

**COLABORACIÓN ESPECIAL**Recibido: 26 de mayo de 2020  
Aceptado: 15 de noviembre de 2020  
Publicado: 20 de enero de 2021**INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL Y LA CONTAMINACIÓN  
EN LA TRANSMISIÓN DEL SARS-COV-2**

Elena Salamanca-Fernández (1,2,3), Miguel Rodríguez Barranco (1,2,3) y María José Sánchez (1,2,3,4)

(1) Escuela Andaluza de Salud Pública (EASP). Granada. España.

(2) Instituto de Investigación Biosanitaria (ibs.GRANADA). Granada. España.

(3) Centro de Investigación Biomédica en Red de Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP). Madrid. España.

(4) Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública. Universidad de Granada. Granada. España.

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de interés.

**RESUMEN**

La transmisión del SARS-CoV-2 es un problema de Salud Pública de máxima importancia que está influido por diversos factores. Recientemente se ha planteado la hipótesis de que esta transmisión puede reducirse durante el verano debido a la temperatura cálida. Por otro lado, se está estudiando la posible relación entre el elevado número de contagios de SARS-CoV-2 y la contaminación atmosférica. Dicha relación ya fue probada durante el brote de SARS en 2002. En este artículo se revisó la evidencia científica hasta la fecha en relación con la posible influencia de la temperatura ambiental y la contaminación en la transmisión del SARS-CoV-2. Se concluye que las estaciones anuales y, por tanto, la temperatura parecen no influir en la propagación del virus. Además, los contaminantes del aire facilitan el contagio y la mortalidad por el virus.

**Key words:** SARS-CoV-2, Medio ambiente, Temperatura, Contaminación.

**ABSTRACT****Influence of environmental temperature and air pollution on the transmission of SARS-CoV-2**

The transmission of SARS-CoV-2 is a major Public Health problem that is influenced by a number of factors. Recently it has been hypothesized that this transmission may be reduced during the summer due to the warm temperatures. On the other hand, the potential association between the high number of SARS-CoV-2 infections and air pollution is being studied. This relationship was already proven during the SARS outbreak in 2002. This article reviewed the scientific evidence to date regarding the possible influence of environmental temperature and air pollution on the transmission of SARS-CoV-2. It is concluded that the annual seasons and, therefore, the temperature do not seem to influence the spread of the virus. In addition, air pollutants facilitate infection and mortality from the virus.

**Key words:** SARS-CoV-2, Environment, Temperature, Pollution.

Para la realización de este artículo hemos hecho una revisión de la literatura científica en las siguientes bases de datos: *Medline (PubMed)*, *Web of Science* y *Scopus*, y se consideraron los artículos publicados desde enero de 2020 hasta septiembre de 2020 acerca de:

- Transmisión de SARS-CoV-2 y temperatura ambiental o humedad o radiación ultravioleta.
- Transmisión de SARS-CoV-2 y contaminación atmosférica.

### TEMPERATURA AMBIENTAL, RADIACIÓN ULTRAVIOLETA Y TRANSMISIÓN DEL SARS-COV-2

La transmisión de SARS-CoV-2 es clave para pronosticar la intensidad y el tiempo final de esta pandemia de COVID-19. Por ello, se han realizado en paralelo diversos estudios acerca de la propagación del virus en diferentes condiciones climáticas. La hipótesis se apoya en diversos antecedentes, ya que el virus de la gripe es más estable en temperatura fría. Las gotas, como contenedoras del virus, permanecen en suspensión por más tiempo en el aire seco. Y, por otro lado, el frío y el clima seco también pueden debilitar la inmunidad de las personas y hacerles más susceptibles al virus. Además, un estudio previo en las cuatro principales ciudades de China sugirió que el brote de SARS de 2002-2004 se asoció significativamente con la temperatura, aumentando la tasa de incidencia diaria con temperaturas más bajas<sup>(1)</sup>.

Durante la presente pandemia de COVID-19, una de las hipótesis con las que está trabajando la comunidad científica es la de que el coronavirus SARS-CoV-2 sea menos transmisible en presencia de un clima cálido y húmedo, una posibilidad que podría reducir la incidencia de la enfermedad conforme avance la primavera, se vayan acercando los meses de verano y haga más calor.

Por el momento, se trata sólo de una hipótesis ya que, aunque hay estudios preliminares<sup>(2)</sup> que apuntan en esa dirección, aún no existen evidencias científicas suficientes para afirmar que el virus sobrevive peor con el calor. Desde hace tiempo se conocía que la transmisión de los coronavirus puede verse afectada por varios factores, incluido el clima<sup>(3)</sup>. Por ello, resulta esencial comprender el papel que las condiciones climáticas podrían tener en la transmisión de SARS-CoV-2.

Durante la pandemia actual, uno de los primeros estudios publicados por investigadores de China<sup>(4)</sup> concluyó que no existía asociación entre la temperatura ambiental producida por la exposición a la luz ultravioleta (UV) natural y las tasas de contagio por SARS-CoV-2. Sin embargo, este estudio utilizó el número reproductivo básico (R0: número promedio de casos nuevos que genera un caso dado a lo largo de un período infeccioso)<sup>(5)</sup> de varias ciudades en China, número que podría verse modificado por numerosos factores biológicos, socio-conductuales y ambientales que rigen la transmisión de patógenos. Por lo tanto, dicha cifra generalmente se estima con varios tipos de modelos matemáticos complejos, lo que provoca que el R0 sea, a veces, tergiversado, malinterpretado y mal aplicado. No obstante, la mayoría de los países con un rápido aumento de la incidencia de COVID-19 se encontraban en el hemisferio norte, en sus meses de invierno.

Otros estudios recientes que han utilizado datos nacionales de países afectados por COVID-19 contradicen las anteriores conclusiones, ya que muestran que la baja temperatura es beneficiosa para la transmisión viral<sup>(6,7,8)</sup>. En concreto, un estudio en Barcelona que recogió la tasa de incidencia diaria de casos diagnosticados confirmados por pruebas de PCR en la Región Sanitaria de Barcelona, así como la temperatura máxima diaria, concluyeron que un aumento promedio de 1°C de la temperatura

máxima disminuyó la tasa de incidencia en un 7,5% el mismo día<sup>(9)</sup>.

Cuando se han analizado los datos de varios países y la temperatura ambiente, así como la densidad de población, los resultados sugieren que la temperatura ambiente juega un papel importante en la propagación del SARS-CoV-2. Es decir, la temperatura puede afectar a la supervivencia de SARS-CoV-2 en el medio ambiente y en ambientes cerrados, donde siempre es más fácil la transmisión<sup>(10)</sup>.

La temperatura puede ser un factor clave a tener en cuenta por las autoridades de Salud Pública para el control de epidemias<sup>(11)</sup>, ya que hay rangos de temperatura específicos que se adaptan mejor al beneficio del virus. Además, las temperaturas más bajas contribuyen a la transmisión porque es cuando aumenta la vulnerabilidad. Por lo tanto, la llegada del verano podría reducir la transmisión del SARS-CoV-2.

Sin embargo, los estudios ecológicos a escala de país podrían tener algún error de medición debido a la alta variabilidad espacial, al estimar una exposición a temperatura fija para grandes áreas geográficas<sup>(12)</sup>, por lo que habría que seguir estudiando este factor como transmisor del SARS-CoV-2.

Además de la temperatura, otros estudios han explorado la relación entre la transmisión de SARS-CoV-2 y el índice de radiación ultravioleta (UV). El estudio de Gunthe *et al*<sup>(13)</sup> analiza los datos específicos de regiones y ciudades afectados por el brote y los parámetros meteorológicos correspondientes, mostrando que hay un rango óptimo de temperatura e índice UV que afecta fuertemente a la propagación y supervivencia del virus. Además, la precipitación, la humedad relativa y la capa de nubes, etc. no tienen ningún efecto sobre el virus. Sin embargo, un estudio

chino realizado en el mismo sentido ofrece conclusiones opuestas, evidenciando que en China no existe relación entre la radiación UV y el contagio por SARS-CoV-2<sup>(4)</sup>.

En España, la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), dependiente del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, y el Instituto de Salud Carlos III (ISCIII), adscrito al Ministerio de Ciencia e Innovación de España, investigan conjuntamente qué variables meteorológicas pueden ser consideradas de interés al analizar la incidencia y propagación de la enfermedad COVID-19 y del virus SARS-CoV-2 en nuestro país. Los resultados preliminares del estudio, en el que se comparó el índice de incidencia acumulado en los últimos 14 días (definido como número de contagios nuevos diarios por cada 100.000 habitantes) con la temperatura promedio correspondiente al mismo período por comunidad autónoma, indican la existencia de una correlación negativa entre ambos; es decir, a menor temperatura promedio, mayor incidencia<sup>(14)</sup>.

En este mismo sentido, un estudio reciente en diez países europeos concluye que el aumento de la humedad relativa se asocia con una disminución en el número de casos y muertes diarias, pero que, sin embargo, un aumento de la temperatura se asocia con un aumento en el número de casos y muertes diarias debido a la pandemia de COVID-19<sup>(15)</sup>.

No obstante, la Organización Mundial de la Salud comunicó el 28 de julio de 2020 que las estaciones anuales no parecen influir en el desarrollo de la pandemia de coronavirus<sup>(16)</sup>. Prueba de ello podría ser que entre los países más afectados en los últimos meses (en la fecha de redacción de este manuscrito) se encuentran dos en estaciones opuestas: Estados Unidos, en pleno verano, y Brasil, en invierno.

## EL PAPEL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

Por otro lado, se está estudiando la posible relación entre el elevado número de contagios de SARS-CoV-2 y la contaminación atmosférica. Es decir, la alta aglomeración de contaminantes del aire podría facilitar la propagación del virus. La hipótesis de que la contaminación del aire facilita la propagación del virus fue demostrada y respaldada por Cui *et al*<sup>(17)</sup> durante el brote de SARS de 2002 en China. Este estudio analizó la correlación entre el incremento del API (Índice de contaminación del aire)<sup>(18)</sup> y la tasa de mortalidad por SARS en cinco regiones de China. Las regiones se seleccionaron de acuerdo con su elevado índice de contaminación del aire, teniendo en cuenta que un API inferior a 100 se considera saludable para la población en general. Según esta investigación, las cinco regiones en estudio (Guangdong, Shanxi, Hebei, Pekín y Tianjin) presentaron una relación lineal entre el API y la tasa de mortalidad por SARS en el período de abril a mayo de 2003. Cuanto menor es el API, menor es la tasa de mortalidad<sup>(17)</sup>.

No solo el virus del SARS sino también otras enfermedades respiratorias como la EPOC (enfermedad pulmonar obstructiva crónica) encuentran un “territorio” fértil en las partículas contaminantes del aire y, en una relación lineal, sobreviven más tiempo y se vuelven más agresivas en un sistema inmunológico ya agravado por estas sustancias nocivas<sup>(19)</sup>.

Un análisis epidemiológico en 2007<sup>(20)</sup> respecto a la contaminación del aire y las infecciones virales respiratorias observó una correlación positiva entre el alto nivel de partículas (PM) en algunas áreas urbanas y la mortalidad debido a afecciones cardiovasculares y respiratorias. La exposición elevada a PM

(partículas en suspensión) comunes presentes en el aire puede alterar la inmunidad del huésped a las infecciones virales respiratorias.

Un estudio reciente de la SIMA (*Società Italiana di Medicina Ambientale*)<sup>(21)</sup> ha mostrado que la especificidad de la alta propagación del virus SARS-CoV-2 en algunas áreas del norte de Italia probablemente esté relacionada con las condiciones de contaminación del aire. En la difusión de la COVID-19 en Italia, las partículas atmosféricas ejercen una acción portadora (o impulso) junto con el virus. El PM10 (partículas en suspensión con diámetro menor de 10 µm) está compuesto de partículas sólidas y líquidas que permiten flotar en el flujo de aire por más tiempo y extenderse a grandes distancias. El PM atmosférico tiene una subcapa que facilita la supervivencia del virus en los flujos de aire durante horas o días. El aspecto atmosférico local es otro factor ambiental que debe considerarse en la difusión acelerada de este virus. De hecho, en presencia de alta humedad relativa local, el SARS-CoV-2 ha proliferado, mientras que se inhibe en situaciones de clima cálido<sup>(22)</sup>. Esta investigación muestra cómo las regiones del norte de Italia, que han sido las más afectadas por COVID-19, también son aquellas con una gran cantidad de partículas atmosféricas (PM10 y PM2,5) que superaban los estándares legislativos (límite: 50 µg/m<sup>3</sup> por día) en el mes de febrero de 2020.

Por lo tanto, varios estudios plantean la hipótesis sobre la relación entre contaminación atmosférica y contagios de SARS-CoV-2, sugiriendo que la exposición a corto y medio plazo a contaminantes puede aumentar la incidencia de infección por COVID-19. Estas hipótesis deberán ser validada por futuros estudios epidemiológicos en múltiples regiones geográficas afectadas por la pandemia de COVID-19.

**Tabla 1**  
**Características básicas de las revisiones incluidas sobre COVID-19 y temperatura ambiental.**

| Autor                    | Fecha           | Ámbito de estudio  | Resultados   | Conclusión   |
|--------------------------|-----------------|--|--|--|
| Brassey <sup>(2)</sup>   | Marzo 2020      | 429 ciudades chinas.   | Es probable que la temperatura y la humedad contribuyan con un máximo del 18% a la variación en la transmisión.  | La temperatura se correlaciona positivamente con la propagación de las tasas de infección, mientras que se correlaciona negativamente con la humedad.  |
| Yao <sup>(4)</sup>       | Marzo 2020      | 224 ciudades chinas.   | La media $\pm$ desviación estándar y el rango fueron $(5,9 \pm 7,5, -17,8-22,0$ °C) para la temperatura y $(1.332,5 \pm 594,0, 385.3222 J \cdot m^{-2})$ para la dosis diaria ponderada eritemalmente al día.                                | El estudio no respalda la hipótesis de que las altas temperaturas y la radiación ultravioleta puedan reducir la transmisión de COVID-19. Podría ser prematuro contar con un clima más cálido para controlar COVID-19.  |
| Triplett <sup>(26)</sup> | Abril 2020      | Incluyó datos de casos acumulativos para todos los países informantes de la OMS.   | Se muestran mayores patrones de crecimiento en rangos por debajo de 22,5 °C.   | Estas conclusiones no confirman que COVID-19 no pueda sobrevivir o transmitirse en temperaturas cálidas y húmedas o establecer una conexión casual entre temperatura y transmisión.  |
| Wang <sup>(7)</sup>      | Marzo 2020      | Poblacion de China y Estados Unidos.   | Assumiendo un aumento de 30 grados y 25 por ciento en la temperatura y la humedad relativa del invierno al verano en el hemisferio norte, se espera los valores de R disminuyan alrededor de 0,89 (0,69 por temperatura y 0,20 por humedad). | La temperatura y la humedad relativa tienen una fuerte influencia en los valores de R con una fuerte significación estadística.  |
| Wang <sup>(8)</sup>      | Febrero 2020    | 24.139 casos confirmados en China.   | En el grupo de temperatura más alta, cada aumento de 1 °C en la temperatura mínima en el modelo 1, el total de casos confirmados disminuyó en 0,068.   | El estudio concluye que la temperatura tiene un impacto significativo en la transmisión de COVID-19. Puede haber una relación dosis-respuesta no lineal entre los dos, lo que indica que hay una mejor temperatura que contribuye a su transmisión y que la baja temperatura es beneficiosa para la transmisión del virus. |
| Tobías <sup>(9)</sup>    | Julio 2020      | Tasa de incidencia diaria de casos diagnóstica de dos confirmados por PCR en la Región Sanitaria de Barcelona.   | La tasa de incidencia de casos de COVID-19 diagnosticados positivamente osciló entre 0 y 60% y la temperatura máxima diaria entre 12,2 °C y 22,8 °C.   | Un aumento promedio de 1°C de la temperatura máxima disminuyó la tasa de incidencia en -7,5% el mismo día.   |
| Holtman <sup>(10)</sup>  | Julio 2020      | Los datos de COVID-19 se obtuvieron del Global Change Data Lab (ourworldindata.org) y se cotejaron con los datos del Centro de Control de Enfermedades (CDC) y del Centro Europeo de Control de Enfermedades (ECDC). | La asociación observada indica un 76% adicional de un día por cada 10 grados adicionales de temperatura promedio ( $b=0,76, SE=0,34, p=0,02$ ).  | Las bajas temperaturas ambientales están asociadas con una propagación más rápida de COVID-19 en la fase temprana de la enfermedad endémica.   |
| Gunthe <sup>(13)</sup>   | Mayo 2020       | Examinó un total de 107.351 casos confirmados en 85 ubicaciones.   | El número de casos acumulados era más alto para un índice UV de 2,5 y disminuyó gradualmente desde un índice UV de 3,5. Para las áreas donde el índice UV fue superior a 5, el número de casos infectados confirmados disminuyó aún más.     | Concluye que hay un rango óptimo de temperatura e índice UV que afecta fuertemente la propagación y supervivencia del virus.   |
| Meo <sup>(15)</sup>      | Septiembre 2020 | 10 países europeos.  | Los resultados globales revelaron una correlación inversa significativa entre la humedad y el número de casos ( $r=-0,134, p < 0,001$ ) y muertes ( $r=-0,126, p < 0,001$ ).   | El aumento de la humedad relativa se asoció con una disminución en el número de casos y muertes diarias, sin embargo, un aumento de la temperatura se asoció con un aumento en el número de casos y muertes diarias debido a la pandemia de COVID-19 en los países europeos.   |

**Tabla 2**  
**Características básicas de las revisiones incluidas sobre COVID-19 y contaminación atmosférica.**

| Autor                      | Fecha      | Ámbito de estudio | Resultados   | Conclusión  |
|----------------------------|------------|-------------------|--|---|
| Martelleti <sup>(19)</sup> | Abril 2020 | Italia            | Las Regiones del Norte de Italia, que han sido las más afectadas por Covid-19, son también aquellas con una alta cantidad de material particulado atmosférico (PM10 y PM2,5) que supera los estándares legislativos (límite: 50 µg / m <sup>3</sup> por día) en el mes de febrero de 2020.   | El virus del SARS y otras enfermedades respiratorias como la EPOC (enfermedad pulmonar obstructiva crónica) encuentran un "territorio" fértil en las partículas contaminantes del aire y, en una relación lineal, sobreviven más tiempo y se vuelven más agresivos en un sistema inmunológico ya agravado por estas sustancias nocivas. |
| Ogen <sup>(23)</sup>       | Julio 2020 | Europa            | Hubo 4.443 muertes en estos países debido a COVID-19 al 19 de marzo de 2020. El 83% de todas las muertes (3.701 casos) ocurrieron en regiones donde la concentración máxima de NO <sub>2</sub> estaba por encima de 100 µmol/m <sup>2</sup> . 15,5% (691 casos) ocurrieron en regiones donde la concentración máxima de NO <sub>2</sub> estaba entre 50 y 100 µmol/m <sup>2</sup> , y solo el 1,5% de todas las muertes (51 casos) ocurrieron en regiones donde la concentración máxima de NO <sub>2</sub> fue inferior a 50 µmol/m <sup>2</sup> . | La exposición crónica a NO <sub>2</sub> podría contribuir de manera importante a las altas tasas de mortalidad por COVID-19 observadas en determinadas regiones.  |
| Conticini <sup>(24)</sup>  | Junio 2020 | Italia            | Una exposición prolongada a la contaminación del aire conduce a un estímulo inflamatorio crónico, incluso en sujetos jóvenes y sanos.  | Un sujeto que vive en un área con altos niveles de contaminantes es más propenso a desarrollar afecciones respiratorias crónicas y es más vulnerable para cualquier agente infeccioso.  |

Por otro lado, además de haber mayor número de contagios por SARS-CoV-2 en un ambiente contaminado, hay mayor letalidad por COVID-19<sup>(23,24)</sup>. Esto se produce porque, como ya se ha estudiado, hay una asociación independiente entre exposición a PM10 y mortalidad por causa respiratoria y cardiovascular<sup>(25)</sup>. Así pues, la buena calidad del aire debe ser tenida en cuenta como prevención para las epidemias.

## CONCLUSIONES

Los estudios revisados concluyen que la temperatura ambiente podría afectar a la supervivencia del SARS-CoV-2 en el medio ambiente, siendo las bajas temperaturas y la humedad favorecedoras de su expansión. Sin embargo, la Organización Mundial de la Salud, con la experiencia de los últimos meses, concluye que las

estaciones anuales y, por tanto, la temperatura parecen no influir en la propagación del virus.

Por otra parte, los contaminantes del aire, como las partículas, el dióxido de nitrógeno y el monóxido de carbono, probablemente faciliten la longevidad de las partículas de virus en condiciones climáticas favorables.

La falta de disponibilidad de intervenciones farmacológicas eficaces requeriría una mayor preparación y alerta para el control efectivo de la COVID-19. En estas condiciones, la información sobre temperatura, radiación y contaminación podría ser muy útil para las autoridades de Salud Pública que luchan por combatir esta crisis sanitaria global. Sin embargo, es importante tener en cuenta que son necesarios otros estudios para aumentar la evidencia científica sobre

los aspectos climatológicos y contaminantes que afectan a la transmisión del SARS- CoV-2.

Por todo lo anterior, las medidas de distanciamiento social, el uso de mascarillas y la higiene de manos cobran mayor importancia, si cabe, como las principales herramientas para la lucha contra la propagación del virus.

## REFERENCIAS

1. Tan J, Mu L, Huang J, Yu S, Chen B, Yin J. An initial investigation of the association between the SARS outbreak and weather: With the view of the environmental temperature and its variation. *J Epidemiol Community Health*. 2005 Mar 1;59(3):186–92.
2. Brassey J, Heneghan C, Mahtani KR. Do weather conditions influence the transmission of the coronavirus (SARS-CoV-2)? [Internet]. [cited 2020 May 11]. Available from: <https://www.cebm.net/covid-19/do-weather-conditions-influence-the-transmission-of-the-coronavirus-sars-cov-2/>
3. Hemmes JH, Winkler KC, Kool SM. Virus survival as a seasonal factor in influenza and poliomyelitis. *Antonie Van Leeuwenhoek*. 1962 Dec;28(1):221–33.
4. Yao Y, Pan J, Liu Z, Meng X, Wang WW, Kan H *et al*. No Association of COVID-19 transmission with temperature or UV radiation in Chinese cities. *The European respiratory journal*. NLM (Medline); 2020.
5. Epidemic theory (effective & basic reproduction numbers, epidemic thresholds) & techniques for analysis of infectious disease data (construction & use of epidemic curves, generation numbers, exceptional reporting & identification of significant clusters) [Internet]. 2020 [cited 2020 May 8]. Available from: <https://www.healthknowledge.org.uk/public-health-textbook/research-methods/1a-epidemiology/epidemic-theory>
6. Triplett M. Evidence that higher temperatures are associated with lower incidence of COVID-19 in pandemic state, cumulative cases reported up to March 27, 2020. *medRxiv*. 2020 Apr 12;2020.04.02.20051524.
7. Wang J, Tang K, Feng K, Lv W. High Temperature and High Humidity Reduce the Transmission of COVID-19. *SSRN Electron J*. 2020 Mar 11.
8. Wang M, Jiang A, Gong L, Luo L, Guo W, Li C *et al*. Temperature significant change COVID-19 Transmission in 429 cities. *medRxiv* [Internet]. 2020 Feb 25 [cited 2020 May 7];2020.02.22.20025791. Available from: <http://medrxiv.org/content/early/2020/02/25/2020.02.22.20025791.abstract>
9. Tobías A, Molina T. Is temperature reducing the transmission of COVID-19? *Environ Res* [Internet]. 2020 Jul 1 [cited 2020 May 7];186:109553. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0013935120304461>
10. Holtmann M, Jones M, Shah A, Holtmann G. Low ambient temperatures are associated with more rapid spread of COVID-19 in the early phase of the endemic. *Environ Res* [Internet]. 2020 May 6 [cited 2020 May 7];109625. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0013935120305181>
11. McMichael AJ, Wilkinson P, Kovats RS, Pattenden S, Hajat S, Armstrong B *et al*. International study of temperature, heat and urban mortality: the ‘ISOTHURM’ project. *Int J Epidemiol* [Internet]. 2008 Jun 3;37(5):1121–31. Available from: <https://doi.org/10.1093/ije/dyn086>
12. Soares PMM, Cardoso RM, Miranda PMA, De Medeiros J, Belo-Pereira M, Espirito-Santo F. WRF high resolution dynamical downscaling of ERA-Interim for Portugal. *Clim Dyn*. 2012 Nov 1;39(9–10):2497–522.
13. Gunthe SS, Swain B, Patra SS, Amte A. On the global trends and spread of the COVID-19 outbreak: preliminary assessment of the potential relation between location-specific temperature and UV index [Internet]. *Journal of Public Health (Germany)*. Springer; 2020 [cited 2020 May 13]. p. 1–10. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32337151>
14. Primeros indicios de correlación entre variables meteorológicas y propagación del coronavirus y la COVID-19 en España [Internet]. [cited 2020 May 13]. Available from: <https://www.isciii.es/Noticias/Noticias/Paginas/Noticias/AuerdoISCIIAEMETEstudioTemperaturasCOVID19.aspx>

15. Meo SA, Abukhalaf AA, Alomar AA, Sumaya OY, Sami W, Shafi KM *et al*. Effect of heat and humidity on the incidence and mortality due to COVID-19 pandemic in European countries. *Eur Rev Med Pharmacol Sci* [Internet]. 2020 Sep [cited 2020 Sep 29];24(17):9216–25. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32965017>
16. WHO. COVID-19 is not just seasonal, cautions WHO, as ‘first wave’ continues | | UN News [Internet]. [cited 2020 Sep 29]. Available from: <https://news.un.org/en/story/2020/07/1069111>
17. Cui Y, Zhang ZF, Froines J, Zhao J, Wang H, Yu SZ *et al*. Air pollution and case fatality of SARS in the People’s Republic of China: an ecologic study. *Environ Heal* [Internet]. 2003 Dec 20 [cited 2020 May 7];2(1):15. Available from <http://ehjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/1476-069X-2-15>
18. API - Air Quality Programmatic APIs [Internet]. [cited 2020 May 11]. Available from: <http://aqicn.org/api/>
19. Martelletti L, Martelletti P. Air Pollution and the Novel Covid-19 Disease: a Putative Disease Risk Factor. *SN Compr Clin Med* [Internet]. 2020 Apr 15 [cited 2020 May 7];2(4):383–7. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s42399-020-00274-4>
20. Ciencewicki J, Jaspers I. Air pollution and respiratory viral infection [Internet]. Vol. 19, *Inhalation Toxicology*. 2007 [cited 2020 May 7]. p. 1135–46. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/08958370701665434>
21. SIMA - Società Italiana di Medicina Ambientale | Italiaambiente [Internet]. [cited 2020 May 11]. Available from: <https://www.italiaambiente.it/sima-societa-italiana-di-medicina-ambientale/>
22. Setti L, Rizzo -Società E, Medicina I, Alessandro A, Italiana MS, Ambientale M. Relazione circa l’effetto dell’inquinamento da particolato atmosferico e la diffusione di virus nella popolazione.
23. Ogen Y. Assessing nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) levels as a contributing factor to coronavirus (COVID-19) fatality. *Sci Total Environ* [Internet]. 2020 Jul 15 [cited 2020 Sep 29];726. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32302812/>
24. Conticini E, Frediani B, Caro D. Can atmospheric pollution be considered a co-factor in extremely high level of SARS-CoV-2 lethality in Northern Italy? [Internet]. Vol. 261, *Environmental Pollution*. Elsevier Ltd; 2020 [cited 2020 Sep 29]. p. 114465. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0269749120320601>
25. Liu C, Chen R, Sera F, Vicedo-Cabrera AM, Guo Y, Tong S *et al*. Ambient Particulate Air Pollution and Daily Mortality in 652 Cities. *N Engl J Med* [Internet]. 2019 Aug 22 [cited 2020 Sep 29];381(8):705–15. Available from: <http://www.nejm.org/doi/10.1056/NEJMoa1817364>
26. Triplett M. Evidence that higher temperatures are associated with lower incidence of COVID-19 in pandemic state, cumulative cases reported up to March 27, 2020. *medRxiv*. 2020 Apr 12;2020.04.02.20051524.