

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/341302951>

Incertidumbres sobre los capacidad de modulación de los factores meteorológicos, asociados a la llegada del verano en España, en relación a la transmisión de la COVID-19.

Preprint · May 2020

DOI: 10.13140/RG.2.2.25826.96963/1

CITATIONS

0

READS

115

2 authors:



Ricardo Torrijo

Agencia Estatal de Meteorología

20 PUBLICATIONS 8 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Alejandro Lomas

Agencia Estatal de Meteorología

16 PUBLICATIONS 8 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Seasonal evolution of meteorological variables in its synoptic frame [View project](#)



Meteorología y Transmisión de Enfermedades Infecciosas [View project](#)

Incertidumbres sobre la capacidad de modulación de los factores meteorológicos, asociados a la llegada del verano en España, en relación a la transmisión de la COVID-19.

Índice

Introducción	1
<i>Incertidumbres que muestran los diversos estudios sobre las condiciones meteorológicas del verano que podrían modular la transmisión de la pandemia.</i>	1
Conclusiones	8
Referencias	9

Introducción

Uno de los aspectos que más debatidos actualmente es la relación entre las condiciones meteorológicas y la transmisión del coronavirus 2 del síndrome respiratorio agudo grave (SARS-CoV-2) que casusa la enfermedad denominada COVID-19. En un artículo anterior publicado por los mismos autores (Torrijo y Lomas, 17 de abril de 2020), se hizo una valoración de las condiciones meteorológicas que pueden modular la estacionalidad del contagio del COVID-19.

A pesar de su reciente irrupción y la necesidad de tiempo para profundizar y afinar los resultados, ya se han publicado diversos artículos que muestran significativas correlaciones entre los datos de transmisión del COVID-19 y la meteorología. La base experimental y teórica para justificar dicha relación, se basa en buena parte en la analogía con los mecanismos de otras enfermedades causadas por virus que afectan al tracto respiratorio que, por llevar mucho más tiempo bajo estudio, son mejor conocidos.

En las conclusiones del artículo mencionado anteriormente se hacían incidencia en la conexión entre las condiciones meteorológicas exteriores e interiores a través de la humedad absoluta, y en como dicha humedad, que en verano alcanza valores mayores que en invierno, puede afectar a la menor supervivencia y transmisión del virus por medio de aerosoles. Además, se comentaban a otros factores ambientales y sociales, también asociados a la llegada del verano, que podrían ayudar a frenar la expansión de la pandemia en nuestro país en ese período.

Ahora bien, por encima del optimismo que puedan mostrar los resultados, numerosos especialistas siempre hacen una llamada a la prudencia. Nos advierten que con la llegada de una pandemia que tiene una evolución difícil de predecir, el grado de inmunidad de la población puede ser un factor más determinante que los factores ambientales. De hecho, la experiencia ha mostrado que ha habido contagio eficiente en una gran variedad de climas. Estas incertidumbres, que se deducen de diversos estudios, se tratarán a continuación.

Incertidumbres que muestran los diversos estudios sobre las condiciones meteorológicas del verano que podrían modular la transmisión de la pandemia.

Apuntando a la posible modulación estacional de la transmisión del COVID-19, un estudio (Sahadi et al., 5 de marzo de 2020) del Instituto de Virología Humana de la Universidad de Maryland, que ha alcanzado cierta relevancia, encontró que las áreas con una significativa distribución comunitaria del COVID-19 se distribuyen aproximadamente entre los 30-50°N, en zonas con temperaturas medias entre los 5 - 11°C, en combinación con bajas humedades específicas (3-6 g/kg) y humedades absolutas (4-7 g/m³)¹. Basándose en este estudio, las condiciones meteorológicas del verano español no serían favorables a la propagación del virus. Sin embargo, el mismo artículo invita a ser cauto en la interpretación de los resultados, puesto se trata de un virus con aspectos todavía no suficientemente conocidos y ante el que la población no cuenta con inmunidad previa.

Para Bukhari y Jameel (Bukhari y Jameel, 17 de marzo de 2020), el papel de la temperatura es menos claro, pero el rango de humedad absoluta, a través del cual se han documentado la mayoría de los casos, ha estado entre 3-9 g/m³ por metro cúbico. Consideran Bukhari y Jameel que, si realmente el Covid-19 es sensible a los factores ambientales, entonces podría usarse para optimizar las estrategias de mitigación. Han estudiado estos investigadores que en marzo de 2020 en un margen de 3-9 gramos por metro cúbico, se han producido un 90% de los casos, pese a suponer solo un 72% de las mediciones disponibles. Por su parte, en el 28% restante de mediciones, se han reportado un 10% de casos. Es decir que en el primer intervalo la proporción de casos observados es casi cuatro veces mayor que fuera de él. Para las temperaturas, los resultados no serían tan relevantes, si bien en el intervalo 3-17°C se han observado el doble de casos que fuera de dicho intervalo.

Los porcentajes obtenidos aplicando el criterio de Bukhari y Jameel son cualitativamente parecidos a los obtenidos con el criterio de Sahadi et al.², pero mucho más pesimistas, ya que alargan en un par de meses el período con predominio de condiciones favorables para la transmisión del virus, que se mantiene incluso en un porcentaje significativo durante los meses de verano. Según este nuevo intervalo estudiado, climatologías mensuales de humedad absoluta de ciudades como Madrid, Ávila, Segovia, Cuenca, Valladolid o Soria estarían todo el año dentro del intervalo en que se producen la mayoría de los contagios, incluso en verano.

Además de sugerir un rango de condiciones ambientales que afectaría a zonas más amplias de nuestro país y durante más tiempo, Bukhari y Jameel consideran que, con los

¹ Llama la atención la distinción que hace entre humedad específica y absoluta, que son magnitudes muy similares. Una expresa los gramos de vapor de agua que contiene un kilogramo de aire y la segunda por metro cúbico. Como la densidad del aire varía poco, si no hay grandes variaciones de altitud, es fácil establecer entre ambas una correspondencia bastante aproximada. Recuérdese que la humedad relativa da una idea del porcentaje de vapor de agua que contiene una masa de aire, respecto al máximo contenido que puede contener a una temperatura dada. Como la humedad absoluta que puede albergar en su seno el aire aumenta rápidamente con la temperatura, el aire cálido, con la misma humedad relativa que el frío, contiene mucha más humedad absoluta y al enfriarse sin variar el contenido absoluto de humedad experimenta un aumento mucho mayor de la mencionada humedad relativa.

² De hecho, es un criterio muy similar, ampliando el intervalo de humedad absoluta y sin tener en cuenta la temperatura. No incluir la temperatura, por otro lado, influiría muy poco en el estudio del Sahadi et al, ya que casi siempre que las estaciones cumplen el criterio de humedad absoluta también lo hacen con el de temperatura.

datos actuales, aunque limitados, es extremadamente improbable que la propagación del COVID-19 se desacelere en los EE. UU. o Europa, debido a factores ambientales, porque ya se ha informado de un gran número de casos en muy variados rangos de humedad absoluta y temperaturas. También afirman que sus resultados de ninguna manera sugieren que el Covid-19 no se propagaría en regiones cálidas y húmedas y que deberían implementarse intervenciones efectivas de salud pública en todo el mundo para frenar la transmisión. Para estos investigadores el papel de la humedad absoluta merece una mayor investigación con experimentos de laboratorio que estudien la sensibilidad de Covid-19 en un rango de condiciones de temperatura y humedad. Los autores recalcan además que los datos analizados aquí están cambiando rápidamente y hay muchas incógnitas, como la forma en que el virus está mutando y evolucionando, los números reproductivos y la forma dominante de propagación.

MES	PORCENTAJE DE ESTACIONES EN INTERVALO DE HUMEDAD ABSOLUTA PROPUESTO POR BUKHARI Y JAMEEL	PORCENTAJE DE ESTACIONES QUE CUMPLEN CON LAS CONDICIONES PROPUESTAS POR SAHADI ET AL.
enero	91%	55%
febrero	89%	65%
marzo	87%	42%
abril	82%	22%
mayo	47%	2%
junio	25%	0%
julio	20%	0%
agosto	18%	0%
septiembre	24%	0%
octubre	39%	4%
noviembre	75%	35%
diciembre	88%	51%

Tabla 1. Partiendo de los valores climatológicos normales en 85 observatorios principales, se obtienen las siguientes estadísticas en cuanto al porcentaje de estaciones cuyos valores medios mensuales están en los intervalos climatológicos de humedad absoluta favorables a la propagación del COVID-19 según Bukhari y Jameel (izquierda) o en los de temperatura y humedad propuestos por Sahadi et al. (derecha). Los datos se han extraído, para el periodo 1981-2010, de la Guía resumida del clima en España (AEMET, 2012)

Para Wang et al. (Wang et al., 17 de marzo de 2020), utilizando los valores diarios del índice reproductivo del 21 al 23 de enero de 2020 en 100 ciudades chinas, como indicadores de la intensidad de transmisión no intervenida, la alta temperatura y la alta humedad reducen significativamente la transmisión de COVID-19 de tal forma que un aumento de un grado Celsius en la temperatura y un aumento del uno por ciento en la humedad relativa puede hacer disminuir el factor reproductivo R una fracción de 0.0225 y 0.0158, respectivamente. Según estos autores este resultado es consistente con el hecho de que la alta temperatura y humedad reducen la transmisión de influenza y SARS. Para estos investigadores la llegada del verano y la temporada de lluvias en el hemisferio norte puede reducir efectivamente la transmisión del COVID-19.

A diferencia de lo que ocurre con otras regiones climáticas, al aplicar las conclusiones de Wang et al. a los veranos de España, el factor de aumento de la temperatura estival se contrarrestaría e incluso se superaría con la disminución de la humedad relativa en muchas zonas, hasta el punto de que aplicando a nuestro país sus conclusiones darían un aumento de la gravedad del contagio en amplias zonas del centro peninsular en verano (véase tabla 2), en contradicción con otros muchos estudios.

Una de las razones de esto se debe a que el clima mediterráneo que caracteriza nuestro país, y que es típico de las regiones próximas al mar que le da nombre, se caracteriza por unos veranos secos y calurosos y por unos inviernos moderadamente fríos y con una precipitación suficiente para el desarrollo de la vegetación típica de estas regiones (Pecharroman y Torrijo, 2015). Esta característica es una anomalía que se da en muy pocas regiones del planeta y muy diferente al clima de las regiones chinas en que se basa el estudio caracterizadas por veranos cálidos y húmedos.

VARIACIÓN DEL ÍNDICE REPRODUCTIVO, RESPECTO AL MES DE MARZO, EN ALGUNAS CIUDADES ESPAÑOLAS APLICANDO LA FÓRMULA DE WANG ET AL.													
MES	MADRID	BARCELONA	VALENCIA	SEVILLA	ZARAGOZA	MÁLAGA	MURCIA	PALMA	VITORIA	LOGROÑO	CIUDAD REAL	SEGOVIA	SORIA
1	-0,14	0,06	-0,01	-0,08	-0,14	0,03	-0,01	0,02	-0,10	-0,11	-0,15	-0,14	-0,13
2	-0,08	0,04	-0,01	-0,06	-0,05	0,02	-0,02	0,01	-0,05	-0,04	-0,08	-0,05	-0,06
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	-0,05	-0,03	-0,01	-0,01	-0,02	0,03	0,05	0,01	-0,04	-0,02	-0,01	-0,02	-0,05
5	-0,09	-0,11	-0,10	-0,02	-0,07	0,02	-0,02	-0,02	-0,10	-0,08	-0,04	-0,09	-0,12
6	-0,07	-0,17	-0,17	-0,04	-0,09	-0,04	-0,06	-0,09	-0,16	-0,10	-0,03	-0,06	-0,12
7	-0,06	-0,22	-0,27	-0,05	-0,12	-0,10	-0,15	-0,14	-0,21	-0,13	-0,01	0,01	-0,10
8	-0,09	-0,25	-0,31	-0,10	-0,18	-0,16	-0,22	-0,15	-0,22	-0,17	-0,05	0,00	-0,12
9	-0,14	-0,23	-0,27	-0,13	-0,18	-0,18	-0,22	-0,16	-0,20	-0,18	-0,13	-0,16	-0,15
10	-0,23	-0,18	-0,22	-0,15	-0,23	-0,16	-0,20	-0,13	-0,18	-0,21	-0,19	-0,18	-0,21
11	-0,22	-0,04	-0,11	-0,16	-0,20	-0,09	-0,10	-0,05	-0,16	-0,17	-0,21	-0,17	-0,18
12	-0,20	0,06	-0,04	-0,15	-0,17	-0,05	-0,08	0,00	-0,13	-0,15	-0,21	-0,07	-0,17

Tabla 2. Variación del índice reproductivo, respecto al mes de marzo, como consecuencia de las variaciones de temperatura y humedad relativa en algunas ciudades españolas utilizando los siguientes datos de Observatorios Principales de las diferentes ciudades: Madrid-Aeropuerto, Barcelona-Aeropuerto, Barcelona-Aeropuerto, Sevilla-Aeropuerto, Zaragoza-Aeropuerto, Málaga-Aeropuerto, Murcia, Palma-Puerto, Foronda-Txokiza, Logroño-Aeropuerto, Ciudad Real, Segovia y Soria. Los datos se han extraído, para el periodo 1981-2010, de la Guía resumida del clima en España (AEMET, 2012). Los colores más verdes representan alas mayores variaciones negativas y los más rojos las más positivas.

Nótese que Wang et al, a diferencia de otros, utilizan la humedad relativa y no la absoluta, ya que consideran que, si bien la humedad absoluta por si sola correlaciona mejor que la relativa con el índice reproductivo, combinada con la temperatura la humedad relativa es un mejor indicador. Opinamos sin embargo que la humedad absoluta, que varía mucho menos a lo largo del día y entre interior (donde se producen buena parte de los contagios) y exterior y que además muestra una base experimental más sólida (Shaman y Kohn, 2009) a su mecanismo de actuación, puede ser una variable más adecuada a la hora de extender estos resultados a otras zonas o periodos de tiempo.

Por todo ello creemos que el estudio de Wang et al., puede tener un gran valor aplicado a China, pero no es adecuado a nuestro entorno. A su vez estos resultados muestran el

cuidado que se debe tener con este tipo de proyecciones sin una valoración crítica del fundamento de las correlaciones usadas y sin ser consciente de las posibles limitaciones de su extensión fuera del área de estudio.

Un estudio preliminar de AEMET y el Instituto de Salud Carlos III (AEMET, 14 de abril de 2020) en el que se comparó el índice de incidencia acumulada en los últimos 14 días, definido como número de contagios nuevos diario por cada 100.000 habitantes, con la temperatura promedio correspondiente al mismo período por Comunidad Autónoma, en dos fechas elegidas, indican la existencia de una correlación negativa entre ambos. En dicho estudio el aumento temperatura mostraba una excelente correlación con la disminución del número contagios.

Sin embargo, no se debe olvidar que, aunque la temperatura muestre una excelente correlación, la causa última de dicha correlación se debe fundamentalmente a que simultáneamente al aumento de temperatura, suceden multitud de elementos asociados que pueden limitar la transmisión del virus³ y además intervienen otros factores independientes que están evolucionando. Todo ello lleva, al igual que con otros estudios, a ser prudente sobre la posible modulación estacional del contagio. Cabe la duda de en que medida, lo observado en el estudio en unas mismas fechas para diversas localidades geográficas, se puede extrapolar para la evolución de lo que ocurre en una localidad a lo largo del año.

Luo et al., (Luo et al., 17 de febrero de 2020) tras examinar la variabilidad a nivel de provincia de los números reproductivos básicos de COVID-19 en China concluyeron que el aumento de la temperatura y la humedad absoluta, a medida que llegan los meses de primavera y verano en el hemisferio norte, no necesariamente conduciría a una disminución de los casos de COVID-19 si no lleva aparejado la implementación de amplias intervenciones de salud pública. Estos investigadores recuerdan además que el crecimiento rápido de la infección por coronavirus ha ocurrido en China en una variedad muy grande de humedades.

Además de ello, Baker et al. (Baker et al., 7 de abril de 2020), afirman que mientras que el clima puede jugar un importante papel modulando el tamaño y la escala temporal de un brote de pandemia, la inmunidad es un factor mucho más fundamental en un lugar determinado. Para estos autores las temperaturas veraniegas no limitarían efectivamente la diseminación de la enfermedad, lo que no significa que el clima no sea importante a largo plazo. Estos estudiosos concluyen que es necesario conocer mejor los factores climáticos y de inmunidad para entender brotes secundarios una vez que la fase inicial de la pandemia ha pasado.

³Basta considerar para ilustrar este hecho que gran parte de los contagios se producen en ambientes climatizados con poca variación anual de temperatura, sin embargo la humedad absoluta del aire es una variable cuya evolución climatológica es similar a la temperatura y varía poco de exterior a interior, además en verano hay mayor radiación UV y mayor exposición, que favorece el sistema inmunológico, factores sociales con un estilo de vida al aire libre donde la transmisión es menos probable que en espacios cerrados, menores aglomeraciones humanas y una mayor ventilación de edificios entre otros factores a considerar que se puede consultar (una recopilación más detallada de los diversos factores con referencias a diversos estudios que lo apoyan se puede encontrar en el artículo Torrijo y Lomas de 17 de abril de 2020 que aparece en las referencias.).

Para estos investigadores la humedad puede ser un factor importante para una infección endémica, pero durante la etapa pandémica de un patógeno emergente, como el caso del SARS-CoV-2, solo se pueden generar cambios modestos en cuanto a tamaño y duración de la pandemia y, en ausencia de medidas de control efectivas, el crecimiento pandémico no se detendría en verano y la inmunidad de la población podría ser factor mucho más fundamental que el clima.

La mayor presencia de contaminación invernal es un factor que también ha generado debates sobre su influencia en la propagación del virus. En un estudio publicado recientemente por Wu et al. (Wu et al, preprint de 24 de abril de 2020), se asocia un incremento de la concentración de material particulado fino (PM_{2.5}) en la atmósfera, uno de las formas más adecuadas para caracterizar la contaminación atmosférica, con un significativo aumento de la tasa de mortalidad del COVID-19. A este respecto hay que señalar que el desarrollo de intensos episodios de contaminación atmosférica tiene lugar en otoño e invierno, mientras que en verano se alcanzan valores mínimos, lo que sería otro factor favorable a la moderación estival del contagio. Sin embargo, debido a la multitud de factores que afectan o pueden afectar a la transmisión de virus, muchos de ellos entrelazados y que concurren simultáneamente, consideramos que se debe ser muy prudente a la hora de sacar conclusiones.

En un estudio realizado por Juzeniene et al. (Juzeniene et al., 2010), la vitamina D puede tener influencia en la estacionalidad de la gripe y es un factor que reduce el riesgo de infección y mortalidad. Se observa en el estudio realizado por estos mismos autores un repunte de la ola de gripe, con un retraso de uno o varios meses, respecto al mínimo anual de irradiación solar. También apuntan los estudiosos a que la población rural tendría una mayor exposición solar, lo que favorecería su sistema inmune. Ahora bien, de cumplirse lo mismo para la COVID-19, con las medidas de confinamiento, este factor podría dejar de jugar su papel positivo y hay que recordar a la población que los cristales filtran la radiación UVB que es la que favorece la formación de Vitamina D⁴.

De acuerdo con Meriw y Urban, (preprint de 22 de abril de 2020), estudios preliminares de laboratorio del SARS-CoV-2 y de otros coronavirus emparentados con el causante de la enfermedad COVID-19, muestran que la transmisión de esta última enfermedad declinaría con temperaturas, humedad y luz ultravioleta crecientes. Según un modelo que han desarrollado, basado en datos meteorológicos e informes globales de infección, la luz ultravioleta es la variable más fuertemente relacionada con tasas de crecimiento de COVID-19 menores. Según sus predicciones la enfermedad disminuirá transitoriamente durante el verano, rebotará en otoño y alcanzará su punto máximo el próximo invierno. Sin embargo, afirman que la incertidumbre es alta y estiman que la probabilidad de una tasa de duplicación semanal del contagio es superior al 20% durante todo el verano, si no se toman medidas de control, por lo que consideran posible que, a pesar de las tendencias estacionales, se deban mantener durante el periodo estival.

⁴ En la web de AEMET, se puede consultar el índice de radiación ultravioleta diario, así como una serie de recomendaciones, de acuerdo con la OMS, sobre las precauciones a la hora de exponerse al sol para cada valor de dicho índice. <http://www.aemet.es/es/eltiempo/prediccion/radiacionuv>
Es interesante recordar también que en los meses más cálidos la radiación UV es muy superior a la del invierno, para ver ello basta consultar: http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/vigilancia_clima/radiacion_ozono?w=1

Para Eccles (Eccles, 2002), en el caso de las infecciones del tracto respiratorio superior, la inhalación de aire frío provoca el enfriamiento del epitelio nasal, y que esta reducción de la temperatura nasal es suficiente para inhibir las defensas respiratorias contra la infección, como el aclaramiento mucociliar y la actividad fagocítica de los leucocitos. Pero para Tamerius et al. (Tamerius et al., 2013), la baja humedad relativa, en el caso de la gripe, puede afectar la fisiología del huésped, reduciendo la eliminación de la mucosidad, lo que podría favorecer el contagio.

Sobre esto último hay que ser muy cuidadosos al interpretar los resultados. Téngase en cuenta que las situaciones de baja humedad relativa no son típicas del invierno en el aire exterior, pero si del ambiente interior de edificios calefactados, ya que, al aumentar la temperatura con la baja humedad absoluta invernal, la humedad relativa, cociente entre la humedad del aire y la máxima que puede contener, que aumenta mucho con la temperatura, disminuye rápidamente. Por el contrario, la humedad relativa baja es típica del aire exterior en verano en nuestro país, pero la refrigeración de los inmuebles aumenta dicha humedad relativa. Ahora bien, también hay que tener en cuenta que, en verano, las masas de aire cálido y seco sahariano que invaden la península pueden llegar a tener una muy baja humedad relativa e incluso absoluta. De producirse una de estas situaciones, que además a veces traen consigo una gran cantidad de materia particulado, podría ser un elemento para valorar con posible influencia negativa.

Por su parte Lipsitch y Viboud (Lipsitch y Viboud 2009) hacen referencia a varios estudios que ponen de manifiesto que la importancia de los ciclos escolares y la ausencia clases en verano como un factor reseñable. Según Cuchemez et al. (Cuchemez et al., 2008) en las vacaciones invernales se reduce un 25% la transmisión infantil de la gripe. En la misma línea cabe esperar que las vacaciones laborales, la descongestión del transporte público en verano, o la ausencia de las grandes aglomeraciones asociadas a los eventos deportivos tan populares en nuestro país, son factores también para tener en cuenta. Estos eventos sociales, tan determinantes en la interacción entre personas, caso de producirse, favorecerían la transmisión por contacto muy cercano donde la meteorología es seguramente menos determinante (Lowen y Palese, 2009). Por ello, de producirse aglomeraciones en los meses estivales, el contagio por dicho mecanismo seguiría constituiría una forma eficiente.

En un artículo titulado *Dynamical resonance influenza*, Dushoff et al. (Dushoff et al., 2004), se desarrolla un modelo matemático de contagio de la gripe en el que se parte de unas ecuaciones diferenciales que tienen en cuenta la población infectada, la inmune, los no infectados ni inmunes y su tasa de interacción entre ellos. En dicho modelo al ciclo natural del contagio de gripe, que tiene en cuenta que, al tiempo limitado de duración de la inmunidad, en el que interviene la evolución gradual del virus, se superpone la modulación estacional que diversos factores pueden aportar. Como resultado, se observa que, cuando el ciclo natural de contagio se acopla con la modulación estacional, aunque esta sea pequeña, se produce como resultado una muy marcada oscilación entre los máximos invernales y los mínimos estivales.

Pero el modelo anterior que puede ser válido para una epidemia de gripe que ya lleva uno años establecida, puede no ser válido para la evolución de una pandemia, como en el caso del COVID-19 que ataca a una población inmunizada. En este último caso las primeras olas de contagio podrían tener un comportamiento diferente al que cabría

esperar. En este sentido puede ser muy interesante la lectura del artículo de Baker et al. de comienzos de abril de 2020 que se incluye en la bibliografía.

En definitiva, se ha visto que el problema de la posible modulación estacional de la transmisión del coronavirus es un asunto muy complejo con multitud de factores, muchos de ellos interconectados, que pueden afectar y que son difíciles de valorar. Por todo ello, la prudencia debe estar siempre presente y a medida que pase el tiempo se podrán ir aclarando dudas y cambiando algunas deducciones.

Conclusiones

Diversas investigaciones apuntan a la hipótesis que podría haber una modulación estacional de la infección por COVID-19 por razones meteorológicas. Las observaciones, bien fundamentadas en unas hipótesis muy razonadas, apuntan a una correlación significativa entre la transmisión del COVID-19 y condiciones meteorológicas frías y secas. Dichas hipótesis se basan no solo en correlaciones estadísticas significativas, sino también en una base teórica y experimental.

Si dicha hipótesis se confirmara cabría esperar una atenuación del nivel de contagio con la llegada de los meses más calurosos. En este caso la evolución de las condiciones meteorológicas puede ayudar a planificar la evolución de la pandemia y a predecir su evolución, sería muy conveniente la asesoría realizada por profesionales para la predicción en las diversas localidades a corto, medio y largo plazo. La predicción meteorológica requiere siempre una valoración de su fiabilidad y la posibilidad de diversos escenarios. Complejas circunstancias que nunca se pueden incluir en los encorsetados formatos de los boletines que se difunden habitualmente.

Es muy común encontrar en los diversos artículos que han estudiado la relación entre variables meteorológicas y la expansión del COVID-19, una llamada a la prudencia y mayor o menor escepticismo sobre si la expansión del virus, caso de no tomarse las medidas de control adecuadas por las autoridades, puede ser frenada por factores ambientales. Numerosos especialistas advierten que hay que ser muy cautos, ya que todavía es difícil hacer predicciones sobre un virus de nueva irrupción y con aspectos poco conocidos y que además ya se ha expandido previamente en una gran variedad de condiciones meteorológicas.

Aparte de ello la influencia de los factores meteorológicos estarían por determinar, ya que diversas investigaciones establecen diversas predicciones y umbrales, con resultados diversos sobre la influencia positiva de la llegada del tiempo típico del verano en España. En muchas localidades, además, debido a la variabilidad natural, las variables atmosféricas, pueden alcanzar valores muy diferentes a las medias climatológicas, de ahí la importancia de la predicción y vigilancia meteorológica en los meses sucesivos.

A la hora de modelizar una posible evolución de la pandemia, las condiciones ambientales, con todas las incertidumbres sobre su influencia, pueden tener cierta relevancia, pero numerosos autores consideran que por si mismas no va a detener la evolución de la pandemia y que serán determinante las medidas adoptadas por las

autoridades, la modesta tasa actual de población inmune en España⁵, y la duración de dicha inmunidad. Todo ello lleva a pensar que la llegada del buen tiempo, aun cuando consolidara una evolución positiva del nivel de contagio, no va a permitir relajar una estrecha vigilancia de la evolución de la pandemia y de su relación con las variables atmosféricas.

Madrid, 15 mayo de 2020

Ricardo Torrijo y Alejandro Lomas.

Meteorólogos Equipo Técnico de la Delegación de AEMET en Madrid.

Referencias

AEMET. Blog (abril de 2020). *Primeros indicios de correlación entre variables meteorológicas y propagación de la enfermedad covid-19 y del virus SARS-CoV-2 en España*. Disponible en:

http://www.aemet.es/es/noticias/2020/04/Covid_variablesmeteorologicas_abril2020
(web consultada en abril de 2020)

AEMET. Página web. *Apartado de radiación ultravioleta (UVI) y radiación y ozono*.

<http://www.aemet.es/es/eltiempo/prediccion/radiacionuv/ayuda> y
<http://www.aemet.es/es/eltiempo/observacion/radiacion/ultravioleta?datos=mapa>
http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/vigilancia_clima/radiacion_ozono?w=1

(webs consultada en abril de 2020)

Bukhari, Q. y Jameel, Y. (17 de marzo de 2020), *Will Coronavirus Pandemic Diminish by Summer*. Disponible en <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3556998> (web consultada en abril de 2020)

Baker, R. E., Yang, W., Vecchi, G.A., Jessica, C., Metcalf, E., TGrenfell, B. (7 de abril de 2020). *Susceptible supply limits the role of climate in the COVID-19 pandemic*, medRxiv 2020.04.03.20052787. Preprint disponible en:

<https://doi.org/10.1101/2020.04.03.20052787> (web consultada en abril de 2020)

Cauchemez S, Valleron AJ, Boelle PY, Flahault A, Ferguson NM (2008). *Estimating the impact of school closure on influenza transmission from Sentinel*

⁵ Según los primeros resultados del estudio de seroprevalencia, publicado el 13 de mayo y diseñado por el Ministerio de Sanidad y el Instituto de Salud Carlos III (ISCIII) con la colaboración del Instituto Nacional de Estadística (INE), el 5% de los españoles habría desarrollado anticuerpos. Si bien hay una marcada variación geográfica: mientras que Ceuta, Murcia, Melilla, Asturias y Canarias presentan prevalencias inferiores al 2%, las Comunidades de Castilla-La Mancha y Madrid superan el 10%. A nivel provincial destaca Madrid y su entorno y las provincias más orientales de ambas Castillas (Ministerio de Sanidad y Ministerio de Ciencia e Innovación, 13 de mayo de 2020).

data. *Nature* 452(7188):750–754. Disponible en:
<https://www.nature.com/articles/nature06732> (web consultada en abril de 2020)

Dushoff, J., Plotkin, J.B., Levin, S.A., Earn, D.J.D. (2004). Dynamical resonance can account for seasonality of influenza epidemic. *Proceedings of the National Academy of Sciences* Nov 2004, 101 (48) 16915-16916; DOI:10.1073/pnas.0407293101. Disponible en: <https://www.pnas.org/content/101/48/16915.short> (web consultada en abril de 2020)

Eccles, R., (2002). An explanation for the seasonality of acute upper respiratory tract viral infections. *Acta Otolaryngol.* 122, 183-191 . doi: 10.1080/000164802 52814207. Disponible en: http://www.airguardmedical.com/html/content/Eccles%20R_2002.pdf (web consultada en abril de 2020).

Juzeniene, A., Li-Wei Ma, L. Kwitniewski, M., Georgy A. Polev, G., Zoya Lagunova, Z., Arne Dahlback, A., Johan Moan, J. (2010). The seasonality of pandemic and non-pandemic influenzas: the roles of solar radiation and vitamin D. *International Journal of Infection Disease.* Volume 14, issue 12, e1099-e1105. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijid.2010.09.002> (web consultada en abril de 2020)

Lipsitch, M., Viboud, C. (2009). Influenza seasonality: Lifting the fog. *Proceedings of the National Academy of Sciences* Mar 2009, 106 (10) 3645-3646; DOI:10.1073/pnas.0900933106. Disponible en: <https://www.pnas.org/content/106/10/3645> (web consultada en abril de 2020)

Luo, W., Majumder, M.S., Liu, D., Kenneth, C.P., MarcLipsitch, D.M., Santillana, M. (17 de febrero de 2020). The role of absolute humidity on transmission rates of the COVID-19 outbreak medRxiv 2020.02.12.20022467. Preprint disponible en: <https://doi.org/10.1101/2020.02.12.20022467> (web consultada en abril de 2020)

Lowen, A., Palese, P., 2009. Transmission of influenza virus in temperate zones is predominantly by aerosol, in the tropics by contact: A hypothesis. doi: 10.1371/currents.RRN1002. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2762697/> (web consultada en abril de 2020)

Meriw, C., Urban, Mark C. (22 de abril de 2020). Seasonality and uncertainty in COVID-19 growth rates. medRxiv 2020.04.19.20071951. Disponible en: <https://doi.org/10.1101/2020.04.19.20071951> (web consultada en abril de 2020)

Ministerio de Sanidad. Consejo Interterritorial, Sistema Nacional de Salud, Ministerio de Ciencia e Innovación, Instituto Carlos III. Estudio nacional de sero-epidemiología de la infección por SARS-Cov-2 en España. Informe preliminar. Disponible en: <https://www.mscbs.gob.es/gabinetePrensa/notaPrensa/pdf/ENE-C140520115618104.pdf> (web consultada en mayo de 2020)

Pecharroman, M.D. y Torrijo, R. (2015). El clima de Cabañeros y su posible evolución a lo largo del siglo. *Boletín de la red de Seguimiento de Cambio Global en Parques Naturales*, 4, (invierno 2014 - primavera 2015), pp. 28-31. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/305109728_El_clima_de_Cabaneros_y_su_posible_evolucion_a_lo_largo_del_siglo (web consultada en abril de 2020)

Shaman, J., Kohn, M., 2009. Absolute humidity modulates influenza survival, transmission, and seasonality. *Proceedings of the National Academy of Sciences* Mar 2009, 106 (9) 3243-3248; DOI:10.1073/pnas.0806852106. Disponible en: <https://www.pnas.org/content/106/9/3243> (web consultada en abril de 2020)

Tamerius JD, Shaman J, Alonso WJ, Bloom-Feshbach K, Uejio CK, et al. (2013) Correction: Environmental Predictors of Seasonal Influenza Epidemics across Temperate and Tropical Climates. *PLOS Pathogens* 9(11): 10.1371/annotation/df689228-603f-4a40-bfbf-a38b13f88147. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/annotation/df689228-603f-4a40-bfbf-a38b13f88147> (web consultada en abril de 2020)

Torrijo, R. y Lomas, A. (preprint de 17 de abril de 2020). Posible modulación de la transmisión del coronavirus por factores meteorológicos en España. DOI: 10.13140/RG.2.2.19540.35207. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/340789454_Posible_modulacion_de_la_transmision_del_coronavirus_por_factores_meteorologicos_en_Espana (web consultada en abril de 2020).

Wang, J., Tang, K., Feng, K., Lv, W., eprint de 10 de marzo de 2020. High Temperature and High Humidity Reduce the Transmission of COVID-19 SSRN. [arXiv:2003.05003v3](https://arxiv.org/abs/2003.05003v3) Disponible en https://papers.ssrn.com/sol3/Papers.cfm?abstract_id=3551767 (web consultada en abril de 2020)

Wu, X., Nethery, R.C., Sabath, B.M., Braun, D., Dominici, F. (preprint del 24 de abril de 2020) Exposure to air pollution and COVID-19 mortality in the United States: A nationwide cross-sectional study. medRxiv 2020.04.05.20054502. Disponible en: <https://doi.org/10.1101/2020.04.05.20054502> (web consultada en abril de 2020)