



MEDICIONES DE PM₁₀ y NO₂ DURANTE LOS PRIMEROS MESES DE LA CUARENTENA DE COVID-19 EN EL 2020 EN CIUDAD DE BUENOS AIRES, ARGENTINA

L. Otero^{a,b,c}, F. Casasola^{a,c,d,e}, M. Prieto^{d,e}, C. Pereyra^{d,e}, S. Brusca^b

^a Universidad de la Defensa Nacional, Facultad de Ingeniería del Ejército, Gral. Div. Manuel N. Savio. Av. Cabildo 15 (C1426AAA), C.A.B.A., Argentina.

^b CITEDEF, CEILAP- UNIDEF (MINDEF-CONICET) – Juan Bautista de La Salle 4397 (B1063ALO), Villa Martelli, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

^c Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Buenos Aires. Medrano 951 (C1179AAQ), C.A.B.A., Argentina.

^d Servicio Geográfico Militar, Instituto Geográfico Nacional, Av. Cabildo 381 (C1426AAA), C.A.B.A., Argentina.

^e Dirección General de Investigación y Desarrollo del Ejército Argentino, Azopardo 250 (C1107ADB), C.A.B.A., Argentina..

*Autor Corresponsal: e-mail lotero@citedef.gob.ar lidia1116@gmail.com

Resumen

La contaminación del aire repercute en el bienestar de los seres vivos, en sus ecosistemas y en el medioambiente. Ésta incide directamente en la salud humana y afecta el rendimiento de la agricultura, la economía y la biodiversidad. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), alrededor de 4,2 millones de personas mueren cada año como resultado de la exposición a una mala calidad del aire.

Durante los primeros meses de la cuarentena se observó en varias ciudades del mundo, una reducción significativa de la presencia de dióxido de nitrógeno (NO₂) y de material particulado (PM) en suspensión. Esta reducción en los niveles se registró también en nuestro país. En este trabajo, se presentan las variaciones medidas de PM y de NO₂ en la estación de monitoreo de Av. Córdoba en Ciudad de Buenos Aires y el análisis de mediciones satelitales de NO₂ del sensor OMI (Ozone Monitoring Instrument) para estudiar el comportamiento en todo el territorio nacional. Se presentan los niveles mínimos detectados comparados con los valores antes de la cuarentena y como lentamente esos niveles se ven influenciados por el incremento paulatino de la actividad antropogénica.

Abstract

Air pollution affects the well-being of living beings, their ecosystems and the environment. This has a direct impact on human health and affects the performance of agriculture, the economy and biodiversity. According to the World Health Organization (WHO), around 4.2 million people die each year as a result of exposure to poor air quality.

During the first months of quarantine, a significant reduction in the presence of nitrogen dioxide (NO₂) and particulate matter (PM) in suspension was observed in several cities around the world. This reduction in levels was also registered in our country. In this work, the measured variations of PM and NO₂ at the monitoring station of Av. Córdoba in the Buenos Aires' City and the analysis of satellite measurements of NO₂ from the OMI sensor (Ozone Monitoring Instrument) are presented to study the behavior throughout the National territory. The minimum levels detected are presented compared to the values before quarantine and how slowly these levels are influenced by the gradual increase in anthropogenic activity.

Palabras clave: *calidad del aire, NO₂, material particulado, aerosoles.*

Keywords: *air quality, NO₂, particulate matter, aerosols.*

1. Introduction

La contaminación del aire es la presencia de gases tóxicos y de partículas sólidas y líquidas en suspensión en la atmósfera, nocivos para la salud y el medioambiente. La calidad del aire permite conocer su grado de contaminación. Una mala calidad del aire repercute directamente en el bienestar de los seres vivos, provoca una mayor incidencia de accidente cerebrovascular, enfermedad cardíaca, cáncer de pulmón y asma. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS): alrededor de 4,2 millones de personas mueren cada año como resultado de la exposición a la mala calidad del aire exterior y el 91 % de la población mundial vive en áreas donde la calidad del aire excede los límites máximos de las normas de la OMS ¹.

La contaminación del aire fue el cuarto factor riesgo de muerte en todo el mundo en 2019, superado solo por la presión arterial alta, consumo de tabaco y mala alimentación ².

La pandemia de COVID-19 ha provocado reducciones de viajes a escala mundial y local, cierre de escuelas y empresas, y detuvo parte de la actividad industrial. Las mediciones satelitales y el monitoreo de la calidad del aire desde la superficie han mostrado reducciones en las

concentraciones de contaminantes como el dióxido de nitrógeno (NO₂) y, en algunos casos, reducciones del material particulado. Como muestran los datos, estos cambios fueron solo temporales. A medida que se levantaron las restricciones, aumentaron las emisiones y se borró rápidamente cualquier mejora en la calidad del aire alcanzada ^{2,3}.

En este trabajo se analizan los efectos de la cuarentena por la pandemia de COVID-19 sobre las mediciones de material particulado y dióxido de nitrógeno utilizando datos de la Estación de Monitoreo de la Avenida Córdoba de la Ciudad de Buenos Aires y datos satelitales del sensor OMI (Ozone Monitoring Instrument).

2. Descripción del evento. Medición de la calidad del aire

Durante los primeros meses de la cuarentena muchas ciudades del mundo observaron una mejora en las mediciones de la calidad del aire producto de una disminución de la actividad del hombre ^{2,3}. Las principales fuentes antropogénicas que inciden directamente en el aumento o disminución de la calidad del aire y que influyen en la contaminación del mismo son: el tráfico vehicular y aéreo; las actividades y procesos industriales y las quemadas de biomasa.

Se puede determinar la calidad del aire por la medición diaria y continua de 5 variables o parámetros atmosféricos ^{4,5,6}:

1. Material Particulado (Aerosoles): son partículas sólidas y líquidas de diferentes tamaños en el aire, se las puede clasificar por su diámetros en PM10 (partículas de 10 micrómetros de diámetro) las cuales, por su tamaño, puede penetrar al organismo a nivel pulmonar; PM2.5 (partículas de 2.5 micrómetros de diámetro) pueden ingresar al torrente sanguíneo a través de la barrera aire-sangre en los pulmones (son las causantes de altos índices de mortalidad en personas expuestas a niveles altos durante largos períodos). Los valores máximos de referencia actuales de la OMS para PM2.5 son 10 µg/m³ (media anual) y 25 µg/m³ (promedio diario), mientras que para PM10 son 20 µg/m³ (promedio anual) y 50 µg/m³ (media diaria) ^{3,4}. Para la ciudad de Buenos Aires para PM10 en promedio 24 horas: 150 µg/m³ y para PM2.5 en promedio 24 horas ⁷: 65 µg/m³.

2. Dióxido de nitrógeno (NO_2): es un gas de efecto invernadero. Está relacionado con las emisiones producto del tránsito vehicular y aéreo y con la actividad industrial. El NO_2 se libera al aire al quemar carbón, gasolina y biocombustibles, como la madera. Tiene efectos nocivos en la salud humana y además, participa en la formación de otros contaminantes atmosféricos como el ozono troposférico. Su permanencia en la atmósfera es muy dependiente de la fuente de emisión, es decir, cuando la fuente cesa de producir NO_2 , en pocos días su contenido en la atmósfera disminuye. Su tiempo de residencia es del orden de 1 a 2 días ^{5,6}. Los valores actuales máximos tolerados de la OMS son $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (media anual) y $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (media por hora) ⁴. Para la ciudad de Buenos Aires el estándar para el NO_2 es en promedio para 1 hora: 0,200 PPM (200 PPB) ⁷.

3. Monóxido de carbono (CO): es un gas venenoso que es incoloro, inodoro e insípido. Es el resultado de la combustión incompleta de gas natural y otros materiales que contienen carbono. A diferencia del NO_2 , su permanencia en la atmósfera es de varios meses, aun cuando la fuente de emisión haya cesado. Su tiempo de residencia es del orden de 60 días ^{5,6}. Es dañino para el organismo porque al respirarlo desplaza el oxígeno en la sangre. Para la ciudad de Buenos Aires los valores máximos permitidos son en promedios 8 horas: 9 PPM y en promedio 1 hora de 35 PPM ⁷.

4. Dióxido de azufre (SO_2): es un gas que proviene de la quema de combustibles fósiles y la fundición de minerales también se libera naturalmente por la actividad volcánica. Irrita las vías respiratorias (las personas que sufren de asma) y los ojos. Componente principal de la lluvia ácida. Los valores actuales de la guía de la OMS son $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (media diaria) y $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (media de 10 minutos) ⁴. Para CABA el promedio de 24 horas: 140 PPB y promedio de 1 hora: 75 PPB ⁷.

5. Ozono (O_3): gas que a nivel del suelo puede dañar el sistema respiratorio. El valor actual máximo tolerado por la OMS es de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (media de 8 horas) ^{3,4}. Para la ciudad de Buenos Aires los valores máximos permitidos son en promedios 8 horas: 0,08 PPM y en promedio 1 hora de 0.12 PPM ⁷.

3. Descripción de datos procesados

Para el análisis de los efectos de la pandemia sobre la calidad del aire se utilizaron los datos de PM10 y NO₂ debido a que su tiempo de residencia es del orden de pocos días y de esta manera se pueden detectar las variabilidades casi inmediatamente. Para el estudio sobre Ciudad de Buenos Aires se utilizaron los datos de la Red de Monitoreo de la ciudad ⁸. La ciudad cuenta con tres estaciones de monitoreo que se muestran en la Figura 1, una en la Avenida Córdoba y Rodríguez Peña, una en Parque Centenario (Ramos Mejía al 800) y la tercera en La Boca (Brasil al 100). Para este trabajo se usaron las mediciones de la Estación de Monitoreo ubicada en la Av. Córdoba por estar situada en una zona alejada de industrias y solamente influenciada por la actividad propia de una gran urbe. Las estaciones publican sus datos en valores medios cada 8 horas o en promedio de 24 horas.

Para estudiar los efectos sobre todo el territorio argentino se utilizaron mediciones del Instrumento de Monitoreo de Ozono (OMI - Ozone Monitoring Instrument), sensor que mide el NO₂ a bordo del satélite AURA. El producto usado es el OMNO2d de nivel 3, en el que los datos se promedian en cuadrículas globales de 0,25 x 0,25 grados ⁹. Este producto contiene la columna troposférica total NO₂, para las condiciones del cielo donde la fracción de nubes es inferior al 30 % ^{9,10}.

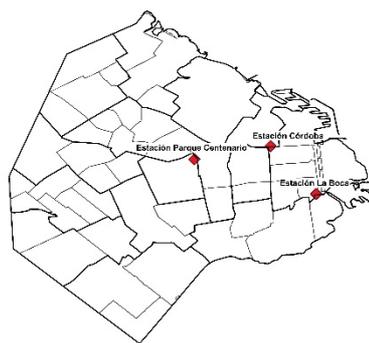


Figura 1. Ubicación de las Estaciones de Monitoreo Automático EPA de la Ciudad de Buenos Aires.

4. Metodología y Resultados

Para la Ciudad de Buenos Aires se analizaron los datos diarios en promedio de 8 horas de PM₁₀ y NO₂ de la estación de Av. Córdoba, desde el 1 de enero al 30 de agosto de 2020. Se seleccionó el rango entre las 8 y las 16 horas por ser la franja horaria de mayor actividad de circulación de transporte. En la Figura 2 se muestra la evolución temporal del PM₁₀ en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ observándose una disminución a partir del 20 de marzo de 2020 de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en promedio. A partir del 13 de abril se observa una recuperación de los valores, alcanzando los mismos niveles que antes de la cuarentena. Desde el 5 de agosto los niveles aumentaron a valores de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en promedio, observándose valores máximos de $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a mediados del mes de agosto.

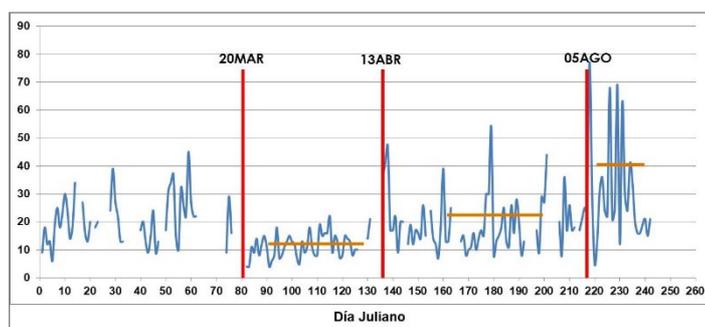


Figura 2. Evolución temporal de PM₁₀ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$], promedio de 8 horas (de 08 a 16 horas) desde el 1 de enero al 31 de agosto de 2020 en día juliano.

Para poder comparar los niveles de PM₁₀ con las mediciones de los mismos meses durante el 2019, se graficó en la Figura 3 la evolución temporal promedio de 8 horas (entre las 8 y 16 horas) para los meses de marzo y agosto de 2019 y 2020. Se puede observar que las mediciones de fines de marzo de 2020 son los niveles más bajos, con un promedio de $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y que durante mediados de agosto 2020 se presentaron los valores más altos con un máximo de $77 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Un análisis similar se realizó con los datos de NO₂. En la Figura 4 se muestra la evolución temporal del NO₂ en PPB observándose una importante disminución a partir del 20 de marzo de 2020 alcanzando un promedio de 5 PPB para fines de marzo. A partir del 13 de abril los niveles alcanzan los valores de antes de la cuarentena. Se compararon los valores con las mediciones registradas

durante 2019. En la Figura 5 se presenta la evolución temporal promedio de 8 horas (entre las 8 y 16 horas) para los meses de marzo y agosto 2019 y 2020. Se puede observar que las mediciones de fines de marzo de 2020 son los niveles más bajos, con un promedio de 6 PPB y a fines de julio de 2020 se presentaron los valores más altos con un máximo de 66 PPB.

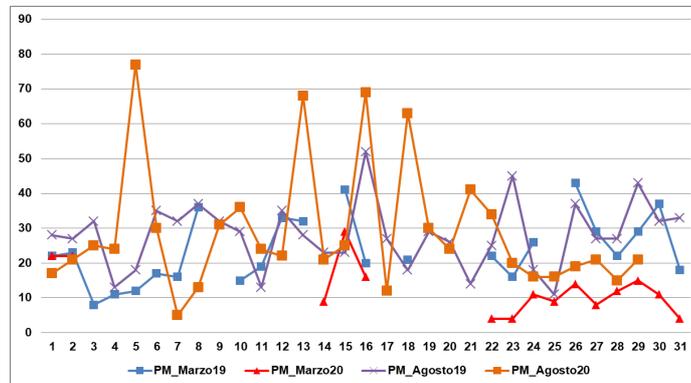


Figura 3. Comparación de la evolución temporal de PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$], promedio de 8 horas (de 08 a 16 horas) para los meses de marzo y agosto 2019 y 2020.

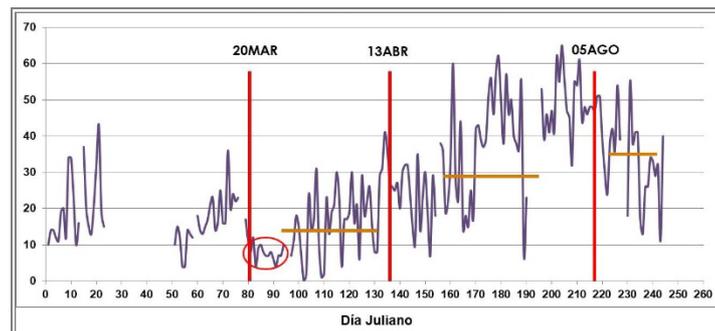


Figura 4. Evolución temporal de NO₂ [PPB], promedio de 8 horas (de 08 a 16 horas) desde el 1 de enero al 31 de agosto de 2020 en día juliano.

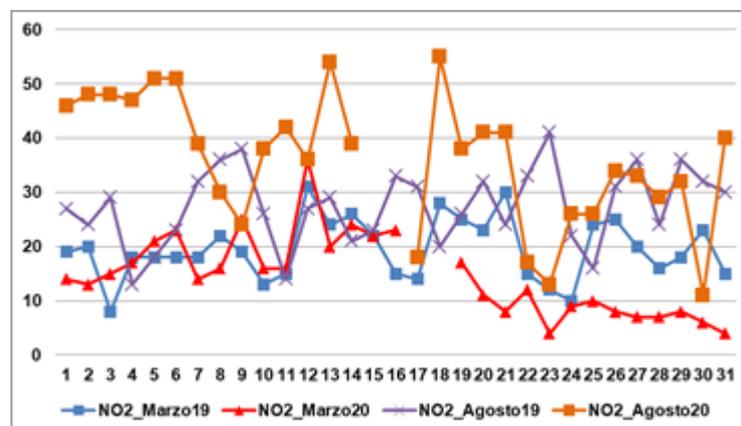


Figura 5. Comparación de la evolución temporal de NO₂ [PPB], promedio de 8 horas (de 08 a 16 horas) para los meses de marzo y agosto 2019 y 2020.

Para determinar los valores medios de NO_2 presentes en la atmósfera sobre el territorio argentino se promediaron las mediciones del sensor OMI desde el 1 enero de 2005 al 31 de diciembre de 2019. En la Figura 6 panel derecho se muestra el valor medio obtenido de 14 años de datos. Se destacan valores altos en Ciudad de Buenos Aires, Gran Buenos Aires, Córdoba, Tucumán, Mendoza y en Rosario. Durante los primeros días de la cuarentena del 20 al 23 de marzo de 2020, donde la movilidad y la actividad industrial se vieron prácticamente suspendidas, se registraron los menores valores de NO_2 sobre el territorio. En la Figura 6 panel izquierdo, se puede observar el promedio de las mediciones para esos 4 días. Se observa que la abundancia de NO_2 presenta casi un nivel uniforme para todo el país. Esto nos permite determinar un “umbral” de abundancia de NO_2 presente en la atmósfera ya que la influencia de las emisiones antropogénicas se vieron disminuidas. Para determinar la contribución de la actividad del hombre en el nivel de NO_2 presente, se resta al valor medio calculado entre los años 2005 al 2019 el valor “umbral” calculado con los datos del 20 al 23 marzo 2020. El resultado de esta diferencia se muestra en la Figura 7 donde se puede visualizar claramente las fuentes de emisión producto de la actividad socio-industrial.

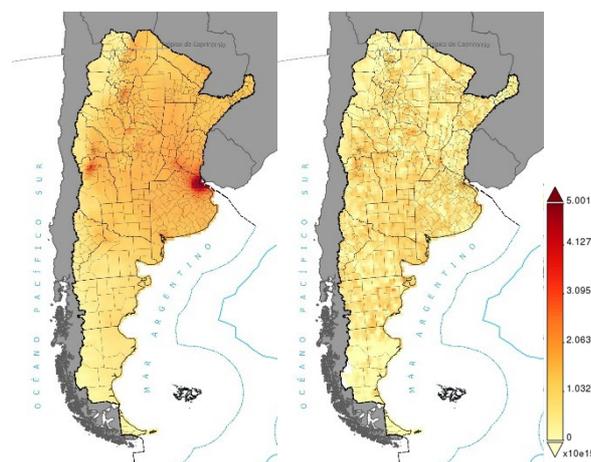


Figura 6. Panel derecho: NO_2 [molec/cm^2] promedio calculado desde 01 de enero de 2005 al 31 de diciembre de 2019. Panel izquierdo: NO_2 [molec/cm^2] promedio calculado desde 20 al 23 de marzo de 2020.

Si se compara el resultado de la Figura 7 con el panel derecho de la Figura 8 donde se grafica la densidad poblacional por departamento obtenida del INDEC del censo 2010¹¹, se puede observar

que hay una buena correlación entre ambas variables, indicando que hay una relación importante entre la cantidad de habitantes por km² y las emisiones de NO₂.

Para completar el estudio, se grafica en la Figura 8 panel izquierdo los casos acumulados al 17 de noviembre de 2020 de COVID-19 por departamento¹². Comparando las Figuras 7 y 8 (ambos paneles) se puede apreciar que tienen una distribución muy semejante las tres variables, indicando la posibilidad de una relación entre la densidad de población, las emisiones de NO₂ y los casos de COVID-19.

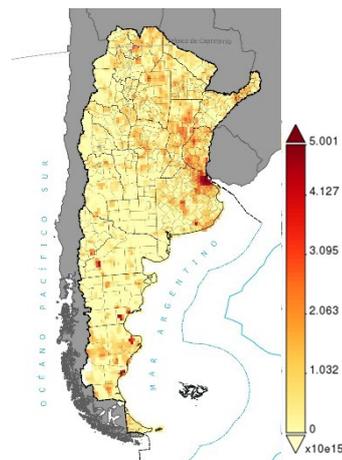


Figura 7. NO₂ [molec/cm²] promedio calculado desde 01 de enero de 2005 al 31 de diciembre de 2019 menos el promedio del 20 al 23 de marzo de 2020 (medición “umbral”).

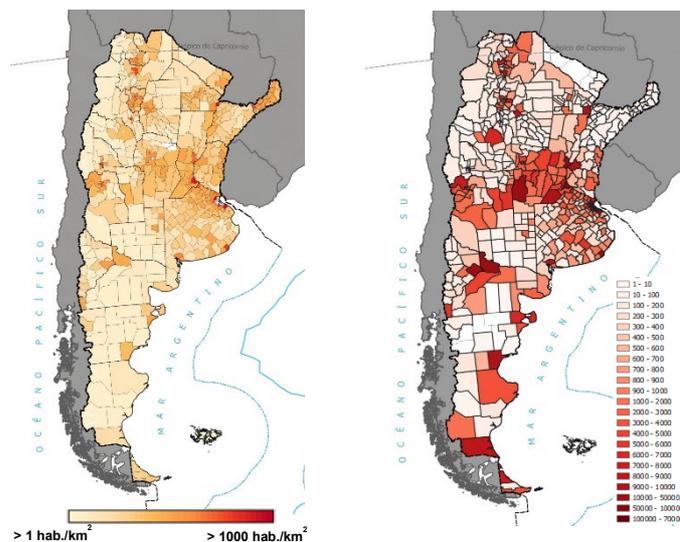


Figura 8. Panel derecho: Densidad de población por departamento (Censo 2010) [hab./km²]. Panel izquierdo: Casos acumulados de COVID-19 al 17 de noviembre de 2020 por departamento.

5. Conclusiones

El monitoreo de la calidad del aire es primordial para salvaguardar la salud humana. La contaminación del aire también afecta el rendimiento de los cultivos y varios otros sectores económicos. En el presente trabajo se analizó el efecto de la cuarentena en las mediciones de PM10 y NO₂ en Ciudad de Buenos Aires y de NO₂ sobre todo el territorio argentino.

Se observaron reducciones de los niveles de PM10 y NO₂ los primeros días de la cuarentena y que permitieron, en el caso de NO₂ determinar un umbral natural de abundancia en la atmósfera.

Los niveles de PM10 y NO₂ en Ciudad de Buenos Aires durante julio y agosto se vieron influenciados por el transporte de los vientos de columnas de humo de las quemas de biomasa que se registraron en el Delta del Paraná. Este análisis pone de manifiesto que los aerosoles pueden recorrer cientos de kilómetros desde su origen y afectar el clima, calidad del aire y visibilidad de otras zonas muy distantes desde su fuente de emisión.

Finalmente se concluye que se visualiza una relación entre la densidad de población, las emisiones de NO₂ y los casos de COVID-19 acumulados. Esta relación se deberá estudiar y analizar en profundidad una vez que la pandemia haya finalizado y se tengan los datos totales. También debería incluir la tasa de mortalidad y de incidencia por departamento para un mejor y acabado estudio.

La cuarentena por COVID-19 ofreció sólo un respiro temporal de la contaminación del aire. Marcó que las acciones para restringir la propagación de COVID-19 dieron una solución temporal, que podrían ser el inicio de hábitos renovados para demandas de aire más limpio a largo plazo.

Agradecimientos

Los autores agradecen a: CONICET, UNDEF, Proyectos UNDEFI, UTN y Ministerio de Defensa por el apoyo brindado para la realización del presente trabajo.

Referencias

- (1) Calidad del aire ambiente (exterior) y salud WHO | World Health Organization [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- (2) State of Global Air 2020. Special Report. Boston, MA: Health Effects Institute. ISSN 2578-6873, 2020.
- (3) Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease. World Health Organization ISBN: 9789241511353, **2016**.
- (4) Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre Actualización mundial 2005 Resumen de evaluación de los riesgos. WHO/SDE/PHE/OEH/06.02, **2006**.
- (5) Vallero, D. Fundamentals of Air Pollution - Fifth Edition. 10.1016/B978-0-12-401733-7.01001-X, Print Book ISBN: 9780124017337 - eBook ISBN: 9780124046023, 2014.
- (6) Davies, M. L., S. J Masten y V. González y Pozo. Ingeniería y Ciencias Ambientales. Mc Graw-Hill ISBN 9789701049785, **2005**.
- (7) Decreto 198-06 Reglamentario de Ley 1356-GCBA.
- (8) Red de Monitoreo de Aire y Ruido de la Ciudad de Buenos Aires www.buenosaires.gob.ar/areas/med_ambiente/apra/calidad_amb/red_monitoreo
- (9) Krotkov, N., Lamsal, L., Celarier, E., Swartz, W., Marchenko, Sergey V., Bucsela, E. J., Chan, K., Wenig, M., Zara, M. Atmos. Meas. Tech. **2017**, 10, 9, 3133-3149.
- (10) Liu, F., Duncan, B., Krotkov, N., Lamsal, L., Beirle, S., Griffin, D., McLinden, C., Goldberg, D., Lu, Z. Atmos. Chem. Phys. **2020**, 20, 1, 99-116.
- (11) Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina INDEC es el organismo que unifica y ejerce todas las actividades estadísticas oficiales. <https://www.indec.gob.ar>
- (12) Ministerio de Salud, Nuevo coronavirus COVID-19; Información epidemiológica. Información epidemiológica <https://www.argentina.gob.ar/salud/coronavirus-COVID-19/sala-situacion>