


# Estimaciones del CO<sub>2</sub> en el sur de la Ciudad de México: 2019-2020

Gómez Chávez Marina Violeta<sup>1</sup>, Ortiz Romero Vargas María Elba<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Departamento de Física Nuclear y Aplicaciones de la Radiación, LEMA – Instituto de Física. Circuito Investigación Científica SN, Coyoacán, Ciudad de México. C.P. 04510. México.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Metropolitana, Departamento de Ciencias Básicas. Av. San Pablo No. 180, Azcapotzalco, Ciudad de México, C.P. 02200. México.

\*Autor para correspondencia: meorv@azc.uam.mx

ORCID : 0000-0002-7623-6875

## Recibido:

14/junio/2022

## Aceptado:

27/diciembre/2022

## Palabras clave:

COVID-19,  
CO<sub>2</sub>,  
contenido de carbono

## Keywords:

COVID-19,  
CO<sub>2</sub>,  
carbon content

## RESUMEN

Las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) son un problema a nivel global, que recientemente está tomando más fuerza e interés por su disminución, por parte de las organizaciones internacionales y nacionales encargadas de la prevención de la contaminación y cuidado de la salud y ecosistemas. En este trabajo se realizó una recopilación de datos de las emisiones de CO<sub>2</sub> global y en México, y se observó la variación temporal de las mismas, para determinar si las restricciones obligadas por la pandemia del COVID-19 influyeron sobre ellas. Además de observar el contenido de carbono en muestras de CO<sub>2</sub> y su comportamiento en la Ciudad de México.

## ABSTRACT

Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions are a global problem, international and national organizations in charge of pollution prevention and health and ecosystems care recently have been gaining more strength and interest in its reduction. In this work, a collection of data on CO<sub>2</sub> global emissions in Mexico were carried out and their temporal variation was observed, to determine if the restrictions imposed by the COVID-19 pandemic influenced them. In addition to observing the carbon content in CO<sub>2</sub> samples and their behavior in Mexico City.

## Introducción

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es emitido por la quema de combustibles fósiles, residuos y material orgánico (incendios forestales), en mayor volumen por la actividad humana. Esta acción antropogénica afecta el ciclo del carbono, desplazando el equilibrio hacia la atmósfera y alterando así la capacidad de carga de los sumideros de CO<sub>2</sub> (Yoro y Daramola, 2020). Este gas es considerado el principal gas de efecto invernadero, el más importante por su gran volumen de emisión, además de sus características y propiedades químicas que lo convierten en un problema tanto en el ambiente como en la salud humana (SEMARNAT, s.f.), tal manera que lo convierte en un problema ambiental a tratar de forma inmediata.

Según el Régimen de Comercio de Derechos de Emisión de la Unión Europea (RCDE UE), las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) descendieron 13.3% en 2020 con respecto a 2019. Esta reducción fue debida al descenso de 64.1% las emisiones de estos gases en el sector de aerolíneas, seguido del sector energético con 14.9% y el sector fijo con 11.2%. También esta reducción se debió a la transición del uso de carbón como combustible al gas natural en la producción eléctrica (infobae, s.f.).

Cabe mencionar que el efecto invernadero es un fenómeno natural que permite la vida en la tierra, gracias a que mantiene el calor en la biosfera a una temperatura habitable. Pero con las actividades industriales, de transporte y otras que consumen combustibles fósiles, se libera gran cantidad de carbono a la atmósfera, lo que ocasiona el aumento de la temperatura global (SEMARNAT, s.f.).

El Panel Intergubernamental de expertos sobre Cambio Climático (PICC) menciona que se deben tomar medidas más efectivas para evitar el aumento de la temperatura media global y mantenerla por debajo de los 2°C, ya que, si se llegara a superar este rango, existe una alta probabilidad de que los impactos ambientales sean catastróficos (SEMARNAT, s.f.).

México, se ha comprometido en la mitigación del cambio climático al firmar tratados internacionales para la reducción de CO<sub>2</sub>, es reconocido por la comunidad internacional como el primer país en desarrollo en contar con una Ley General de Cambio Climático y forma parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas contra el Cambio Climático, el Protocolo de Kioto y el Acuerdo de París (SEMARNAT, s.f.).

Investigaciones anteriores han mostrado que los niveles globales de CO<sub>2</sub> han aumentado en un 70% de 1970 a 2002 y la tendencia sigue al alta (Alhorr *et al.*, 2014). Sin embargo, esta tendencia se vio ligeramente contrariada en los últimos tres años, debido a las acciones tomadas durante la pandemia ocasionada por un nuevo coronavirus del tipo SARS, el cual llamaron COVID-19 (SARS-CoV-2) (Fundación UNAM, 2022). Este virus comenzó a propagarse rápidamente por todo el mundo, a causa de su fácil vía de contagio, ocasionando una pandemia mundial. Desde entonces, el virus ha pasado por varias mutaciones y contagiado a millones de personas y ha acabado con la vida de otras tantas (Fundación UNAM, 2022). En México, ha ocasionado la muerte de más de 240 906 habitantes, y de los contagiados que se han recuperado (80% en México), han quedado con secuelas leves y graves que afectan su calidad de vida (Fundación UNAM, 2022).

Este nuevo coronavirus ha llegado a cambiar el modo de vida de todos en el mundo, desde cuando se implementaron las medidas preventivas, como usar cubrebocas y no saludar de mano, hasta cuando se cancelaron todas las actividades, se cerraron comercios y el total confinamiento en casa. Estos cambios en la movilidad de las personas impactaron al ambiente de forma mixta: *Positivamente*, ya que, el confinamiento obligó a reducir el consumo de combustibles fósiles en el transporte y la naturaleza comenzó a retomar su territorio, viéndose animales salvajes en las ciudades y los ríos, lagos y mares recuperaron su transparencia, así como la mejora de la calidad del aire. *Negativamente*, ya que, el mismo confinamiento propició el aumento de residuos, debido al uso de plásticos de un solo uso por el servicio de comida a domicilio y compras en tiendas de conveniencia, un volumen alto de cubrebocas usados y material para uso médico contaminado con COVID, como guantes, batas, desinfectantes de manos embotellados, catéteres, entre otros (infobae, s.f.).

Según la revista Nature Climate Change el primer trimestre del año 2020 las emisiones diarias de CO<sub>2</sub> disminuyeron en 17% con respecto a 2019. A pesar de que la pandemia ha alterado la vida ordenando el confinamiento, la disminución del CO<sub>2</sub> se ha reflejado en una pequeña baja de la concentración de este debido al largo tiempo de vida media de este gas. Ya que, en mayo de 2020, se registró la máxima concentración global de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, con casi 418 ppm (partes por millón), probablemente la más elevada en los últimos tres millones de años (National Geographic, s.f.). En 2018 la concentración de este gas alcanzó 407.8 ppm y 415

ppm en 2021 (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], s.f.).

En este trabajo se reportan los resultados de las emisiones de CO<sub>2</sub> al sur de la Ciudad de México medidas durante el mes de diciembre de 2020, y se comparan con información obtenida durante una campaña de muestreo de CO<sub>2</sub> en la temporada fría-seca del 2019 (Manzano-Melquiades, 2021)

En adición, en este trabajo se hace una recopilación de datos sobre las variaciones de las emisiones de CO<sub>2</sub> en México, antes, durante y después de la pandemia por COVID-19. Para observar si ésta tuvo un efecto positivo o negativo sobre las emisiones de este gas de efecto invernadero.

## Metodología

### Emisiones de CO<sub>2</sub>

Se realizó una recopilación de datos sobre las emisiones de CO<sub>2</sub> en México antes, durante y después de la pandemia por COVID-19. Para esto se hizo lo siguiente:

1. Búsqueda avanzada sobre el COVID-19 y sus efectos en el ambiente.
2. Recopilación de registros de las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel mundial y nacional.
3. Análisis e interpretación del comportamiento de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

### Concentración de CO<sub>2</sub>

Se llevó a cabo una campaña de muestreo de CO<sub>2</sub> en la azotea del edificio del Laboratorio Nacional de Espectrometría de Masas con Aceleradores (LEMA) del Instituto de Física de la Universidad Nacional Autónoma de México (IF-UNAM). La recolección de muestras inició el 01 de diciembre del 2019 y concluyó el 31 de diciembre de 2019, diariamente a las 8:00 horas durante 30 minutos con una bomba de vacío de 115 VAC-60 Hz y 1.7 Amp, conectada a un sistema de burbujeo de captura de CO<sub>2</sub> en una solución de KOH. Para obtener una muestra sólida de carbonato (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>), requerido para la determinación del contenido de carbono, se procedió a agregar cloruro de bario (BaCl<sub>2</sub>) (BaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O Baker Analyzed 0970), a la solución de burbujeo con formación de carbonato de potasio (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), obtenido por titulación, para formar carbonato de bario (BaCO<sub>3</sub>) sólido. La muestra se centrifugó para garantizar una buena sedimentación de BaCO<sub>3</sub> a 4400 rpm por 3 minutos con una centrifuga HERMLE Labnet Z206A. Subsecuente a ello, el sobrenadante se decantó, se liofilizó por 24 horas en un sistema de liofilización LABCONCO y se pesó.

Para obtener el contenido de carbono (C), una vez pesada la muestra, se usó la ecuación 1. Se tomaron en cuenta los siguientes datos:

Masa molar de BaCO<sub>3</sub> = 197.34 g/mol

C = 12.0107 g/mol

Por lo tanto

C en BaCO<sub>3</sub> = (12.0107 g/mol)/(197.34 g/mol)=0.0608

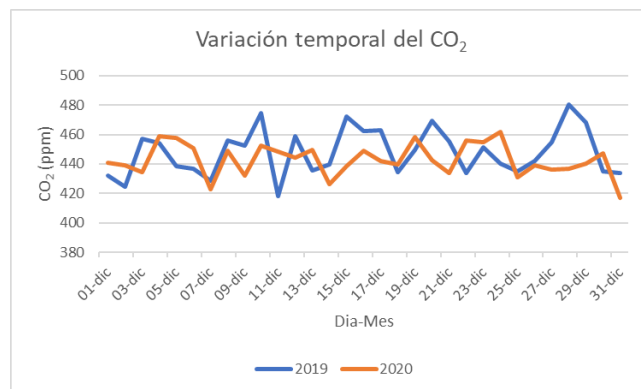
mg C = mg BaCO<sub>3</sub> x 0.0608

**ecuación 1**

Posteriormente se obtuvo la concentración una vez que se dividió entre el volumen muestreado en cada muestra, tomando en cuenta la masa inicial de BaCO<sub>3</sub>.

## Resultados y discusión

En el LEMA de la UNAM se realizó una campaña de muestreo de CO<sub>2</sub> en la temporada fría-seca del año (diciembre) 2019. A las muestras obtenidas se les midió el contenido de carbono, el cual se muestra en la Figura 1, y se hace una comparación con las concentraciones de CO<sub>2</sub> en el mismo periodo de tiempo, pero para el año 2020, con datos del Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México.

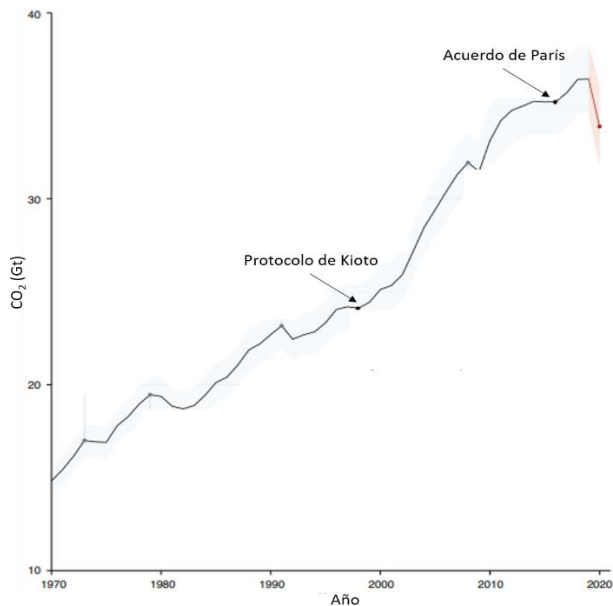


**Figura 1.** Variación temporal de CO<sub>2</sub>, tomadas en la temporada fría-seca (diciembre) de los años 2019 y 2020 en el sur de la Ciudad de México, México.

En la figura 1 se presenta la variación temporal de la concentración de CO<sub>2</sub> (ppm) durante los meses de diciembre de 2019 y 2020. El valor promedio de cada uno de los dos años es de 448 y 443, presentando un decremento promedio de 1%, el porcentaje de variación entre el máximo de cada año (480 y 462) corresponde a un decremento de 3.7 % durante el mes de la pandemia. Se puede observar que el CO<sub>2</sub> correspondiente al año 2019 de las muestras varía indistintamente a través de los días, pero muestra un ligero incremento a finales del año, a partir del 20 de diciembre. Este ligero aumento es notable en los días 25 y 31 de diciembre, característicos de los días festivos de Navidad y año nuevo, reflejando la

movilidad de la gente en el sector transporte y práctica de la pirotecnia. Para 2020, la tendencia, aunque ligera, es de disminuir a medida que avanza el mes de diciembre esto a consecuencia de la pandemia por Covid-19.

La figura 3 muestra la tendencia hacia el aumento de las emisiones globales de CO<sub>2</sub>. Se puede observar que, en cuatro ocasiones, alrededor de 1974, 1982, 1992 y 2008, estas emisiones han disminuido con respecto a la tendencia inmediatamente anterior. Debidas a, la crisis de petróleo, la crisis de ahorros y préstamos de Estados Unidos, el colapso de la Unión Soviética y la crisis financiera global, respectivamente (Le Quéré *et al.*, 2021). También se pueden observar la evolución de las emisiones del contaminante en dos puntos, en la adopción del Protocolo de Kioto y del Acuerdo de París, en los cuales, el aumento es más lento, pero no se aprecia un cambio notorio como en los periodos anteriormente mencionados.



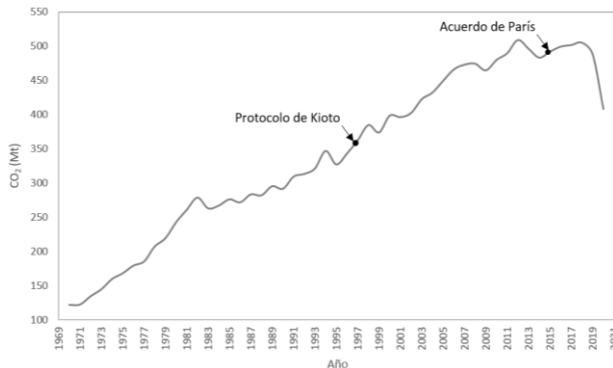
**Figura 2.** Emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel mundial (Gt). Modificado de Le Quéré *et al.*, 2021.

En 2018 el CO<sub>2</sub> se mantuvo constante hasta 2019 para después disminuir abruptamente hacia 2020, este periodo es definitivamente consecuencia de las medidas adoptadas durante la pandemia mundial de COVID-19, principalmente, el cese del sector transporte (Le Quéré *et al.*, 2021).

Particularmente, en México las emisiones de CO<sub>2</sub> en 2020 fueron 407.7 Mt (megatoneladas), éstas disminuyeron 79.9 Mt (16.4%) respecto a 2019. En la figura 3 se puede ver la evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub> en México desde 1990 hasta 2020, con una tendencia hacia el aumento

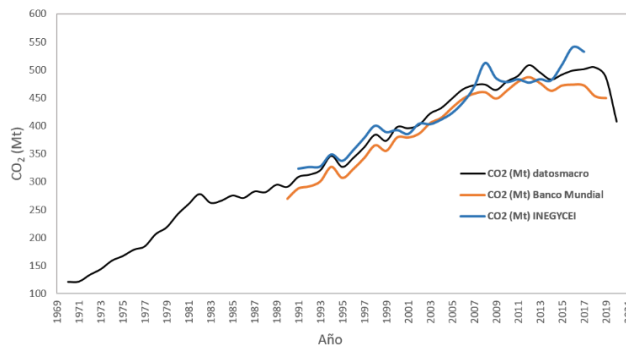
hasta 2012, donde se observa una disminución marcada hacia 2014 y posteriormente un ligero y lento aumento debido, posiblemente, a la adopción e incorporación del país al Acuerdo de París.

También se observa que a partir de 2018 las emisiones de CO<sub>2</sub> tienen una tendencia hacia la disminución, llegando a valores que se tuvieron en 2002 de alrededor de 400 Mt del contaminante (datosmacro, s.f.).



**Figura 3.** Emisiones de CO<sub>2</sub> en México 1990-2020.

Esto muestra que posiblemente las restricciones obligadas por la pandemia ayudaron a la disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Aunque, consultando otras fuentes de información, como el banco mundial de datos (Banco Mundial, s.f.) y los inventarios nacionales de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático [INECC], s.f.), se encontró que, las emisiones del gas en cuestión desde 2017 han ido a la baja (Ver Figura ), periodo en el cual no se había presentado la pandemia, por lo cual se puede atribuir a la incorporación de acciones convenidas en el Acuerdo de París, como se mencionó anteriormente.



**Figura 4.** Comparación de registro de emisiones de CO<sub>2</sub> en México por tres diferentes fuentes de información.

Existe distinción entre los registros de las emisiones de CO<sub>2</sub> de cada fuente de información mostradas en la figura 4, esto puede deberse a varios factores, entre ellos: al uso de diferentes técnicas de medición, equipos e

instrumentos utilizados, los sitios de monitoreo y los rubros de fuentes de emisión tomados en cuenta por cada dependencia. Sin embargo, las tendencias generales en el comportamiento del gas se mantienen.

Es de gran interés observar la variación temporal de las emisiones de CO<sub>2</sub>, debido a que este gas afecta de forma directa al ambiente y a la salud de la población, en especial, a las más vulnerables como los adultos mayores, infantes, personas con enfermedades respiratorias y cardiovasculares y, en especial, a las que se contagiaron de COVID-19 y padecen de secuelas. Ya que este gas puede incrementar o influir en los síntomas de las secuelas o desencadenar otras.

Se sabe que el virus SARS-CoV-2 es capaz de afectar los pulmones, riñones, arterias, corazón, cerebro e intestinos, y es por esto que se pueden presentar una gran variedad de síntomas y/o secuelas como: dolor de garganta y cabeza, tos seca, diarrea, fiebre, cansancio extremo, dolores musculares y pérdida total o parcial del gusto y olfato. Incluso en personas que padecen del síndrome Post-COVID, pueden experimentar falta de aire y dolor de pecho.

Ahora bien, el carbono presente en el CO<sub>2</sub>, tienen efectos negativos sobre la salud humana y están relacionados con el incremento en la frecuencia de enfermedades respiratorias y cardiovasculares en la población (Josipovic et al., 2019). Por lo que en conjunto con las secuelas del COVID-19, se pueden agravar los síntomas de la población vulnerable.

El COVID-19 se comenzó a propagar a finales del año 2019, dentro del periodo de muestreo de este trabajo. Sin embargo, en México la declaración de pandemia llegó hasta marzo del 2020, por lo que, en estos resultados, todavía no se puede reflejar el impacto sobre las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Una vista más detallada del comportamiento del carbono a través del tiempo, permite observar eventos o fenómenos locales o regionales que aportan conocimiento del comportamiento de contaminantes importantes, como lo es el CO<sub>2</sub>, para el monitoreo y toma de decisiones en materia de calidad del aire de instituciones gubernamentales para la futura implementación de acciones para la prevención y disminución de la contaminación.

La tendencia global del CO<sub>2</sub> va en aumento, existen eventos globales o regionales de pequeña duración en los que las emisiones se han mantenido constantes o ligeramente disminuidas, pero ningún indicio de que la tendencia se invierta.

La pandemia pudo haber contribuido en la disminución de las emisiones globales del CO<sub>2</sub>, principalmente por la suspensión de actividades y consecuente inutilización de vehículos de transporte. Esto se refleja en las emisiones particulares de los países, como se observó en México, a pesar de ser un país en desarrollo que no posee la infraestructura y tecnologías ambientalmente amigables.

Se necesitan más estudios complementarios para observar el comportamiento del CO<sub>2</sub> y ligarlo a eventos ambientales específicos. Y se debe poner más esfuerzo de la población en general y de las instituciones gubernamentales en materia ambiental, para la disminución o paro en el aumento de las emisiones de este gas que representa la mayor proporción en los gases de efecto invernadero (GEI) y que tiene un largo periodo de vida media.

## Conclusiones

Durante esta investigación se observó que existe un ligero aumento de carbono atmosférico en los días 25 y 31 de diciembre, característicos de los días festivos de Navidad y año nuevo, reflejando la movilidad de la gente en el sector transporte y práctica de la pirotecnia.

En adición, esta investigación observó que existen pocas fuentes de información sobre registros de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Y las pocas que hay, sólo reportan valores a nivel nacional y no regional, que podrían ayudar a conocer y cuantificar las fuentes de emisión del contaminante e implementar acciones para su reducción.

En esta investigación se logró identificar que las emisiones de CO<sub>2</sub> en México han ido en aumento hasta 2018, cuando comenzó una pequeña disminución. Todavía no se puede corroborar que este cambio se deba a las restricciones implementadas por la pandemia, pero si se puede decir que contribuyó de una manera significativa. Cabe mencionar que, la incorporación de México al Acuerdo de París, pudo haber contribuido de alguna forma.

Un fenómeno global como la pandemia por COVID-19 marcó una disminución abrupta en las emisiones de este gas de efecto invernadero, pero se requiere de próximos monitoreo y registro del mismo en el futuro para seguir observando su comportamiento.

## Referencias

Alhorr, Y., Eliskandarani, E. y Elsarrag, E. (2014). Approaches to reducing carbon dioxide emissions in the built environment: Low carbon cities, *International Journal of Sustainable Built Environment*, 3, 2, 167-178. ISSN 2212-6090.

Banco Mundial. (s.f.). Emisiones de CO<sub>2</sub> (kt) – México. <https://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.KT?end=2019&locations=MX&start=1990&view=chart> datosmacro. (s.f.). México–Emisiones de CO<sub>2</sub>.

<https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/emisiones-co2/mexico>.

Fundación UNAM. (s.f.). Síndrome Post-COVID: las secuelas del SARS-CoV-2. <https://www.fundacionunam.org.mx/unam-al-dia/sindrome-post-covid-las-secuelas-del-sars-cov-2/>.

Infobae. (s.f.). Cuáles son los impactos ambientales que ha generado la pandemia por COVID-19 desde su llegada. <https://www.infobae.com/america/tendencias-america/2021/06/05/cuales-son-los-impactos-ambientales-que-ha-generado-la-pandemia-por-covid-19-desde-su-llegada/>.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (s.f.). Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGyCEI) 1990-2019. <https://datos.gob.mx/busca/dataset/inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero-inegycei>.

Josipovic, M., Leal-Liousse, C., Crobeddu, B., Baeza-Squiban, A., Segakweng, C.K., Galy-Lacaux, C., Beukes, J.P., van Zyl, P.G. y Fourie, G. (2019). Aerosol characterisation including oxidative potential as a proxy of health impact: A case of a residential site in a highly industrialised área.

*Clean Air Journal*. <https://doi.org/10.17159/2410-972X/2019/v29n2a1>

Le Quéré, C., Peters, G. P., Friedlingstein, P., Andrew, R. M., Canadell, J. G., Davis, S. J., ... y Jones, M. W. (2021). Fossil CO<sub>2</sub> emissions in the post-COVID-19 era. *Nature Climate Change*, 11(3), 197-199.

Manzano-Melquiades, Z., Ortiz-Romero Vargas, M. E., Solís-Rosales, C. y Gómez-Chávez, M. V. (2021). Uso del isótopo <sup>14</sup>C como trazador de fuentes de emisión de CO<sub>2</sub>. *Revista Tendencias en Docencia e Investigación en Química* 2021, 7, 187-191. 5-0

National Geographic. (s.f.). El descenso de las emisiones de carbono por la pandemia no ralentizará el cambio climático.

<https://www.nationalgeographic.es/ciencia/2020/05/descenso-emisiones-de-carbono-por-pandemia-no-ralentizara-cambio-climatico>.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (s.f.). México trabaja en la reducción de CO<sub>2</sub> y en fortalecer la adaptación al cambio climático. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/dia-mundial-por-la-reduccion-de-las-emisiones-de-carbono-co2?idiom=es>.

Yoro, K. O., y Daramola, M. O. (2020). CO<sub>2</sub> emission sources, greenhouse gases, and the global warming effect. In *Advances in carbon capture* (pp. 3-28). Woodhead Publishing.