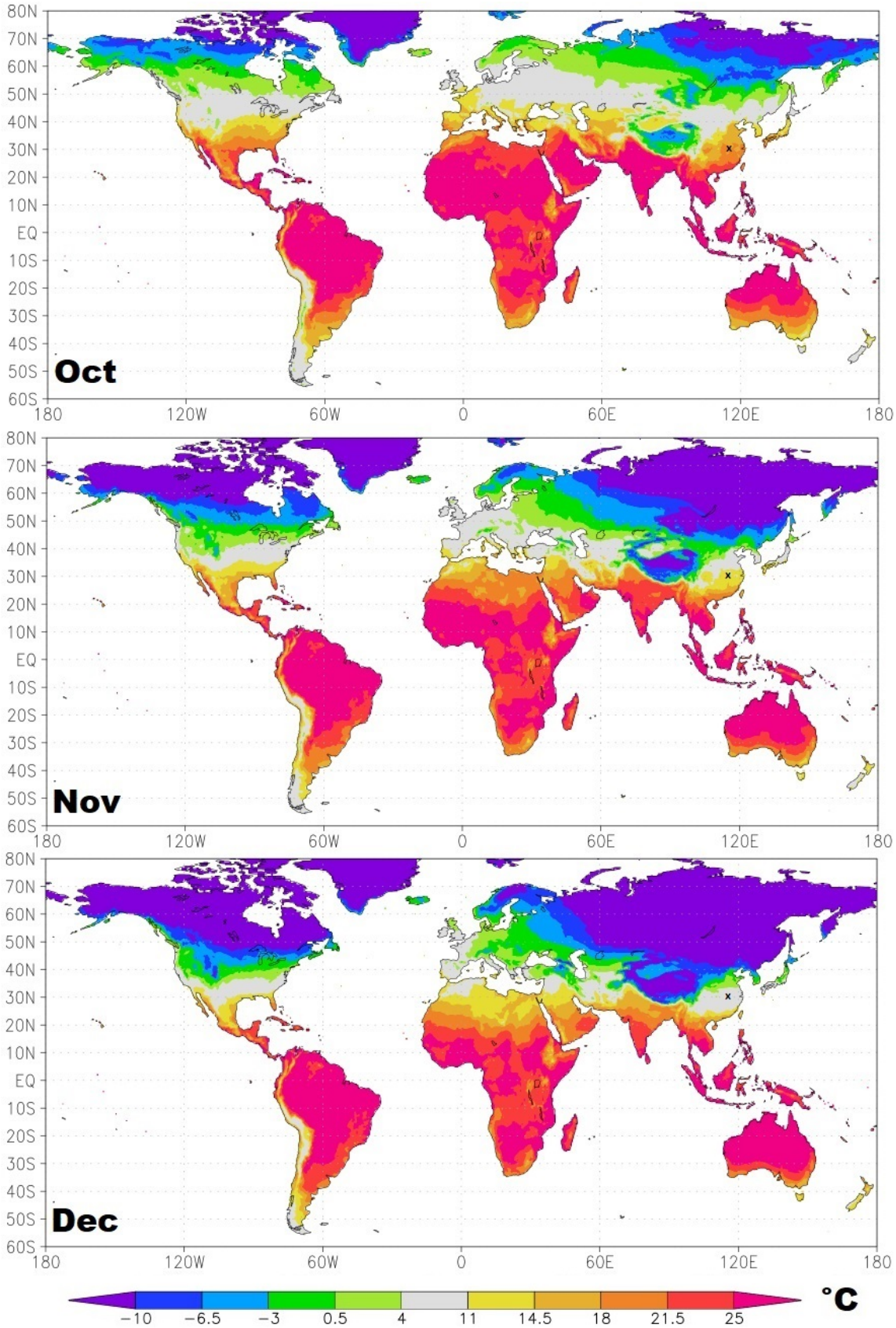

Figura 11: Autunno. Mappe isoterme del mondo da ottobre a dicembre. La piccola x sulla Cina indica la posizione di Wuhan. La zona grigio-chiaro rappresenta le regioni modellate più esposte alla pandemia di COVID-19.

alle infezioni respiratorie, al cancro ai polmoni e ad altre malattie [19]. Tuttavia, le mappe mondiali sulla qualità dell'aria in tempo reale fornite, ad esempio, da Berkeley Earth[17] suggeriscono che l'aria in regioni come la Cina, l'India e il Sud-Est asiatico è significativamente più inquinata rispetto ai paesi dell'Europa e del Nord America. Pertanto, i tassi di diffusione e mortalità COVID-19 relativamente bassi osservati nei paesi asiatici caldi in relazione agli alti livelli di mortalità dei paesi dell'Europa occidentale e dell'America più freddi (vedi Figura 3) indicano che il tempo e non l'inquinamento atmosferico è la causa principale della diffusione della pandemia da COVID-19.

In base a questi risultati, la ricerca ha esplorato il possibile legame fra l'epidemia di COVID-19 e le condizioni meteorologiche. Ho mostrato che fra la regione di Wuhan, nella provincia dello Hubei, nella Cina centrale, e le province italiane di Milano, Brescia e Bergamo, che al momento sono le più colpite dalla pandemia di COVID-19, ci sono sorprendenti somiglianze nelle condizioni meteorologiche fra gennaio e marzo. In particolare, le condizioni meteo di Wuhan fra la fine di gennaio e febbraio, quando il contagio di COVID-19 ha colpito più gravemente la regione, è quasi identica alle condizioni meteo fra febbraio e marzo nelle province del Nord Italia.

Questo risultato suggerisce che le temperature fra i 4°C e gli 11°C possono essere quelle più favorevoli alla diffusione del COVID-19 e/o aumentare la predisposizione della popolazione alla sua polmonite secondaria.

Ho utilizzato questo risultato per creare delle mappe del mondo isotermiche specifiche per ogni mese da gennaio a dicembre, per sottolineare le tempistiche e la posizione delle regioni del mondo che potrebbero essere maggiormente colpite dalla pandemia nei prossimi mesi. Ad oggi, 1 aprile 2020, il modello pare aver ben descritto l'evoluzione della pandemia, come, ad esempio, ha previsto bene il forte sviluppo della pandemia da febbraio alla fine di marzo in Iran, Italia, Spagna, Francia, Germania, Regno Unito e Stati Uniti in ordine di tempo. Così è possibile, in assenza di politiche preventive adeguate, che quando il tempo si riscalda la pandemia segua probabilmente il ciclo stagionale delle temperature e possa migrare verso le regioni settentrionali dell'emisfero Nord, indebolendosi in quelle più meridionali, come, ad esempio, la Cina e l'Italia. L'emisfero Sud appare meglio protetto perché gran parte della terraferma in esso contenuta, ad eccezione di poche regioni, è sufficientemente calda nel corso di tutto l'anno.

Inoltre, il modello meteorologico suggerisce che nell'emisfero settentrionale vi potrebbe essere una seconda ondata di contagi, dal momento che l'autunno segna il ritorno della stagione fredda e, in generale, la pandemia può tornare nelle regioni di media latitudine (approssimativamente fra i 30° e i 60° di latitudine Nord e i 30° e i 60° di latitudine Sud) con un ciclo di 6 mesi e un ciclo annuale in altre.

In effetti, anche se la trasmissione del COVID-19 può ridursi nel momento in cui la temperatura si alza, il virus può non scomparire del tutto. Semplicemente il tasso dei contagi può ridursi, come

[17] Pagina web: http://berkeleyearth.org/air-quality-real-time-map/, consultato il 01/04/2020.

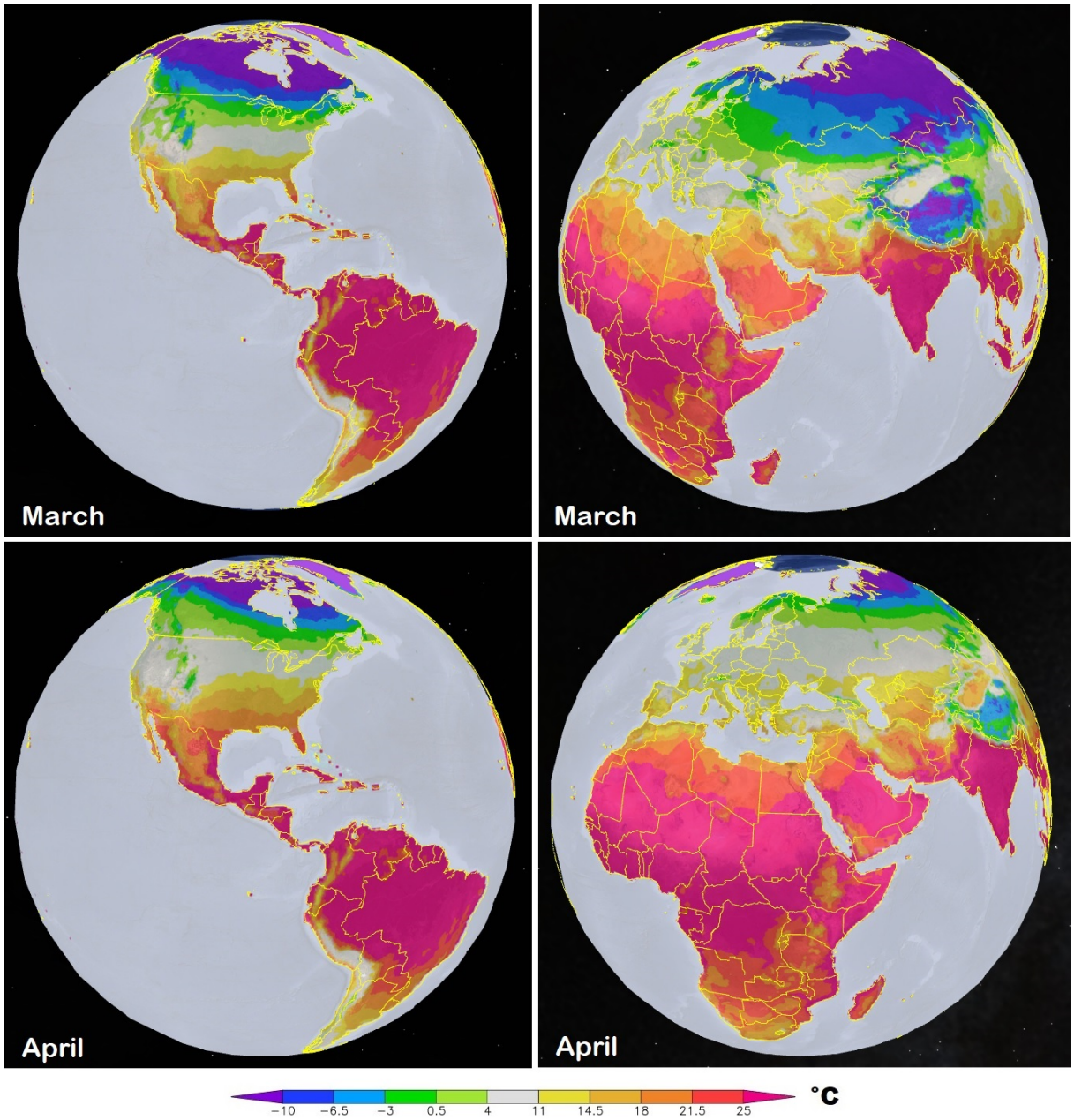

Figura 12: Esempi di mappe interattive isotermiche Google-Earth-Pro fornite come file di supplemento online.

suggerito dal fatto che le persone possono essere contagiate anche in regioni calde, anche se con tassi di mortalità pro-capite più bassi rispetto a quelli registrati in regioni più fredde (Figura 3). Dunque, benché le mappe isotermiche presentate in questo lavoro possano risultare utili per ottimizzare la tempistica delle politiche di controllo dell'epidemia di COVID-19 che ogni Paese deve applicare, sia le persone comuni che i governi non dovrebbero abbassare la guardia.

Supplemento

Il supplemento online fornisce le stesse dodici mappe isotermiche mostrate nelle figure 8, 9, 10 e 11 per ogni mese dell'anno da gennaio a dicembre come file zippati (kmz) del linguaggio Markup Keyhole, cioè come mappe interattive e zoomabili di Climate Explorer Google-Earth-Pro. La Figura 12 mostra un esempio delle mappe prodotte. È richiesto Google Earth Pro (versione utilizzata: 7.3)[18] o un software Earth Viewer equivalente per visualizzare i file.

Vedi Download Sepplementary alla pagina web: https://www.preprints.org/manuscript/202004.0063/v1

Finanziamento: nessuno.

Conflitti di interesse: nessuno dichiarato.

Disponibilità di dati e materiale: tutti i dati sono disponibili gratuitamente online.

Disponibilità del codice: disponibile gratuitamente on line.

Riferimenti bibliografici

[1] Li Q, Guan X, Wu P, Wang X, Zhou L, Tong Y, Ren R, Leung K, Lau E, Wong J, Xing X, Xiang N. Early Transmission Dynamics in Wuhan, China, of Novel Coronavirus-Infected Pneumonia. The New England Journal of Medicine 2020;382:1199–1207. https://doi.org/10.1056/NEJMoa2001316

[2] Ferretti L, Wymant C, Kendall M, Zhao L, Nurtay A, Abeler-Dörner L, Parker M, Bonsall D, Fraser C. Quantifying SARS-CoV-2 transmission suggests epidemic control with digital contact tracing. Science. 2000. https://doi.org/10.1126/science.abb6936

[3] Lipsitch M, Viboud C. Influenza seasonality: Lifting the fog. Proceedings of the National Academy of Sciences 2009;106:3645–3646. https://doi.org/10.1073/pnas.0900933106

[4] Lowen AC, Mubareka, S, Steel J, Palese P. Influenza Virus Transmission Is Dependent on Relative Humidity and Temperature. PLoS Pathology 2007; 3(10):1470–1476. https://doi.org/10.1371/journal.ppat.0030151

[5] Shaman J, Kohn M. Absolute humidity modulates influenza survival, transmission, and seasonality. Proceedings of the National Academy of Sciences 2009;106:3243–3248. https://doi.org/10.1073/pnas.0806852106

[6] Hope-Simpson RE: 1992. The transmission of epidemic influenza. New York: Plenum Press. ISBN-13: 978-0306440731

[18] Sito web: https://www.google.com/earth/, consultato il 01/04/2020.

[7] Casanova LM, Jeon S, Rutala WA, Weber, DJ, Sobsev MD. Effects of air temperature and relative humidity on coronavirus survival on surfaces. Applied and Environmental Microbiology 2010;76(9):2712–2717. https://doi.org/10.1128/AEM.02291-09

[8] Chan KH, Peiris JS, Lam SY, Poon LL, Yuen KY, Seto W.H.: 2011. The Effects of Temperature and Relative Humidity on the Viability of the SARS Coronavirus. Advances in Virology, 2011, 734690. https://doi.org/10.1155/2011/734690

[9] Seung WK, Ramakrishnan MA, Raynor PC, Goyal SM: 2007. Effects of humidity and other factors on the generation and sampling of a coronavirus aerosol. Aerobiologia 23, 239–248. https://doi.org/10.1007/s10453-007-9068-9

[10] Van Doremalen N, Bushmaker T, Munster VJ. Stability of Middle East respiratory syndrome coronavirus (MERS-CoV) under different environmental conditions. Euro Surveillance 2013;18(38):20590. https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES2013.18.38.20590

[11] Gorbalenya AE, Baker SC, Baric RS et al. The species Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus: classifying 2019-nCoV and naming it SARS-CoV-2. Natural Microbiology 2020;5:536–544. https://doi.org/10.1038/s41564-020-0695-z

[12] Yuan J, Yun H, Lan W, Wang W, Sullivan SG, Jia S, Bittles AH. A climatologic investigation of the SARS-CoV outbreak in Beijing, China. American Journal of Infection Control 2006;34(4):234–236. https://doi.org/10.1016/j.ajic.2005.12.006

[13] Roy I. Combating Recent Pandemic of COVID-19 - An Urgent Solution. Preprints 2020030366. 2020. https://doi.org/10.20944/preprints202003.0366.v1

[14] Fuhrmann C. The effects of weather and climate on the seasonality of influenza: what we know and what we need to know. Geography Compass 2010;4(7):718–730. https://doi.org/10.1111/j.1749-8198.2010.00343.x

[15] Macintyre CR. On a knife's edge of a COVID-19 pandemic: is containment still possible? Public Health Research Practice 2020;30(1):3012000. https://doi.org/10.17061/phrp3012000

[16] Harris IC, Jones PD. CRU TS4.03: Climatic Research Unit (CRU) Time-Series (TS) version 4.03 of high-resolution gridded data of month-by-month variation in climate (Jan. 1901- Dec. 2018). Centre for Environmental Data Analysis 22 January 2020. https://doi.org/10.5285/10d3e3640f004c578403419aac167d82

[17] Hockberge PE. The discovery of the damaging effect of sunlight on bacteria. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology 2000;58:185–191. https://doi.org/10.1016/s1011-1344(00)00121-4

[18] Fortelli A, Scafetta N, Mazzarella A. Influence of synoptic and local atmospheric patterns on PM10 air pollution levels: a model application to Naples (Italy). Atmospheric Environment 2016;143:218–228. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.08.050

[19] Kin D, Chen Z, Zhou L.F, Huang S-X. Air pollutants and early origins of respiratory diseases. Chronic Diseases and Translational Medicine 2018;4(2):75–94. https://doi.org/10.1016/j.cdtm.2018.03.003