

Respuesta del dióxido de carbono y de la calidad del aire a la reducción de emisiones fruto de las restricciones vinculadas a la COVID-19

por Alex Vermeulen¹, Jocelyn Turnbull², Vincent-Henri Peuch³, Oksana Tarasova⁴ y Claudia Volosciuk⁴

La humanidad está sufriendo una crisis sanitaria, con la consiguiente crisis económica, a causa de la COVID-19, y las medidas que han tomado los gobiernos a escala mundial han tenido un efecto generalizado. Así, las restricciones a la movilidad y a las actividades comerciales han derivado en un cambio en las emisiones antropógenas y en la composición química de la atmósfera, cambio especialmente significativo en áreas urbanas y patente tanto en los contaminantes atmosféricos como en los gases de efecto invernadero.

Las posibles conexiones entre contaminación atmosférica, virus y enfermedad son de gran interés para la Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG) de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y ofrecen también una oportunidad sin precedentes para observar un cambio complejo y transitorio en las emisiones antropógenas en la mayor parte del mundo. La comunidad de la VAG ha iniciado estudios sobre los efectos de la crisis en la composición atmosférica a escala mundial, regional, nacional y urbana. Los estudios mundiales y regionales están basados en las observaciones de la red mundial de satélites, en la modelización numérica y en la asimilación de datos, mientras que los estudios a menor escala trabajan principalmente con el análisis directo de observaciones *in situ*.

Dióxido de carbono

El dióxido de carbono (CO₂) es un gas de efecto invernadero que se acumula en la atmósfera y presenta una prolongada durabilidad. Cuando hay equilibrio neto entre las fuentes y los sumideros de CO₂, sus concentraciones tienen escasa variabilidad, tal y como sucedió en los más de 14 000 años que precedieron a la era industrial, que comenzó en torno al año 1750 d.C. Las emisiones procedentes de la combustión de material fósil y el cambio en los usos del suelo nos han llevado a un incremento del CO₂ en la atmósfera desde el nivel preindustrial de 280 partes por millón (ppm) hasta los niveles actuales que superan las 410 ppm (lo que significa 410 moléculas de CO₂ por cada millón de moléculas de aire, es decir, el 0,041 % de todas las moléculas de aire).

Los últimos análisis de observaciones de estaciones de la VAG, respaldados por el Grupo Consultivo Científico sobre Gases de Efecto Invernadero y el Centro Mundial de Datos sobre Gases de Efecto Invernadero, muestran que las fracciones molares medias mundiales (que miden la concentración) en superficie, determinadas a partir de las redes de observación *in situ* de CO₂, metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) alcanzaron nuevos máximos en 2019, con valores de 410,5 ± 0,2 ppm para el CO₂, 1877 ± 2 partes por mil millones (ppmm) para el CH₄ y 332,0 ± 0,1 ppmm para el N₂O. Estos valores suponen incrementos del 148 %, 260 % y 123 %, respectivamente, sobre sus niveles preindustriales [OMM, 2019]. Las concentraciones de esos gases, principales responsables del efecto invernadero, continuaron creciendo en 2019 y 2020. Los datos de emplazamientos de todo el mundo, incluidos los emblemáticos observatorios de las estaciones de la red mundial de la VAG en Mauna Loa (Hawái) y cabo Grim (Tasmania), indican que los niveles de CO₂,

1 Presidente del Grupo Consultivo Científico (GCC) de la VAG (OMM) sobre Gases de Efecto Invernadero, ICOS ERIC - Carbon Portal, Lund (Suecia).

2 Copresidenta del Comité Directivo del Sistema Mundial Integrado de Información sobre los Gases de Efecto Invernadero de la VAG (OMM) y miembro del GCC de la VAG (OMM) sobre Gases de Efecto Invernadero, GNS Science (Nueva Zelanda); y Universidad de Colorado (Estados Unidos de América).

3 Copresidente del GCC de la VAG (OMM) sobre Aplicaciones, Servicio de Vigilancia Atmosférica de Copernicus, ECMWF.

4 Secretaria de la OMM.

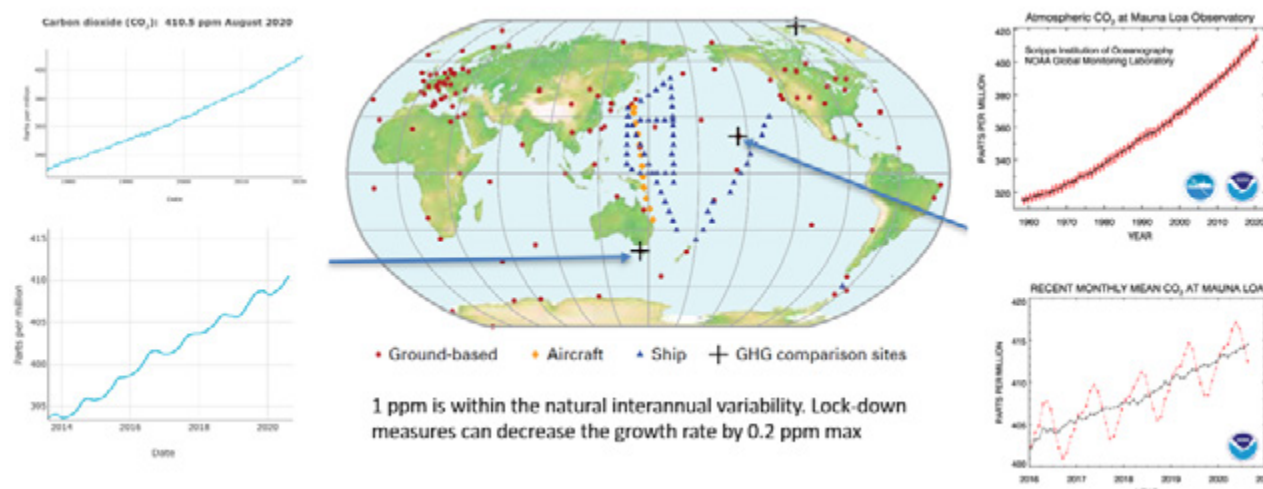


Figura 1. Media mensual de la fracción molar de CO_2 (en ppm) en los observatorios de cabo Grim (izquierda) y Mauna Loa (derecha). La línea roja discontinua representa los valores medios mensuales, centrada en la mitad de cada mes. La línea negra representa lo mismo, tras aplicar una corrección del ciclo medio estacional. Fuentes: capegrim.csiro.au/ y www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/mlo.html.

CH_4 y N_2O continuaron aumentando en 2020 (figura 1). Para ampliar la información sobre las tendencias de los gases de efecto invernadero, véase el *Boletín de la OMM sobre los gases de efecto invernadero* y el informe *United in Science* [OMM, 2020].

A pesar de los esfuerzos realizados para reducir las emisiones per cápita, tal y como se acordó en el Protocolo de Kyoto y en el Acuerdo de París de 2015, las emisiones de CO_2 han ido creciendo en todo el mundo en torno a un 1 % anual en la última década [GCP, 2019], lo que supone un aumento en ese período de entre 2 y 3 ppm anuales [OMM, 2019]. Esta fluctuación en la tasa de incremento atmosférico de 1 ppm es debida, casi en su totalidad, a la variabilidad en la capacidad de absorción de CO_2 por parte de ecosistemas y océanos, principales responsables de capturar aproximadamente el 50 % de las emisiones antropógenas [GCP, 2019].

El Proyecto Carbono Global [GCP, 2020] ha analizado la reducción de las actividades económicas por el confinamiento vinculado a la COVID-19 en las principales economías mundiales y ha estimado que, durante el período de restricciones más duras, las emisiones diarias pudieron verse reducidas, a escala mundial, en hasta un 17 %. Como la duración y severidad de las medidas de confinamiento no han sido claramente definidas a lo largo del año, resulta difícil predecir la reducción total de emisiones en 2020. El Proyecto Carbono Global estima esta reducción anual entre un 4,2 % y un 7,5 %, que es precisamente el ritmo al que deben reducirse las

emisiones cada año en los próximos 30 años para alcanzar el objetivo establecido en el Acuerdo de París de limitar el calentamiento global a 1,5 °C. Esto implicaría que el aumento global anual de CO_2 (entre 2 y 3 ppm) debería reducirse entre un 4,2 % y un 7,5 % (de 0,08 a 0,23 ppm en primer término para ir avanzando hasta multiplicar esa reducción por dos), siempre teniendo en cuenta una variabilidad natural interanual de 1 ppm. CarbonBrief [CB, 2020] y el Sistema Integrado de Observación de Carbono [ICOS, 2020a] llegaron a una conclusión similar.

La señal del CO_2 atmosférico mundial es la integración de todos los flujos, tanto de entrada como de salida, de índole natural o antropógena, y homogéneamente mezclados por transporte atmosférico y turbulencia. La red mundial de estaciones en superficie de la VAG es capaz de determinar cambios en el CO_2 atmosférico a escala mundial en un año con una precisión de 0,1 ppm, un nivel de precisión que, por el momento, no pueden alcanzar las observaciones de satélite. Cuando las mediciones *in situ* se realizan en un entorno próximo a una fuente o un sumidero de CO_2 , los registros pueden alcanzar valores significativos, pero poco fiables y, en la mayor parte de los casos, la señal de origen natural muestra la mayor variabilidad, con marcadas variaciones diurnas y estacionales, mientras que las emisiones debidas a la quema de combustibles fósiles se mantienen relativamente constantes. Por tanto, se hace difícil detectar cambios del orden del 10 % al 20 % en escalas temporales iguales o inferiores a un año. En varias

ciudades y regiones de todo el mundo se están comenzando a realizar mediciones del isótopo radiactivo carbono-14 en el CO_2 para facilitar la distinción entre fuentes de CO_2 debidas a combustibles fósiles y fuentes y sumideros de los ecosistemas, independientemente de lo variables que sean estos últimos. Sin embargo, estas mediciones de carbono-14 son escasas y conllevan un largo período de análisis de muestras discretas en laboratorio. La mayor parte de las observaciones de CO_2 de alta precisión se realizan a través de instrumentos que efectúan mediciones constantes *in situ* en redes diseñadas para recibir la señal integrada de todas las fuentes y sumideros.

Para determinar los cambios en la señal correspondiente a los combustibles fósiles cuando hay una fuerte variabilidad del CO_2 natural se requieren series temporales largas que permitan generar estadísticas robustas y complejas modelizaciones a través de técnicas de asimilación de datos. Los cambios en las emisiones de entre el 10 % y el 20 % son difíciles de cuantificar con precisión salvo que se realicen en un radio de 10 km en torno a la fuente de emisión del combustible fósil. Un ejemplo de estos cambios significativos que pueden medirse directamente en las ciudades (tal como se propuso en el marco del programa del Sistema Mundial Integrado de

Información sobre los Gases de Efecto Invernadero de la OMM) se muestra en el Sistema Integrado de Observación de Carbono [ICOS, 2020b], con reducciones en las emisiones de hasta el 75 % en las ciudades de Basilea, Florencia, Helsinki, Heraclión, Londres y Pésaro observadas utilizando las técnicas de la covarianza de Eddy, que miden directamente el intercambio vertical de flujos en un radio de varios kilómetros respecto del punto de medición (figura 2).

El análisis de los datos disponibles muestra que una reducción en las emisiones de entre el 4 % y el 7 % a escala mundial no implica una disminución del CO_2 en la atmósfera. De hecho, seguirá acumulándose y las concentraciones continuarán aumentando, aunque a un ritmo ligeramente menor. Percibir este cambio no será sencillo, puesto que la variabilidad natural se superpone y es de orden mayor.

Solo cuando las emisiones netas de CO_2 sean muy próximas a cero se podrá esperar que la absorción de los ecosistemas y los océanos sea capaz de comenzar a reducir ligeramente sus niveles en la atmósfera. Pero incluso entonces, la mayor parte del CO_2 ya emitido permanecerá en la atmósfera durante varios siglos y seguirá favoreciendo el calentamiento global.

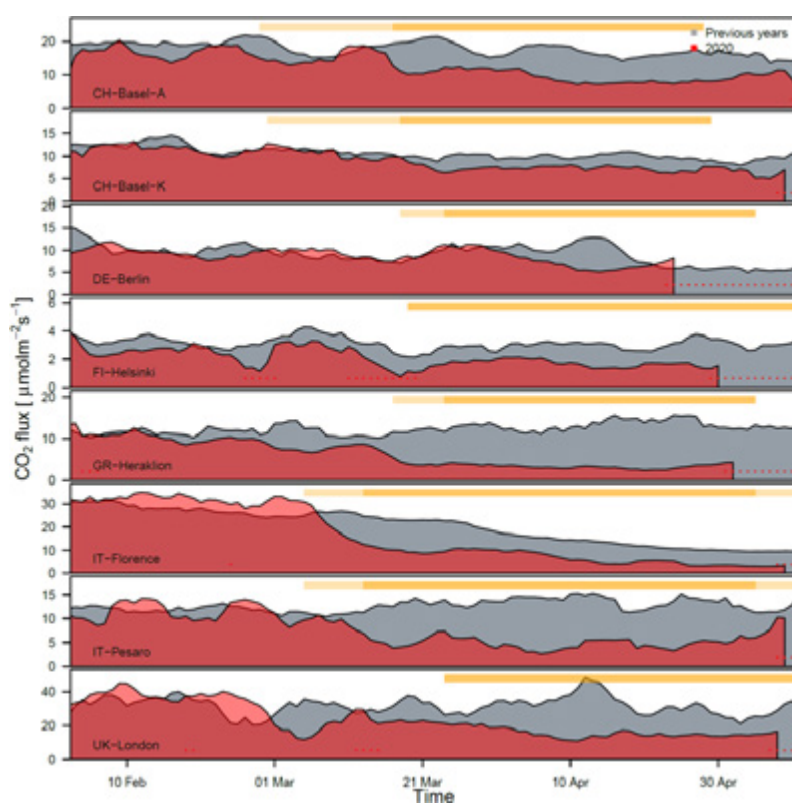


Figura 2. Media de las emisiones diarias desde el 5 de febrero hasta el 6 de mayo de 2020 (área roja) y media de las emisiones de años anteriores durante el mismo período (gris). Las barras horizontales de color naranja intenso indican los períodos de confinamiento oficial, mientras que las de color naranja claro señalan aquellos con confinamiento parcial o con restricciones generales (por ejemplo, cierre de escuelas, restricciones de movilidad o de contacto social). Fuente: [ICOS, 2020b].

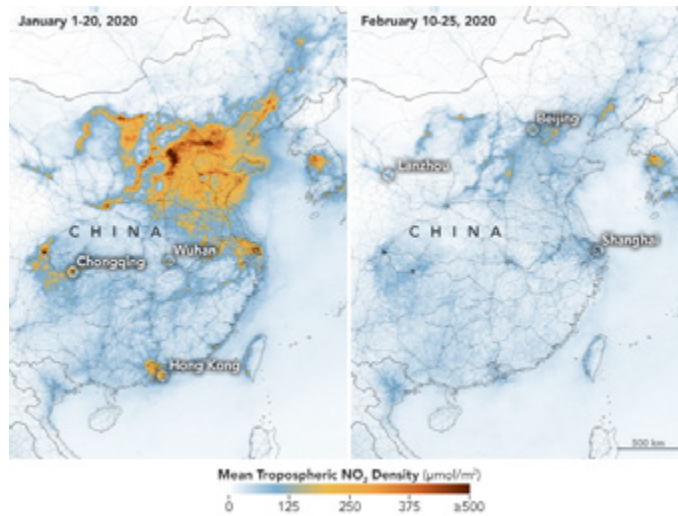


Figura 3. Densidad media del NO_2 troposférico. Comparativa entre enero y febrero de 2020.
Fuente: [NASA, 2020].

Calidad del aire

La reducción de la actividad económica y de la movilidad ha contribuido a mejorar la calidad del aire de forma localizada. Puesto que la vida media de los contaminantes en la atmósfera es más corta que la de los gases de efecto invernadero, los efectos de la reducción de emisiones en la contaminación atmosférica son más localizados y se han podido detectar con mayor rapidez. Las observaciones satelitales han permitido constatar la reducción de los niveles de dióxido de nitrógeno (NO_2) durante el confinamiento en muchas partes del globo, como China (figura 4; [NASA, 2020]) e Italia (figura 3, [SVAC, 2020]). Además, la calidad del aire está determinada no solo por las emisiones, sino también por la meteorología. Mientras que la estabilidad favorece la acumulación de contaminantes cerca de sus fuentes, el viento, la mezcla vertical y la lluvia contribuyen a su dispersión, por lo que, para disociar los efectos vinculados a la meteorología de aquellos que corresponden a la reducción de emisiones, es necesario realizar análisis detallados. En determinadas zonas de Europa, la detección de tendencias estadísticamente robustas es una cuestión particularmente difícil, como se muestra más adelante para algunas capitales del noroeste de Europa. Los episodios meteorológicos de altas (entre las semanas 3 y 4, y la semana 6) y bajas concentraciones superficiales de NO_2 constituyen las características más significativas que pueden apreciarse (figura 5, [SVAC, 2020]). Se han desarrollado algunos métodos para tratar de delimitar los efectos del tiempo atmosférico y los cambios en las emisiones estimando cómo habría sido la primavera de 2020 en condiciones de "actividad normal" usando, principalmente, técnicas de aprendizaje automático [Barré, 2020].

Muchos científicos están estudiando los impactos de las medidas de confinamiento vinculadas a la COVID-19 en la calidad del aire, así como los efectos que los niveles de contaminación atmosférica y otros factores medioambientales pueden tener en las consecuencias y la propagación de la enfermedad. Una encuesta realizada en el seno de la comunidad de la VAG obtuvo 86 respuestas, la mayoría de las cuales se refieren a los efectos del confinamiento en los niveles de contaminación y de

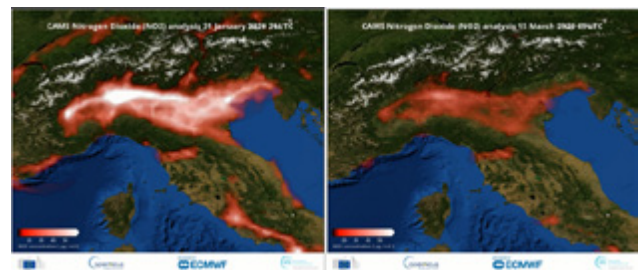


Figura 4. Concentraciones en superficie de NO_2 en el norte de Italia. Comparativa entre el 31 de enero y el 15 de marzo de 2020. Fuente: [SVAC, 2020]; ECMWF.

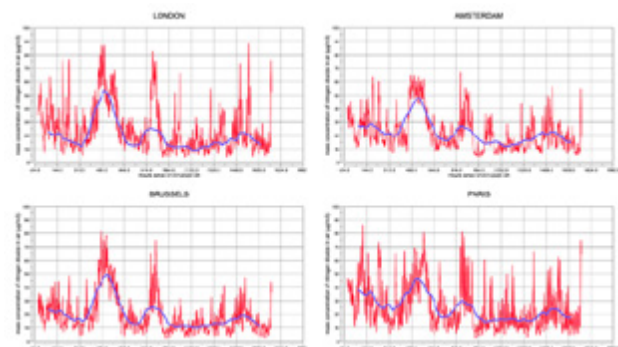


Figura 5. Series temporales de concentración en superficie de NO_2 en capitales del noroeste de Europa [SVAC, 2020].

gases de efecto invernadero. El Grupo Consultivo Científico del Proyecto de Investigación de la VAG sobre Meteorología y Medioambiente Urbano (GURME) está desarrollando un estudio especializado a escala urbana, basado tanto en los registros de emisiones antropógenas como en los cambios que pueden deducirse de datos de acceso público sobre algunas actividades, como estadísticas relativas a transporte, movilidad o energía (véase, por ejemplo, para Europa [Guevara, 2020]).

El Servicio de Vigilancia Atmosférica de Copernicus (SVAC) facilita diariamente los análisis de los controles horarios preceptivos de las concentraciones de contaminantes atmosféricos. Estos pueden servir como “datos de campo” para evaluar cuantitativa y detalladamente los cambios en las concentraciones identificados mediante satélite y atribuidos a los efectos de las medidas relacionadas con la COVID-19 a nivel mundial. El citado servicio de Copernicus ha creado un recurso que proporciona con rapidez datos fiables en relación con la COVID-19 [Peuch, 2020].

La Junta de Investigación de la OMM ha formado un equipo especial sobre la COVID-19 en consulta con la Organización Mundial de la Salud (OMS) a través de la Oficina Conjunta OMS/OMM. El equipo especial apoyó la organización del simposio internacional que se celebró del 4 al 8 de agosto de manera virtual sobre los factores climatológicos, meteorológicos y ambientales en la pandemia de COVID-19 y cuyas conclusiones fueron presentadas ante el Consejo Ejecutivo de la OMM en septiembre.

La reducción transitoria de las emisiones no puede sustituir las políticas sobre calidad del aire y de acción por el clima. Se requieren esfuerzos y compromisos a largo plazo para alcanzar unas emisiones netas de gases de efecto invernadero de valor cero y conseguir un aire más limpio.

Referencias

[SVAC, 2020] *Air quality information confirms reduced activity levels due to lockdown in Italy at 01/10/20.*

[CB, 2020] Evans, S. www.carbonbrief.org/daily-global-co2-emissions-cut-to-2006-levels-during-height-of-coronavirus-crisis, a 09/10/20.

[GCP, 2019] Friedlingstein, P. y otros. “Global Carbon Budget 2019”, en *Earth System Science Data* 11, págs. 1783-1838 (2019). doi.org/10.5194/essd-11-1783-2019.

[GCP, 2020] Le Quéré, C. y otros. “Temporary reduction in daily global CO₂ emissions during the COVID-19 forced

confinement”, en *Nature Climate Change* (2020). doi.org/10.1038/s41558-020-0797-x.

[ICOS, 2020a] Kutsch W. y otros. *Finding a hair in the swimming pool: The signal of changed fossil emissions in the atmosphere.* www.icos-cp.eu/event/917, a 9/10/20.

[ICOS, 2020b] *ICOS study shows clear reduction in urban CO₂ emissions as a result of COVID-19 lockdown.* www.icos-cp.eu/event/933, a 9/10/20.

[NASA, 2020] *Airborne Nitrogen Dioxide Plummets Over China.* earthobservatory.nasa.gov/images/146362/airborne-nitrogen-dioxide-plummets-over-china, a 9/10/20.

[Peuch, 2020] Peuch, V. H. y otros. *Copernicus contributes to coronavirus research.* www.ecmwf.int/en/newsletter/164/news/copernicus-contributes-coronavirus-research, a 09/10/20; atmosphere.copernicus.eu/european-air-quality-information-support-covid-19-crisis, a 09/10/20.

[OMM, 2019] *Boletín de la OMM sobre los gases de efecto invernadero*, núm. 15. Estado de los gases de efecto invernadero en la atmósfera según las observaciones mundiales realizadas en 2018. https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21647#.YKYJhKgzaUk.

[OMM, 2020] *United in Science.* Organización Meteorológica Mundial (OMM), Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) y otros. https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21761#.YKYnPKgzaUk.

[Barré, 2020] Barré, J., Petetin, H., Colette, A., Guevara, M., Peuch, V.-H., Rouil, L., Engelen, R., Inness, A., Flemming, J., Pérez García-Pando, C., Bowdalo, D., Meleux, F., Geels, C., Christensen, J. H., Gauss, M., Benedictow, A., Tsyro, S., Friese, E., Struzewska, J., Kaminski, J. W., Douros, J., Timmermans, R., Robertson, L., Adani, M., Jorba, O., Joly, M. y Kouznetsov, R. “Estimating lockdown induced European NO₂ changes”, en *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, doi.org/10.5194/acp-2020-995, en revisión, 2020. acp.copernicus.org/preprints/acp-2020-995/.

[Guevara, 2020] Guevara, M., Jorba, O., Soret, A., Petetin, H., Bowdalo, D., Serradell, K., Tena, C., Denier van der Gon, H., Kuenen, J., Peuch, V.-H. y Pérez García-Pando, C. “Time-resolved emission reductions for atmospheric chemistry modelling in Europe during the COVID-19 lockdowns”, en *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, doi.org/10.5194/acp-2020-686, en revisión, 2020. acp.copernicus.org/preprints/acp-2020-686/.