



Conciencia Tecnológica
ISSN: 1405-5597
contec@mail.ita.mx
Instituto Tecnológico de Aguascalientes
México

Restricción Vehicular por Epidemia: Su Efecto en la Contaminación Atmosférica

Correa-García, Armando

Restricción Vehicular por Epidemia: Su Efecto en la Contaminación Atmosférica

Conciencia Tecnológica, núm. 63, 2022

Instituto Tecnológico de Aguascalientes, México

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94472192006>

Restricción Vehicular por Epidemia: Su Efecto en la Contaminación Atmosférica

Vehicle Restriction Due to Epidemic: Its Effect on Air Pollution

Armando Correa-García ¹
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo,
México
cientifico148@gmail.com

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94472192006>

Recepción: 23 Febrero 2022
Aprobación: 31 Mayo 2022

RESUMEN:

En este estudio, se analizó si las medidas para reducir los contagios por COVID-19 tuvieron algún efecto en la contaminación atmosférica, sobre todo por el cierre al tráfico vehicular del centro de Morelia Michoacán, México.

Entre otros resultados, el análisis de varianza no paramétrico (ANOVA), realizado entre las 10 semanas del aislamiento poblacional, mostró que las medidas tomadas para mitigar las infecciones por COVID-19, tuvieron un efecto imprevisible en la contaminación del aire, al observar un descenso de 6.5% de O₃ durante el encierro ocurrido en la primavera del 2020, con respecto de la primavera 2019 en el centro urbano de Morelia.

Es importante mencionar que, a partir de la cuarentena del 2020, el ozono se incrementó 56% y el dióxido de nitrógeno descendió 17%; siendo este resultado, parecido con los reportados en otros estudios realizados en Asia Central y América Latina, como son; Kazajistán, Quito y Brasil.

PALABRAS CLAVE: contaminación por O₃, cuarentena, COVID-19, pandemia.

ABSTRACT:

In this study analyzed whether the measures to reduce COVID-19 infections had any effect on air pollution, especially due to the closure to vehicular traffic in the center of Morelia Michoacán, Mexico.

The non-parametric analysis of variance (ANOVA) carried out between the 10 weeks of population isolation, showed that the measures taken to mitigate COVID-19 infections had an unpredictable effect on air pollution, when observing a 6.5% decrease in O₃ during the confinement that occurred in the spring of 2020, compared to spring 2019 in the urban center of Morelia.

It is important to mention that, as of the 2020 quarantine, ozone increased by 56% and nitrogen dioxide decreased by 17%. This result being similar to those reported in other studies carried out in Central Asia and Latin America, such as; Kazajistan, Quito and Brazil.

KEYWORDS: O₃ pollution, quarantine, COVID-19, pandemic.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

La nueva pandemia por COVID-19 tiene su antecedente en Wuhan, provincia de Hubei, China donde se reportaron casos de pacientes con neumonía de origen desconocido relacionado con trabajadores de un mercado de mariscos y animales silvestres. El avance de la epidemia en el mundo llevó a la Organización Mundial de la Salud (OMS) a declarar la enfermedad como pandemia el 11 de marzo de 2020 Aburto-Morales y cols., 2020[2].

Desde entonces, en todos los países, se considera a COVID-19 como enfermedad de categoría B, pero por sus consecuencias se aplican medidas para males de categoría A, y por ende se establecieron

NOTAS DE AUTOR

1 Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo Av. Francisco J. Múgica s/n, Ciudad Universitaria, CP. 58030. Morelia, Michoacán, México cientifico148@gmail.com

políticas para mitigar sus efectos ante la emergencia de salud pública, dando respuesta de Nivel I, la cual ordena el distanciamiento social y el cierre de diversas empresas, industrias, instituciones académicas y gubernamentales, entre otros Chen, Y *et al.*, 2020[5].

La enfermedad, se extendió rápidamente, traduciéndose en un cambio completo en términos ambientales, sociales y económicos Chakraborty y Maity, 2020[4]; sobre todo, un cambio en los patrones de conducta y movilidad, debido al impedimento del desplazamiento poblacional y cierre de fronteras. De esta forma, disminuyó el tránsito de vehículos motorizados, tráfico aéreo y operación de diversas industrias Abdullah, 2020[1].

Por otro lado, el cierre provocado por la pandemia permitió evaluar adecuadamente la intervención de diversas industrias sobre la contaminación atmosférica Tobías *et al.*, 2020[20]; es decir, que se tuvieron cambios positivos en la calidad del aire relacionado con las medidas de encierro e inmovilización Lanchipala *et al.*, 2020[16].

En China, Francia, Alemania, España e Italia, se confirmó la reducción de las concentraciones de PM_{2.5} y NO₂ Zambrano-Monserrate *et al.*, 2020[21]. Igualmente, en Bogotá, México, Lima, Quito, Santiago y São Paulo se reportó el descenso de la contaminación del aire por PM_{2.5}, NO₂ y SO₂ Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL, 2020[6].

En Morelia Michoacán, el efecto del alejamiento social, no benefició la calidad del aire debido al ciclo de quemadas agrícolas, según reporte en Santoyo, 2020[18], pero después se admitió que la emergencia sanitaria por COVID-19 favoreció la calidad del aire, por el encierro de la población en sus hogares y el descenso de automotores en circulación Fátima-Alfaro, 2020[10].

Además, el dióxido de nitrógeno (NO₂) que es emitido a la atmosfera principalmente por la industria y fuentes móviles, sobre todo las que utilizan gasolina diésel CEPAL, 2020[6]; es también precursor de O₃, y el efecto en la salud de este contaminante ha evidenciado un aumento en la mortalidad total y por causas cardiovasculares y respiratorias cuando se incrementan los niveles de ozono Borja-Aburto *et al.*, 1997[3]. De manera similar el aumento de NO_x coincide con la agravación de síntomas de padecimientos respiratorio, circulatorio, cardiovascular y también con el incremento en la mortalidad Farias *et al.*, 2017[9].

Con base en esta última descripción, en este estudio se revisa la contaminación por ozono (O₃) en la ciudad de Morelia Michoacán, México con la finalidad de evaluar, si las medidas para reducir los contagios por la enfermedad influyeron en los niveles de O₃, sobre todo por el cierre al tránsito vehicular y actividades económicas en el centro histórico de esta zona urbana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se consiguieron los datos de ozono (O₃) y dióxido de nitrógeno (NO₂) de la estación de monitoreo de Palacio Municipal (PMN). La información fue proporcionada por la Dirección de Medio Ambiente (DMA) adscrita a la Secretaría de Desarrollo Rural y Medio Ambiente (SEDRUMA) del Ayuntamiento de Morelia. El periodo de estudio comprende los meses de marzo a mayo del 2019-2020.

Los datos de NO₂ de la caseta de monitoreo de Ciudad Universitaria de Morelia (CU), se obtuvieron del Sistema Nacional de Información de Calidad del Aire (SINAICA) adscrito al Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC).

<https://www.sinaica.inecc.gob.mx>.

El área de estudio es propiamente el centro histórico de Morelia; los datos utilizados, corresponden a la estación de monitoreo atmosférico que se localiza en la terraza de Palacio Municipal de Morelia (PMN). El entorno físico de la caseta, está clasificado como zona habitacional y servicios públicos tales como: hoteles, restaurantes, baños públicos, servicios médicos, escuelas, entre otros por mencionar.

Mide en forma automática cada hora, las 24hrs, los 365 días del año los contaminantes: Ozono (O_3), óxidos de nitrógeno (NO_x , NO , NO_2) Partículas suspendidas $PM_{10/2.5}$, CO , así como los datos meteorológicos temperatura, humedad relativa, velocidad-dirección del viento, radiación solar, precipitación pluvial y presión atmosférica (Figura, 1).



FIGURA 1
Estación de monitoreo atmosférico de la ciudad de Morelia. Dirección:
Allende 403, Col. Centro. Ubicación: Terraza de Palacio Municipal.

Los datos de NO_2 para el año 2020 del sitio de muestreo ubicado en Ciudad Universitaria de Morelia, se emplearon para sustituir la falta de datos en el centro. La caseta de CU se localiza al suroeste de la ciudad, poco más o menos 1 kilómetro de distancia de Palacio Municipal (Figura, 1), mide los mismos parámetros que el sitio PMN y los equipos de monitoreo son de la misma marca y modelos recientes.

Los datos se agruparon por semanas iniciando en marzo hasta la primera semana de mayo 2019-2020 (en total 10 semanas). En seguida, se hicieron pruebas estadísticas para detectar, si los lotes de datos pertenecen a una distribución normal, y en su caso efectuar el análisis de varianza (ANOVA). Para lograr lo anterior, se utilizó el estadístico Kolmogorov-Smirnov (K-S); el cual se obtiene en función del valor medio y desviación estándar, calculados a partir de una muestra de datos. Si el estadístico es significativo entonces la probabilidad de que los datos resulten de una distribución normal, podría rechazarse. A la inversa si no es significativo, se acepta la hipótesis y se efectúa el análisis de varianza (ANOVA) para métrico.

Las medidas de tendencia central que utilizan estos dos análisis son la media aritmética y la mediana respectivamente. Cuando la muestra de los datos no procede de una población con curva normal, se puede aplicar la prueba (H) de Kruskal-Wallis (Kruskal and Wallis, 1952). También nombrado análisis de varianza por rango, y se describe como sigue:

Sea k muestras de tamaño N_1, N_2, N_K con tamaño suma total $N = N_1 + N_2 + \dots + N_K$. Suponiendo que los datos de todas las muestras se ordenan y que las sumas de rangos para las k muestras son R_1, R_2, R_K respectivamente. Si definimos el estadístico como en la ecuación 1:

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{j=1}^k \frac{R2j}{Nj} - 3(N+1)$$

[...Ec. 1]

Se puede demostrar que su distribución es cercana a la de ji-cuadrado con k-1 grados de libertad Spiegel, 1991[19].

El software Statistica®6.0 empleado en este estudio, tiene los módulos que efectúan los análisis mencionados anteriormente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En términos generales, para las muestras de los datos tratados en este estudio, el estadístico K-S fue significativo con un valor de máxima diferencia de 0.07185 y nivel de confianza $p < 0.01$ o bien que los datos, se desviaron de una curva normal y por consiguiente se llevó a cabo el análisis de varianza por rango (ANOVA).

En la (Tabla, 1) se puede notar que las tres primeras semanas de marzo, mostraron el valor más bajo de O_3 , en comparación con las altas concentraciones observadas en la última de marzo, y las correspondientes de abril y mayo; es decir, que a partir de la cuarentena iniciada el martes 17 de marzo del 2020, el O_3 aumentó en forma sostenida de 0.027ppm a 0.039ppm (Tabla, 1).

Asimismo, la (Tabla, 2) enseña que la segunda semana en marzo, previa al encierro la concentración de NO_2 fue alta, comparada con los niveles mínimos observados en la última semana de marzo y la primera de abril, o bien que al comienzo del aislamiento el NO_2 disminuyó en forma gradual de 0.015ppm a 0.007ppm hasta la última semana de marzo e inicios de abril; después, aumentó ± 0.001 ppm en abril, y hasta la primera semana de mayo a 0.010ppm.

No obstante, que la información de NO_2 (Tabla, 2) corresponde al sitio de muestreo localizado en las instalaciones de ciudad Universitaria de Morelia, el coeficiente de correlación hallado de -0.67 entre el ozono y su precursor NO_2 , podría confirmar el aumento y descenso citado previamente en las (Tablas, 1-2).

Por otra parte, la evaluación del mismo periodo de estudio, pero ahora para el año 2019 demostró que las concentraciones de O_3 en las tres primeras semanas de marzo, fueron mínimas en comparación con los altos valores observados en abril y mayo (Tabla, 3) o bien que, en ausencia de aislamiento social, a partir del domingo 17 de marzo del 2019, el O_3 subió en forma sostenida de 0.024ppm a 0.039ppm (Tabla, 3).

De la misma forma, los niveles de NO_2 en el mismo sitio de Palacio Municipal, fueron menores con respecto de los señalados en abril y mayo (Tabla, 4); incluso, se puede ver que en ausencia de confinamiento a partir del domingo 17 de marzo del 2019, el NO_2 paso de 0.011ppm a 0.009ppm con cambios mínimos de ± 0.001 ppm en abril. Así que el aumento y descenso del O_3 y su precursor inmediato el NO_2 visto en 2019, fue parecido al descrito previamente en el 2020.

TABLA 1

Resumen ANOVA no paramétrico Kruskal-Wallis para detectar cambios en el valor de la mediana de O₃, entre semanas del 2020 con cuarentena en Morelia, Michoacán. Las semanas en diferentes casillas, fueron distintas con nivel de significación p= 0.0001.

Caseta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Palacio Municipal	Dom-Sáb	Dom-Sáb	Dom-Sáb	Dom-Sáb	Dom-Sáb	Dom-Sáb	Dom-Sáb	Dom-Sáb	Dom-Sáb	Dom-Sáb
Meses del 2020	01-07 mar	08-14 mar	15-21 mar	22-28 mar	05-11 abr	mar-29 al 04 abr	12-18 abr	19-25 abr	03-09 may	abr-26 al 02 may
semana			cuarentena							
Núm. Semana	uno	dos	tres	cuatro	seis	cinco	siete	ocho	diez	nueve
Mediana	0.025	0.026	0.027	0.032	0.032	0.034	0.035	0.036	0.039	0.042
Mediana global = 0.034										
Núm. Datos	158	119	144	164	167	119	144	165	153	160

TABLA 2

Resumen ANOVA no paramétrico Kruskal-Wallis para detectar cambios en el valor de la mediana de NO₂, entre semanas del 2020 con cuarentena en Morelia, Michoacán. Las semanas en diferentes casillas, fueron distintas con nivel de significación p= 0.0001.

Caseta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ciudad Universitaria	Dom-Sáb	Dom-Sáb	Dom-Sáb	Dom-Sáb	Dom-Sáb	Dom-Sáb	Dom-Sáb	Dom-Sáb	Dom-Sáb	Dom-Sáb
Meses del 2020	mar-29 al 04 abr	12-18 abr	05-11 abr	19-25 abr	abr-26 al 02 may	03-09 may	22-28 mar	01-07 mar	15-21 mar	08-14 mar
semana									cuarentena	
Núm. Semana	cinco	siete	seis	ocho	nueve	diez	cuatro	uno	tres	dos
Mediana	0.007	0.007	0.009	0.009	0.009	0.010	0.010	0.012	0.012	0.015
Mediana global = 0.010										
Núm. Datos	130	160	156	154	155	150	152	155	153	109

TABLA 3

Resumen ANOVA no paramétrico Kruskal-Wallis para detectar cambios en el valor de la mediana del O₃, entre semanas del 2019 en Morelia, Michoacán. Las semanas en diferentes casillas, fueron distintas con nivel de significación p= 0.0001.

Caseta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Palacio Municipal	Vie-Sáb	Dom-Sáb	Dom-Sáb	Dom-Sáb	Dom-Sáb	Dom-Sáb	Dom-Sáb	Dom-Sáb	Dom-Sáb	Dom-Sáb
Meses del 2019	01-09 mar	10-16 mar	17-23 mar	24-30 mar	mar -31 al 06 abr	14-20 abr	05-11 may	21-27 abr	abr-28 al 04 may	07-13 abr
semana			sin cuarentena							
Núm. Semana	uno	dos	tres	cuatro	cinco	siete	diez	ocho	nueve	seis
Mediana	0.024	0.024	0.024	0.034	0.037	0.037	0.039	0.042	0.042	0.043
Mediana global = 0.033										
Núm. Datos	216	164	168	120	168	168	168	168	168	168

TABLA 4
Resumen ANOVA no paramétrico Kruskal-Wallis para detectar cambios en el valor de la mediana del NO₂, entre semanas del 2019 en Morelia, Michoacán. Las semanas en diferentes casillas, fueron distintas con nivel de significación p= 0.0001

Caseta	5	1	2	3	4	6	7	8	9	10
Palacio Municipal	Dom-Sáb	Dom-Sáb	Dom-Sáb	Dom-Sáb	Dom-Sáb	Vie-Sáb	Dom-Sáb	Dom-Sáb	Dom-Sáb	Dom-Sáb
Meses del 2019	17-23 mar	14-20 abr	21-27 abr	05-11 may	07-13 abr	01-09 mar	10-16 mar	24-30 mar	mar -31	abr-28
semana	sin cuarentena								al 06 abr	al 04 may
Núm. Semana	tres	siete	ocho	diez	seis	uno	dos	cuatro	cinco	nueve
Mediana	0.009	0.009	0.009	0.009	0.010	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011
Mediana global = 0.010										
Núm. Datos	168	168	168	168	168	216	164	144	168	168

La sobre posición de los años 2019-2020, indica que los niveles de O₃ fueron poco más altos en 2019 con respecto de los observados en 2020 por ejemplo, de la semana 4 a la 8 en pleno aislamiento el O₃ bajó 6%, 8%, 26%, 5% y 14%, mientras que las semanas 9 y 10 no mostraron cambios. Pese a esto, en ambos años la tendencia siguió al aumento (Figura, 2A).

Igualmente, la contaminación por NO₂, fue ligeramente más alta en 2019, con relación a los valores obtenidos en 2020 por ejemplo, de la semana 4 a la 7 el NO₂ bajó 9%, 36%, 10% y 22%, mientras que la semana 8 no mostró cambios; en las semanas 9-10, este contaminante descendió y subió 18% y 11% respectivamente. Pero en ambos años, la pendiente persistió hacia abajo (Figura, 2B).

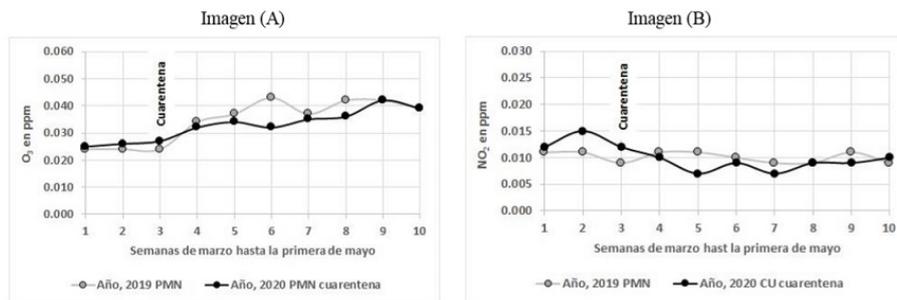


FIGURA 2

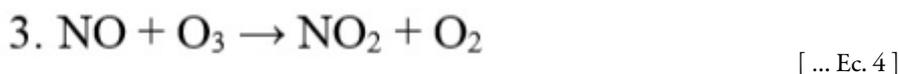
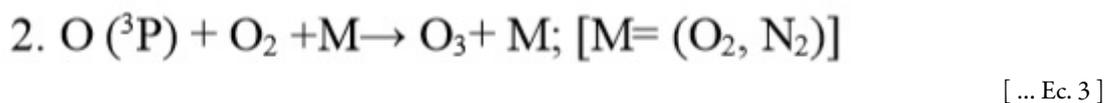
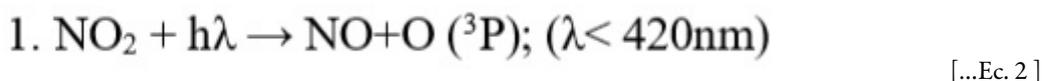
Cambios en los niveles de contaminación atmosférica en ausencia y presencia de emergencia sanitaria por COVID-19 del 2020 en Morelia Michoacán. En A) O₃ en PMN, y B) NO₂ en PMN y CU.

Por otra parte, el aumento sostenido del O₃ en presencia de la cuarentena que inició el martes 17 de la tercera semana de marzo según Martínez-Elorriaga, 2020[17] y acabó el domingo 17 de mayo del 2020 según García, 2020[13]. Indica, que fueron en total 61 días de encierro poblacional, mientras que el O₃ subió 56% y el NO₂ bajó 17% del 01 de marzo al 09 de mayo del 2020 (Tablas, 1,2; Figura, 2A). En ausencia de encierro el O₃ se incrementó 63% y el NO₂ bajó 18%, del 01 de marzo al 11 de mayo 2019 (Tablas, 3,4; Figura, 2B).

La diferencia entre estos porcentajes fue de 6.5% menos O₃ y 1% menos NO₂ en 2020, con respecto al 2019, mientras que las semanas 6 y 5 de 2020 mostraron el mayor descenso de O₃ en 26% y 36% de NO₂ respectivamente (Figura, 2AB). Esta última descripción, podría atribuirse en parte al efecto secundario del encierro poblacional. Pues la contingencia sanitaria se activó justo cuando el O₃ tiende a subir por el inicio de la primavera, principalmente en abril y mayo Correa-García, 2020[7].

Además, el ozono es un contaminante de origen fotoquímico, que se forma por la reacción entre óxidos de nitrógeno (NO₂) e hidrocarburos en presencia de radiación solar Finlayson-Pitts & Pitts, 2000[12] y la producción fotoquímica de O₃ en la troposfera se basa en la fotólisis del NO₂, que incluye al NO, NO₂ y O₃

Guerra *et al.*, 2003[14]; Figueruelo & Dávila, 2004[11]; Finlayson-Pitts & Pitts 2000[12]. Dicho ciclo, se condensa en las ecuaciones 2,3 y 4:



Donde M: es el cuerpo que absorbe la energía resultante del enlace químico O (³P) e indica que el átomo de oxígeno se halla en su estado base. Estas ecuaciones no explican por sí solas la producción fotoquímica de O₃ en la troposfera, debido a que el NO y O₃ se forman y se destruyen sin que tenga lugar producción neta de ninguno de ellos.

La producción fotoquímica de O₃ se origina cuando el NO es oxidado a NO₂ sin intervención del O₃ (Ecuación 3). Tal oxidación la producen radicales libres, cuya presencia se deriva básicamente de la aportación de hidrocarburos en la química atmosférica.

Por otra parte, posiblemente los residentes de Morelia cambiaron temporalmente sus patrones de conducta y movilidad, como respuesta a las prohibiciones; reduciendo con esto, un mayor impacto positivo sobre los niveles de contaminación por ozono y dióxido de nitrógeno. Pero este argumento tiene limitaciones, porque no hay estudios que lo demuestren.

A pesar de esto, los resultados de este trabajo son parecidos con los realizados en Dantas *et al.*, 2020[8] quienes reportaron para Brasil un descenso en los niveles de NO₂, con un aumento de O₃. Igualmente, en la ciudad de Quito (Ecuador) los niveles de NO₂ bajaron, y el O₃ aumentó según Zambrano-Monserrate y Ruano, 2020[21].

En Asia Central, Kerimray *et al.*, 2020[15] realizaron estudios en la zona de Almaty (Kazajistán) quienes hallaron una reducción en 35% de NO₂, comparado con emisiones de los años 2018 y 2019, mientras que los niveles de ozono subieron 15%.

CONCLUSIONES

En este estudio, se logró identificar un efecto positivo e imprevisible en la calidad del aire por ozono O₃ y dióxido de nitrógeno NO₂, el cual fue más notorio para O₃ en la semana del 05 al 11 de abril 2020 con un descenso de 26%, y NO₂ con un descenso de 36% en la semana del 29 de marzo al 04 de abril, en pleno encierro de la población en sus hogares de la ciudad de Morelia.

La cuarentena por COVID-19 publicada en Morelia Michoacán, en la primavera 2020, tuvo un efecto circunstancial en los niveles de contaminación por O₃ y NO₂ en el centro urbano de Morelia. Al observar un descenso de 6.5% de O₃ y 1.5% de NO₂ en relación con el año 2019.

A partir de la emergencia sanitaria, el patrón de aumento de O₃ y descenso de NO₂, fue similar sin encierro poblacional ni reducción de la carga vehicular, en el centro de la ciudad de Morelia en 2019, el cual se podría explicar por la primavera, que es la época con más O₃ en el año. En otro caso, tal vez los ciudadanos de Morelia se adecuaron a las prohibiciones, modificando sus recorridos de transporte y movilidad; neutralizando con esto, un mayor efecto positivo en la calidad del aire.

La incorporación de la información de NO₂ del sitio de muestreo de Ciudad Universitaria fue necesaria para completar este estudio. Por lo que se recomienda, mejorar la capacidad de operación y funcionamiento de las casetas de monitoreo atmosférico de Palacio Municipal y Ciudad Universitaria.

REFERENCIAS

- [1] Abdullah S, Mansor AA, Napi NNLM, Mansor WNW, Ahmed AN, Ismail M, et al. Air quality status during 2020 Malaysia Movement Control Order (MCO) due to 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) pandemic. *Sci Total Environ.* 2020;729.
- [2] Aburto-Morales, J.S., Romero-Méndez, J., Lucio-García, C.A. y André Madrigal-Bustamante, J.A. (2020). México ante la epidemia de COVID-19 (SARS-CoV-2) y las recomendaciones al Subsistema Nacional de Donación y Trasplante. *Rev Mex Traspl* 2020; 9 (1): 6-14. Enero-Abril 2020.
- [3] Borja-Aburto, V., Loomis, D., Bangdiwala, S. Shy, C., Rascon-Pacheco, R. Ozone, Suspended Particulates, and Daily Mortality in Mexico City, *American Journal of Epidemiology*, 1997; 145: 258-268
- [4] Chakraborty I, Maity P. COVID-19 outbreak: Migration, effects on society, global environment and prevention. *Sci Total Environ.* 2020;728. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138882>
- [5] Chen Y, Zhang S, Peng C, Shi G, Tian M, Huang R-J, et al. Impact of the COVID-19 pandemic and control measures on air quality and aerosol light absorption in Southwestern China. *Sci Total Environ.* 2020. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141419>
- [6] Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2020). Efectos de las cuarentenas y restricciones de actividad relacionadas con el COVID-19 sobre la calidad del aire en las ciudades de América Latina y el Caribe. Pp. 1-12., Julio del 2020 Copyright © Naciones Unidas, 2020. <http://www.cepal.org>.
- [7] Correa-García, A. (2020). Análisis y Evaluación del Monitoreo del Aire en Morelia, Michoacán: Período 2008/2015. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Editorial Morevalladolid, S. de R.L de C.V. Morelia, Michoacán. Primera edición. Pp 109. Marzo del 2020. Impreso y Hecho en México.
- [8] Dantas G., Siciliano B., França BB., Silva CM da., Arbilla G. (2020). The impact of COVID-19 partial lockdown on the air quality of the city of Rio de Janeiro, Brazil. *Sci Total Environ.* 2020; 729.
- [9] Farias A, Hoek G, Monteiro A. Effects of NO₂ exposure on daily mortality in Sao Paulo, Brazil. *Environ Res.* 2017; 159:539-44. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.08.041>
- [10] Fátima-Alfaro. (2020). Mejora calidad de aire en Morelia por confinamiento. Agencia Quadratin. Abril 12 del 2020. <https://www.quadratin.com.mx/principal/mejora-calidad-de-aire-en-morelia-por-confinamiento/>
- [11] Figueruelo, J. E. & Dávila, M. (2004). Química Física del Ambiente y de los Procesos Medioambientales (Editorial Reverté. S. A.).
- [12] Finlayson-Pitts, B. & Pitts, J. (2000). Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere (Academic Press, USA).
- [13] García, C. Grupo Marmor. (2020). Concluye confinamiento obligatorio y Morelianos enseguida salen a las calles. Mayo 18 del 2020.
- [14] Guerra, J.C. S., Rodríguez, M.T.A. & Crespillo, M. (2003). *Revista Información Tecnológica*, 14- 2.
- [15] Kerimray A, Baimatova N, Ibragimova OP, Bukenov B, Kenessov B, Plotitsyn P, et al. Assessing air quality changes in large cities during COVID-19 lockdowns (2020): The impacts of traffic-free urban conditions in Almaty, Kazakhstan. *Sci Total Environ.* 2020;730. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139179>
- [16] Lanchipa-Ale T, Moreno-Salazar K, Luque-Zúñiga B. Perspectiva del COVID-19 sobre la contaminación del aire. *Rev. Soc. cient. Parag.*2020;25(2):155-182.

- [17] Martínez- Elorriaga, E. (2020). Michoacán adelanta inicio de cuarentena. La jornada lunes, 16 mar 2020 11:33 <https://www.jornada.com.mx/ultimas/estados/2020/03/16/michoacan-adelanta-inicio-de-cuarentena-manana-ya-no-habra-clases-2977.html>.
- [18] Santoyo, M. (2020). Distanciamiento social no ha mejorado la calidad del aire en Morelia. El sol de Morelia. Jueves 09 de abril del 2020.
- [19] Spiegel Murray, R. (1991) Estadística. Segunda Edición. Editorial McGraw-Hill. Impreso en España.
- [20] Tobías A, Carnerero C, Reche C, Massagué J, Via M, Minguillón MC, et al. Changes in air quality during the lockdown in Barcelona (Spain) one month into the SARS-CoV-2 epidemic. *Sci Total Environ.* 2020;726. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138540>
- [21] Zambrano-Monserrate MA., Ruano MA. (2020). Has air quality improved in Ecuador during the COVID-19 pandemic? A parametric analysis. *Air Qual Atmosphere Health.* 2020; 13 (8):929-38. doi: <https://doi.org/10.1007/s11869-020-00866-y>