





# Atmósfera





# Introducción

La atmósfera juega un rol fundamental en las interacciones ambientales. A pesar de ser una capa gaseosa de unos pocos kilómetros de espesor, es capaz de sufrir violentas variaciones que perturban la vida de las personas y de todos los seres vivos que habitan el planeta. Estas variaciones ocurren en escalas de tiempo y espacio muy diferentes, desde un chaparrón que dura unos minutos y algunos kilómetros cuadrados, hasta sequías persistentes que pueden durar años y afectar a varias provincias. A estos cambios naturales se suman los inducidos por las actividades antropogénicas, que agudizan estas variaciones haciéndolas más extremas.

Además, la atmósfera juega un rol menos visible pero importante tanto en el transporte de contaminantes como en la protección contra la radiación proveniente del sol.

La descripción de la evolución de fenómenos asociados al tiempo y al clima durante un año dado es fundamental para entender los impactos ambientales y socioeconómicos durante el periodo. Si bien no siempre debe pensárselo como una relación puramente causal: en la mayoría de los casos la "historia" de los fenómenos meteorológicos durante el año explica un gran número de impactos ambientales, desde la generación de combustible para incendios a través de sequías prolongadas hasta la destrucción de ecosistemas por extensas inundaciones.

La Argentina, como muchos países, es sensible a las variaciones del tiempo y el clima, las cuales tienen efectos directos en el bienestar de la población y en el estado del ambiente en general.

Por el tipo de economía de nuestro país, que depende en gran medida de la explotación agrícola ganadera, la meteorología a lo largo de un año puede incidir positiva o negativamente de manera considerable en la economía nacional. Al mismo tiempo, la producción agrícola ganadera tiene un impacto en el ambiente y este depende del clima y sus variaciones en la región. El clima y sus impactos son, además, modificados por actividades antropogénicas como la deforestación o el cambio en el uso del suelo.

Esto hace del clima y sus variaciones no solo un motor de variaciones del ambiente sino también un modificador de este.

# Aspectos meteorológicos

## Temperatura en Argentina

De acuerdo a los datos oficiales, la anomalía de temperatura media estimada a nivel país para el 2020 fue de 0,63 °C con respecto al período climatológico de referencia 1981-2010. Este valor ubicó al 2020 como el segundo año más cálido desde 1961 (**Figura 1**). Cabe remarcar, que todos los años de esta última década registraron, a nivel país, anomalías positivas de temperatura, reforzando la tendencia significativa de este aumento térmico a nivel nacional. Además, la década 2011-2020 se ubica como la más cálida desde que se tienen registros.

Durante 2020, la mayor parte del país registró temperaturas por encima del valor normal. La región de Cuyo y parte del norte del país presentaron las principales anomalías positivas de temperatura media (entre 1 °C y 2 °C) (**Figura 2**). De acuerdo al análisis mensual, marzo fue el mes que registró los desvíos positivos más significativos, siendo el más cálido en 60 años a nivel país y superando récords históricos en varias localidades. Por otro lado, el mes de julio fue el único en registrar condiciones frías de manera anómala en gran parte del territorio (**Figura 3**). En cuanto a las temperaturas máximas y mínimas medias mensuales, se destacó el predominio de una mayor amplitud térmica a nivel país, evidenciándose en la magnitud de dichos desvíos (**Figuras 4a y 4b**).

**Figura 1. Anomalías de temperatura media anual en Argentina, en °C (1961- 2020).**

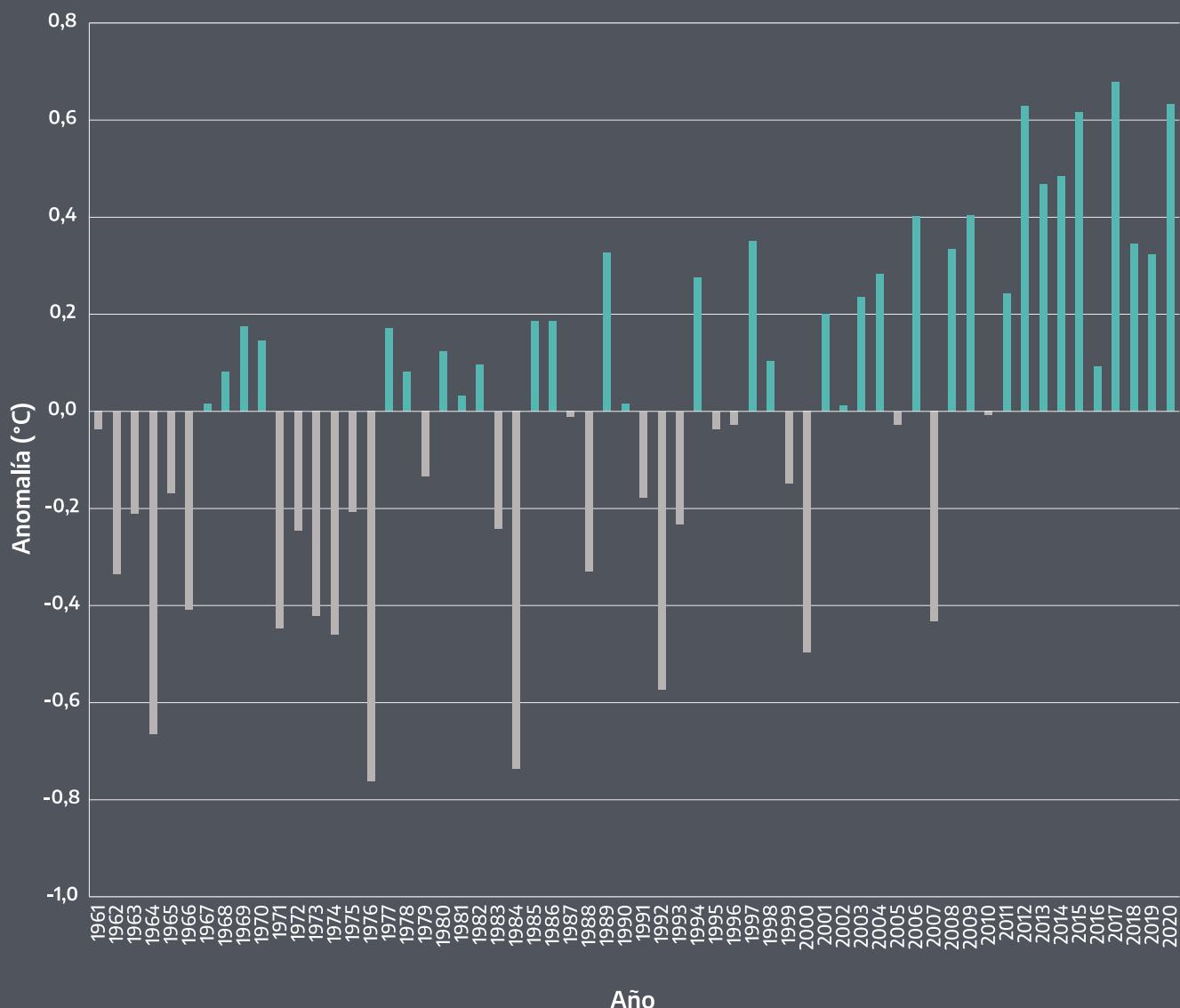
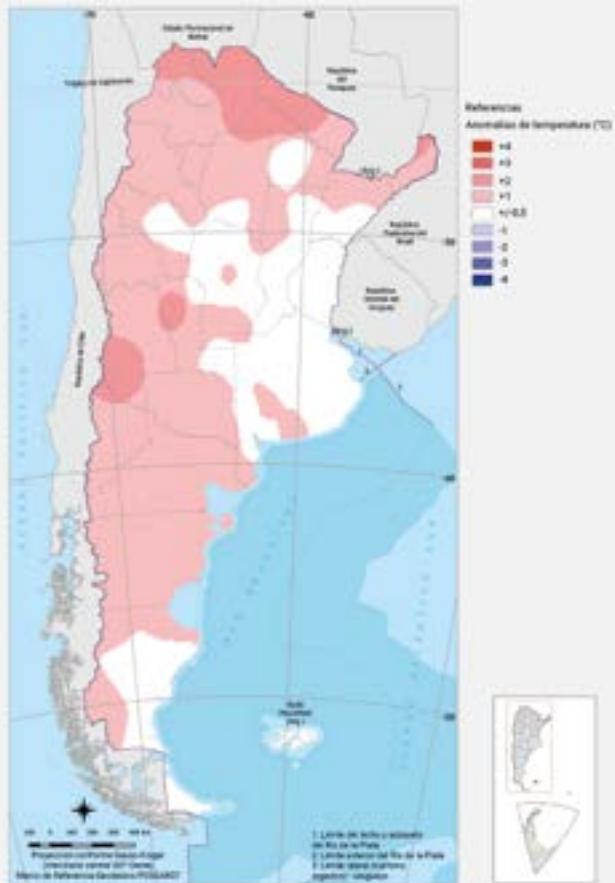


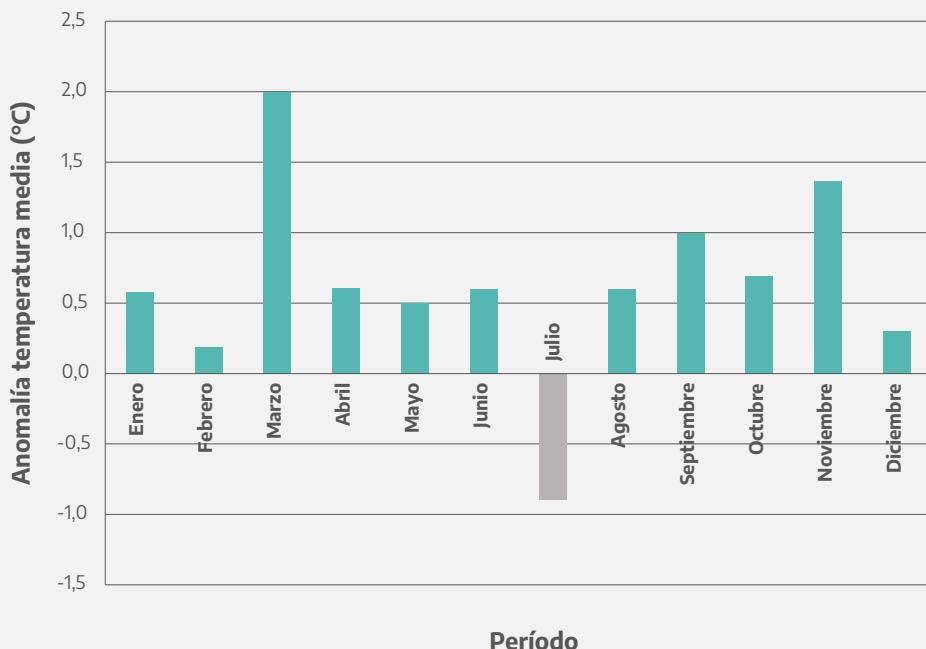
Figura 2. Anomalías de la temperatura media anual en la Argentina, en °C (2020).

República Argentina,  
parte continental americana



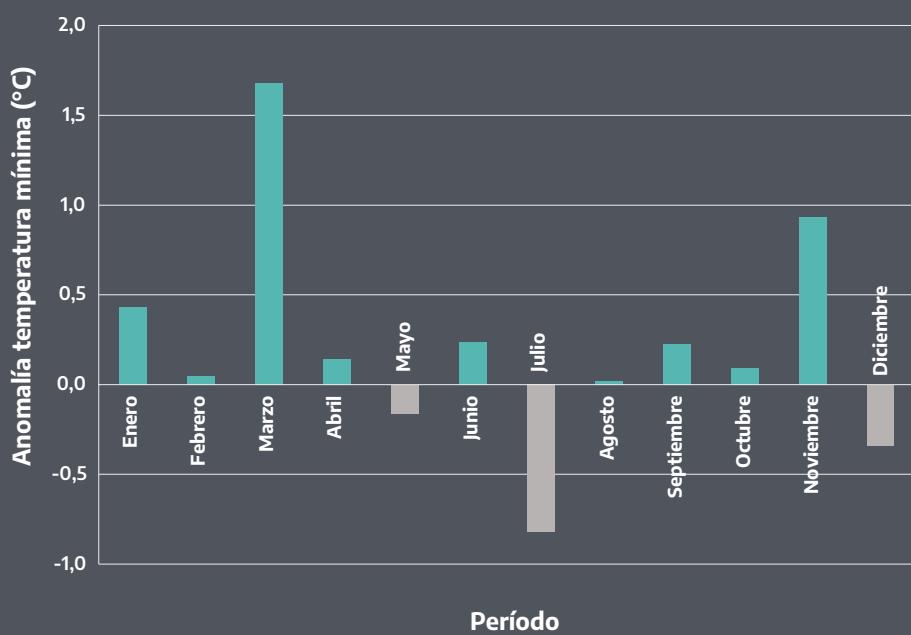
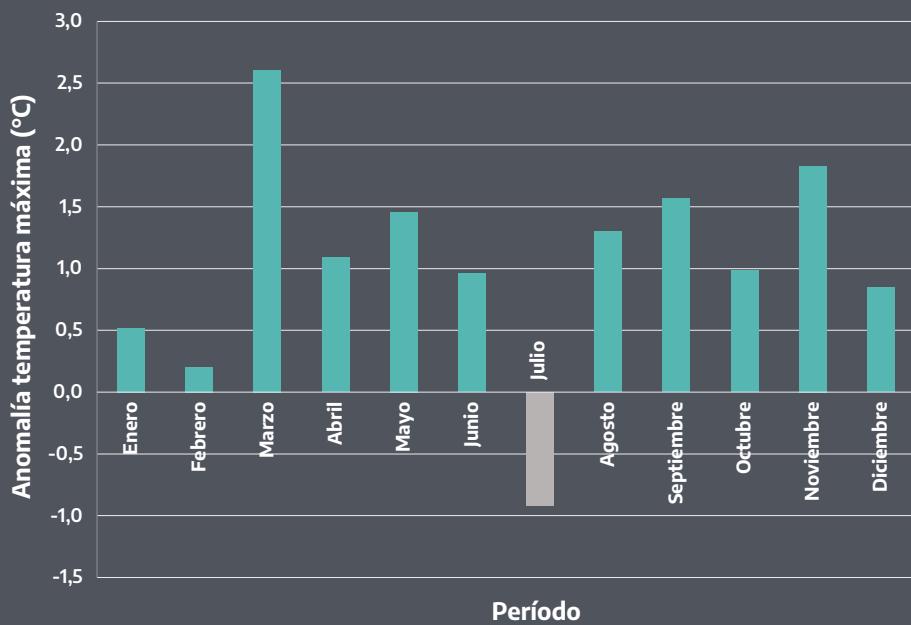
Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, 2021.

Figura 3. Anomalías de temperatura media en Argentina, por mes, en °C (2020).



Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, 2021.

Figuras 4a y 4b. Anomalías de temperatura máxima y mínima media en Argentina, por mes, en °C (2020).

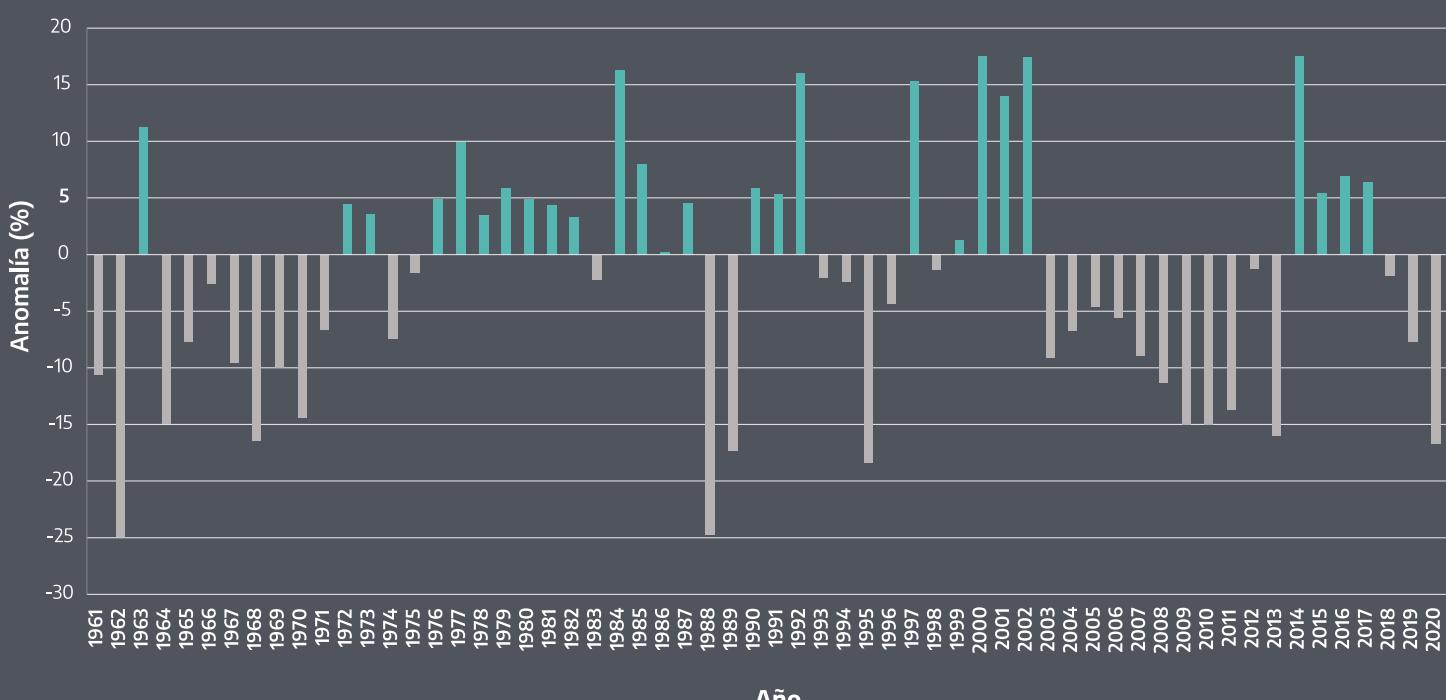


## Precipitaciones en Argentina

De acuerdo a los datos observados entre enero y diciembre de 2020, Argentina registró un año seco con un desvío estimado a nivel país de -16,7 %, ubicando a 2020 como el quinto año más seco de toda la serie y el más seco desde 1995 (**Figura 5**). La mayor parte del territorio, al norte de 35 °S y gran parte de la Patagonia, presentó lluvias inferiores a la normal. Sobre el centro del país y algunas áreas aisladas de la Patagonia, las lluvias acumuladas se ubicaron dentro del rango normal o levemente superiores al mismo (**Figura 6**).

A nivel mensual, hubo un notorio predominio de lluvias por debajo de las normales; solo los meses de enero y julio se caracterizaron por ser algo más lluviosos. A partir del mes de marzo, las condiciones de sequía comenzaron a afectar gran parte de las provincias del centro y norte del país, extendiéndose a lo largo de los meses y caracterizando al 2020 entre los más secos históricamente (**Figura 7**).

**Figura 5. Anomalías de la precipitación anual en Argentina, en porcentajes (1961-2020).**



Nota: los valores presentados registran las anomalías respecto al período de referencia 1981-2010.

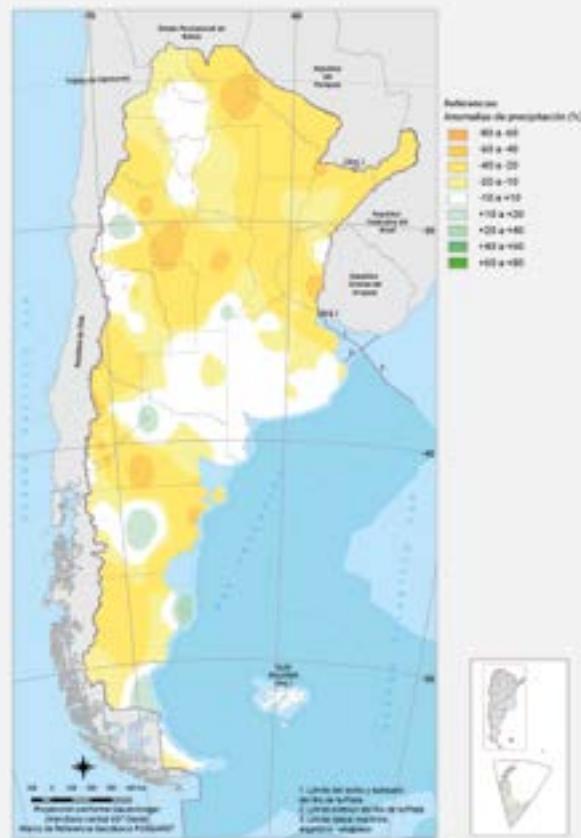
Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, 2021.

**Figura 6. Anomalías de precipitaciones en Argentina, en porcentajes (2020).**

República Argentina,  
parte continental americana

Nota: los valores presentados registran las anomalías respecto al período de referencia 1981-2010.

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, 2021.



**Figura 7. Anomalías mensuales de precipitación en Argentina, en porcentajes (2020).**

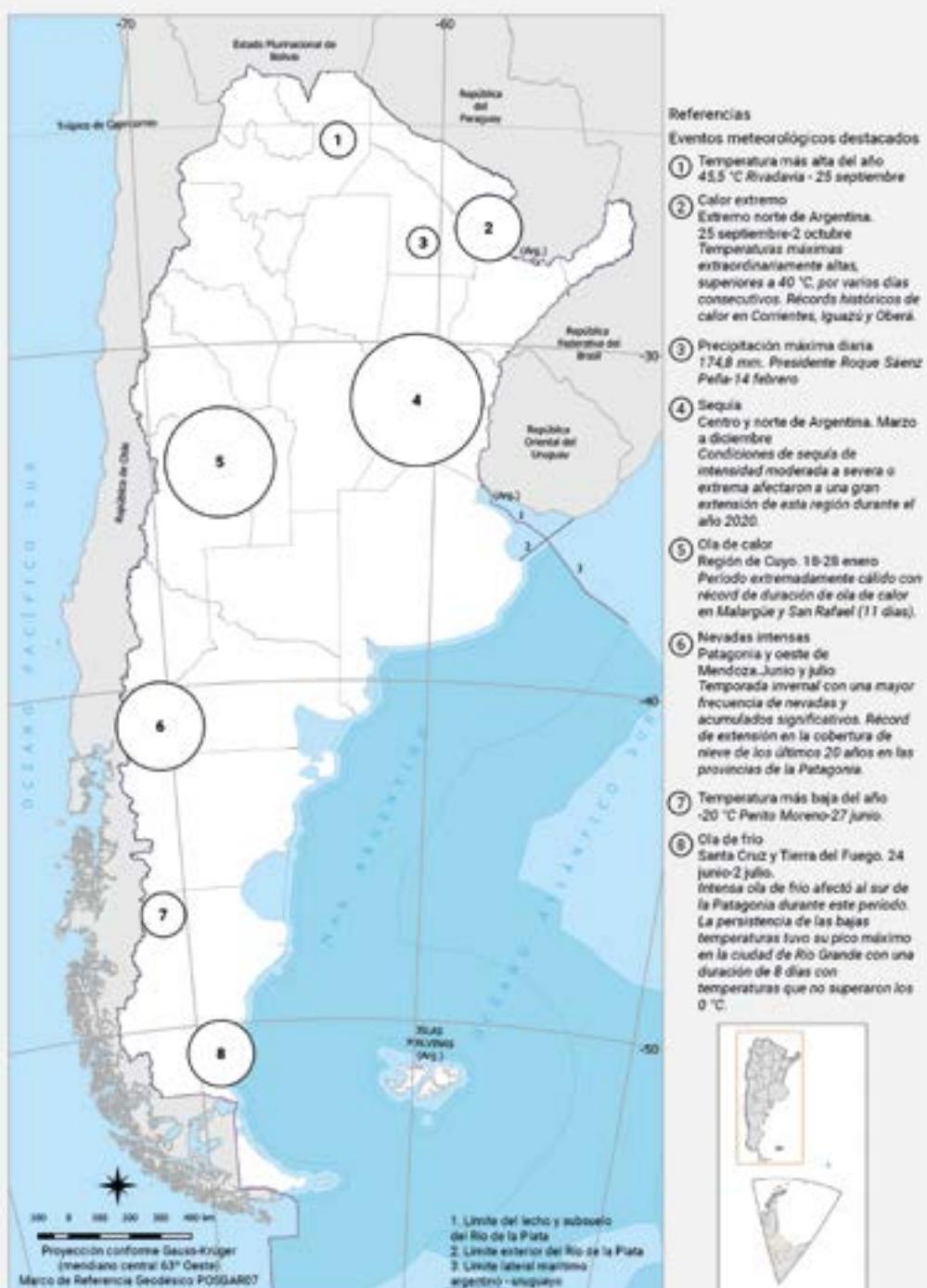


Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, 2021.

Los eventos meteorológicos más destacados del 2020, en esencia, se relacionan con altas temperaturas (ya sea récords u olas de calor), precipitaciones extremas o sequías prolongadas, olas de frío y récord de nevadas (**Figura 8**).

**Figura 8. Resumen de los eventos meteorológicos más destacados en Argentina (2021).**

República Argentina, parte continental americana

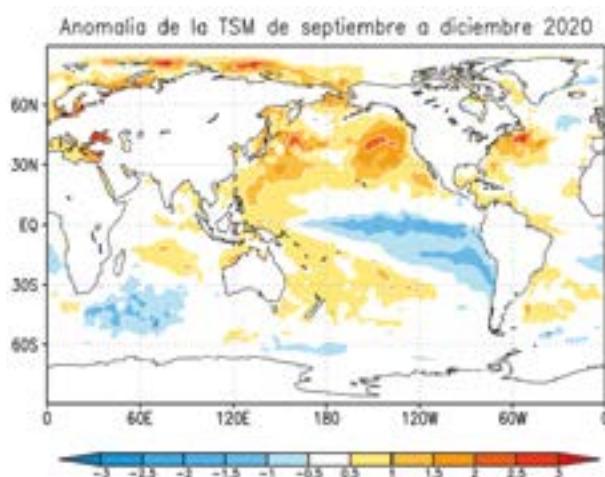


Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, 2021.

## Estado de situación del fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENOS)

El fenómeno ENOS se mantuvo neutral desde el inicio hasta finales del otoño de 2020 cuando la temperatura de la superficie del mar (TSM) en el océano Pacífico ecuatorial comenzó a registrar un enfriamiento, el cual se intensificó durante el invierno y los primeros meses de primavera. La atmósfera comenzó a responder al enfriamiento, acoplándose a finales de agosto y estableciendo una fase fría o La Niña. Al observarse las anomalías de TSM en el cuatrimestre septiembre a diciembre de 2020, se distingue el enfriamiento mencionado entre 170 °E y la costa sudamericana (**Figura 9**).

**Figura 9. Anomalía promedio de temperatura de la superficie del mar (TSM), en °C (septiembre-diciembre 2020).**



Fuente: Servicio Meteorológico Nacional con base en los datos de NOAA/PSL, 2021.

## El impacto de la pandemia de la COVID-19 en CABA

Las medidas de aislamiento social que se impusieron a raíz de la pandemia de la COVID-19 provocaron cambios en el ambiente a nivel global y Argentina no fue la excepción. Por el Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio (ASPO) que el Gobierno nacional aplicó desde marzo, se pudieron percibir cambios registrados a nivel local por las mediciones del SMN.

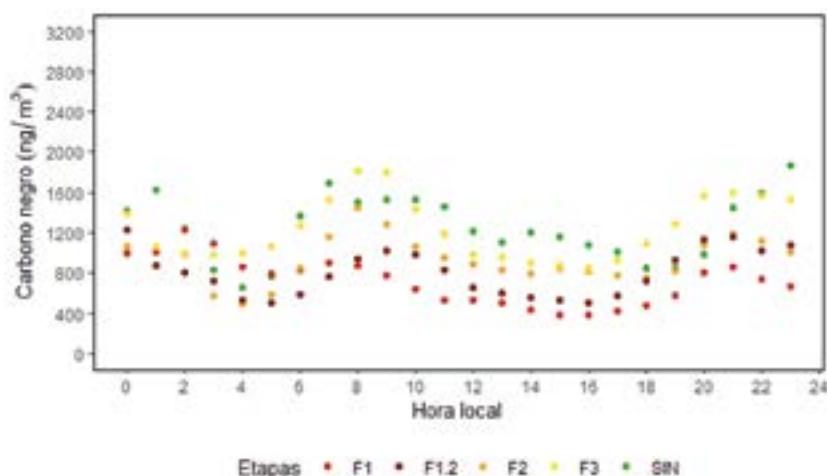
En el Observatorio Central de Buenos Aires (OCBA) se instaló un instrumento que permitió registrar las concentraciones de carbono negro durante los primeros

meses de pandemia. El carbono negro es un aerosol resultante de la combustión incompleta de combustibles fósiles y biomasa. Es conocido como un contaminante que causa efectos en la salud debido a que ingresa fácilmente a las fosas nasales, pudiendo alojarse en los pulmones, provocando padecimientos respiratorios y cardíacos. Este tipo de aerosol es de gran importancia ya que ocasiona un cambio en la atmósfera al afectar sus propiedades ópticas, por lo cual es reconocido como el segundo agente antropogénico más importante para el cambio climático después del CO<sub>2</sub> (Drinovec y otros, 2015). Contribuye al calentamiento global mediante la absorción directa de la luz en todas las longitudes de onda y además reduce el albedo, a través del derretimiento de la nieve cuando se deposita y al interactuar con las nubes (EPA, 2012).

Con el registro de datos fue posible evidenciar la disminución en la concentración de partículas de carbono negro en la Ciudad de Buenos Aires a partir del 20 de marzo, como resultado de la restricción de circulación impuesta por el Gobierno nacional, luego de decretada la pandemia a nivel global. En el promedio diario de las concentraciones se observó una fuerte caída en la primera etapa del aislamiento y, a medida que las restricciones fueron disminuyendo, un aumento progresivo.

Se analizó el promedio de las concentraciones a lo largo de las horas del día, en las diferentes fases de la cuarentena obligatoria (ASPO, del 20 de marzo al

**Figura 10. Promedio de las concentraciones de carbono negro en función de las horas del día en la Ciudad de Buenos Aires, en nanogramos/m<sup>3</sup> (marzo-julio 2020).**



Nota: los puntos verdes representan los valores correspondientes a la etapa sin ASPO. Los puntos rojos, bordó, naranjas y amarillos representan los valores correspondientes a las fases 1, 1.2, 2 y 3 del ASPO respectivamente.

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, 2021.

17 de julio) y cuando no estaba decretada (sin ASPO, del 14 al 19 de marzo) (**Figura 10**). En todas las etapas se observó el ciclo diario de las concentraciones con un máximo en las primeras horas de la mañana y otro durante la noche, asociado a una mayor circulación vehicular.

Durante las primeras semanas de cuarentena (denominada “fase 1” del ASPO), los bajos valores de las concentraciones muestran la mejora de la calidad del aire. También se puso en evidencia la influencia de la acción antropogénica pues, a medida que las restricciones disminuyeron, las concentraciones de carbono negro aumentaron.

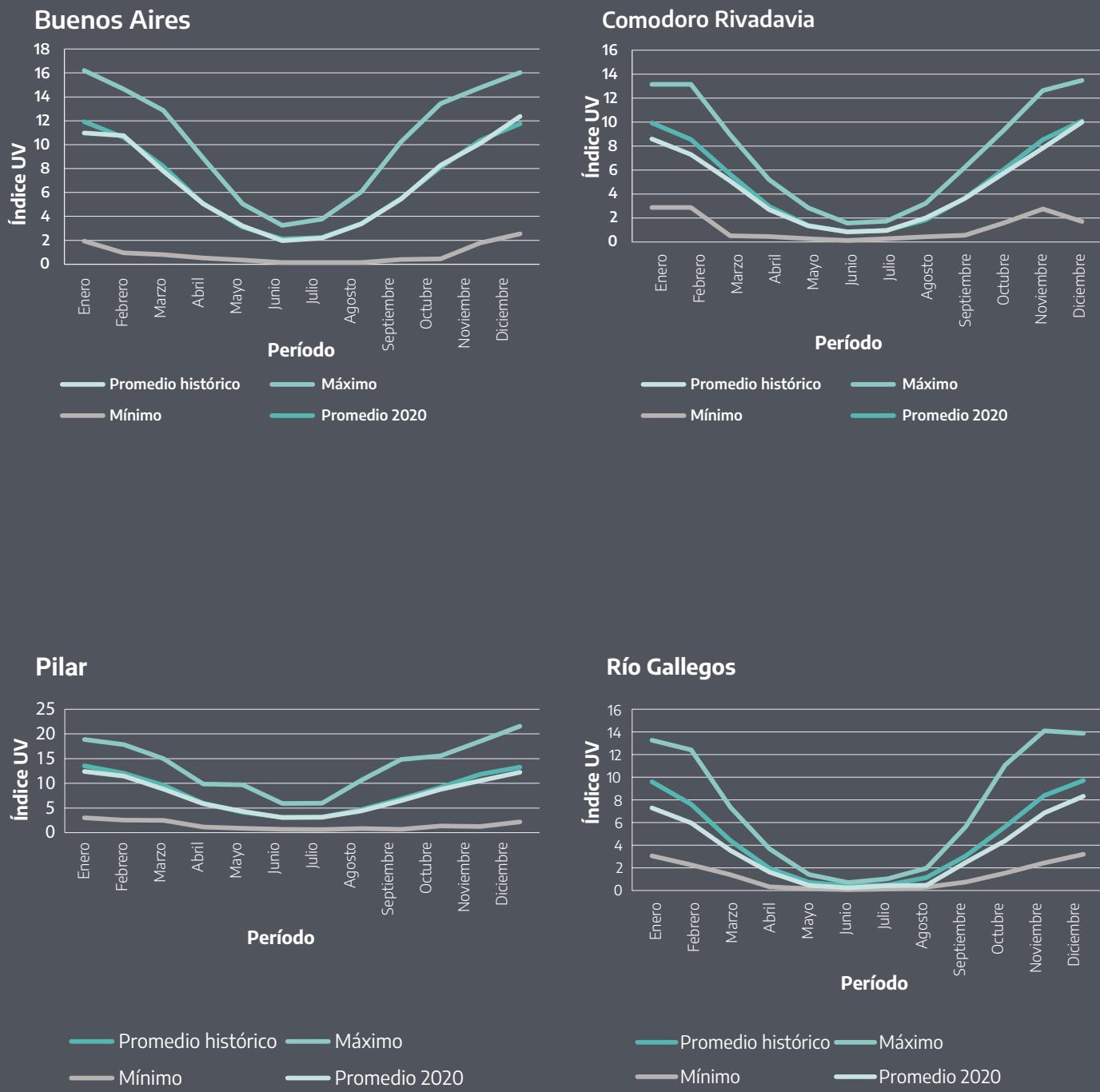
## Radiación solar ultravioleta en Argentina

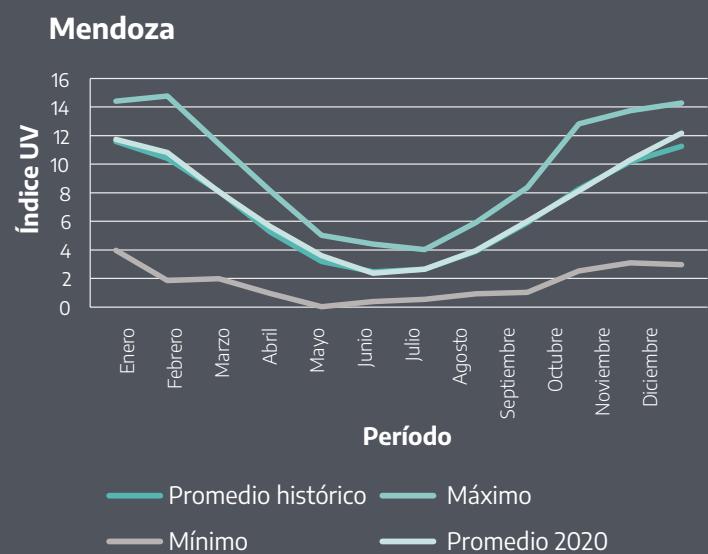
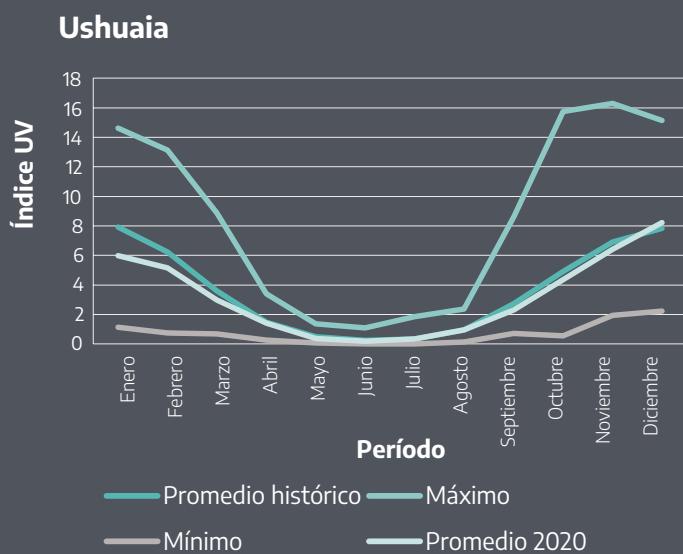
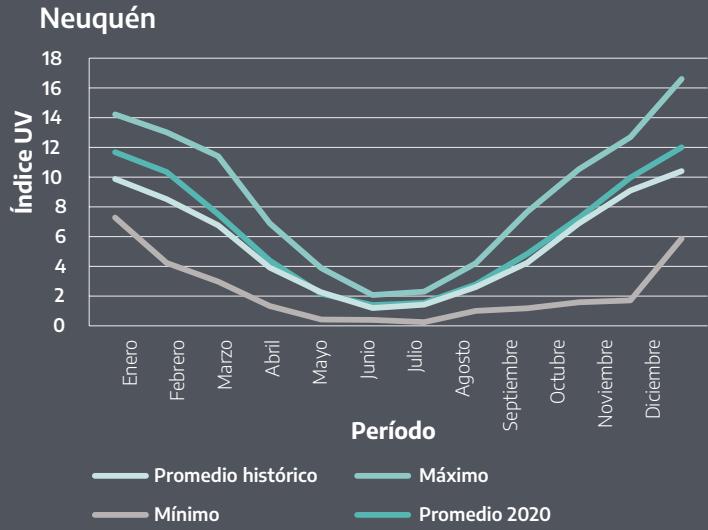
La radiación solar que alcanza la superficie comprende longitudes de onda que pertenecen al espectro de radiación infrarroja, visible y, en menor medida, al de la radiación ultravioleta (UV). Sin embargo, la capacidad de la radiación UV de influir en cuestiones biológicas la vuelve tan importante como las demás. Este tipo de longitudes de onda se encuentra en estrecha relación con el incremento de incidencia de cáncer de piel en la población, y está relacionado de manera directa con la concentración de ozono local.

El índice UV (UV index, o UVI) es utilizado para cuantificar los niveles de radiación solar UV y el riesgo asociado para su difusión a la población. Los niveles de intensidad de radiación UV que alcanzan la superficie dependen de múltiples parámetros como el ozono, la nubosidad, la altura sobre el nivel del mar, la latitud, la época del año, los aerosoles, entre otros. Dada la extensión geográfica del territorio argentino y su variada orografía, es esperable que se presenten distintos valores de intensidad de radiación UV en las diferentes regiones del país.

Los promedios mensuales del índice UV medidos durante 2020, junto con la media, máxima y mínima mensual histórica de cada sitio, permiten detectar anomalías o posibles eventos que se relacionen con algún fenómeno (**Figura 10**). Todos los valores mensuales del 2020 se encuentran relativamente cercanos al promedio histórico mensual, con excepción de Río Gallegos, donde se midieron niveles por debajo del promedio histórico en todos los meses. El comportamiento mensual histórico observado en Marambio es diferente del resto de los sitios. Allí se distingue un pico en los valores máximos en agosto y esto está relacionado con el paso del agujero de ozono por dicho sitio. En Ushuaia se advierte un efecto similar aunque atenuado donde, entre los meses de agosto y octubre, se observa una pendiente más empinada en el aumento del índice UV.

**Figura 11. Promedios mensuales de índice UV máximo diario junto con los valores históricos disponibles de Buenos Aires, Comodoro Rivadavia, Mendoza, Neuquén, Pilar, Río Gallegos, Ushuaia y Base Marambio (Antártida) (2020).**





Nota: los períodos históricos están definidos de modo diferente para cada localidad: Pilar 1995-2003 y 2012-2019; Mendoza 1999-2019; Buenos Aires 1995-2002 y 2005-2019; Neuquén 2016-2019; Comodoro Rivadavia 1997-2001 y 2004-2019; Río Gallegos 2014-2019; Ushuaia 1998-2001, 2004-2006 y 2008-2019; Marambio 1998-2019.

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, 2021.

## La capa de ozono en Argentina

La capa de ozono en la estratosfera actúa como un filtro de la radiación ultravioleta. Su función es vital dado que un ligero aumento de dicha radiación puede afectar de modo negativo en los ecosistemas. La principal causa de la degradación de la capa de ozono se debe a la presencia de sustancias como los clorofluorocarbonos (CFC). La fotodisociación de estos produce una cantidad considerable de átomos de cloro que son responsables de manera directa de la destrucción de ozono en la estratosfera. Hoy en día, el uso de estas sustancias está regulado por el Protocolo de Montreal (UNEP, 2019).

El ozono en la estratosfera no solo absorbe radiación UV, sino también produce un calentamiento debido a la energía que libera durante su fotodisociación, de tal manera que la ausencia de ozono provoca un enfriamiento estratosférico y en consecuencia cambios en la circulación atmosférica que contribuyen al calentamiento de la península Antártica y de la Patagonia. Cabe resaltar que en 2020 se presentó uno de los agujeros de ozono más profundo y persistente registrados desde 1979 (Carbajal, 2020).

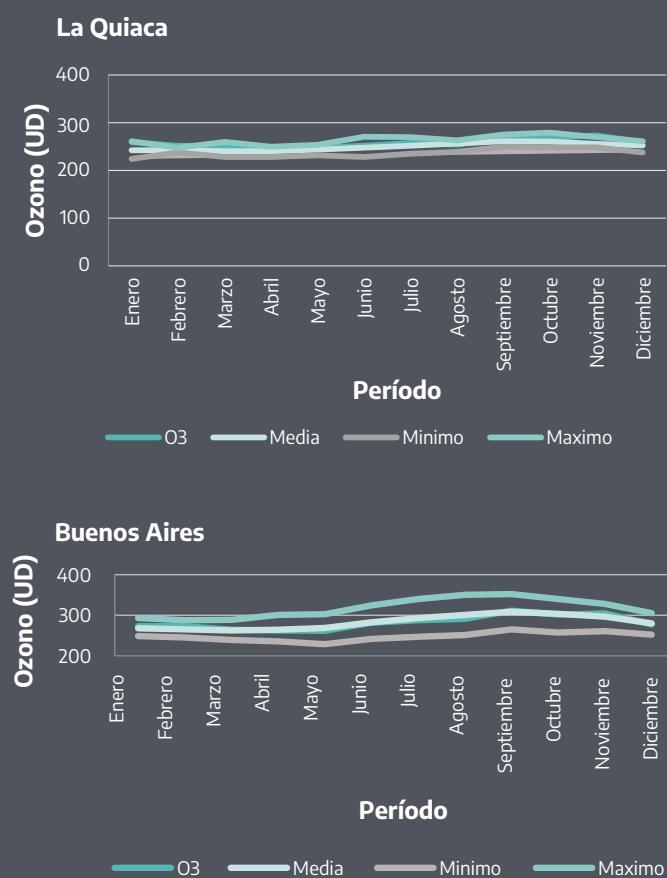
A través de los diferentes observatorios en distintas localidades de Argentina, se pudo registrar la evolución media mensual de ozono total en unidades Dobson (UD) durante 2020 (**Figura 12**). Esos valores se analizaron de modo comparativo con el valor medio mensual histórico y con los máximos y mínimos medios mensuales históricos del período.

- ▶ En La Quiaca, en 2020, a excepción de agosto en todos los meses los valores superaron la media, alcanzando una diferencia máxima de 13 UD en noviembre, inclusive superior a su valor máximo histórico.
- ▶ Para el Observatorio Central Buenos Aires se identificó una oscilación de los valores muy cercanos a la media histórica, con una caída máxima de 10 UD en el mes de agosto.
- ▶ En Comodoro Rivadavia los valores mensuales oscilaron alrededor y muy cercanos a la media.
- ▶ En Ushuaia, en el primer semestre de 2020, los valores oscilaron alrededor y muy cercanos a la media histórica. A partir del mes de julio se observó una gran variabilidad. En este mes, el valor promedio estuvo por debajo del mínimo histórico (con una anomalía de -28 UD). Durante septiembre, por el contrario, se superó el máximo histórico (con una anomalía de 39 UD). Este comportamiento se asocia al agujero de ozono presente en la Antártida, que fue muy profundo y persistente, sobre todo al inicio de la primavera austral.

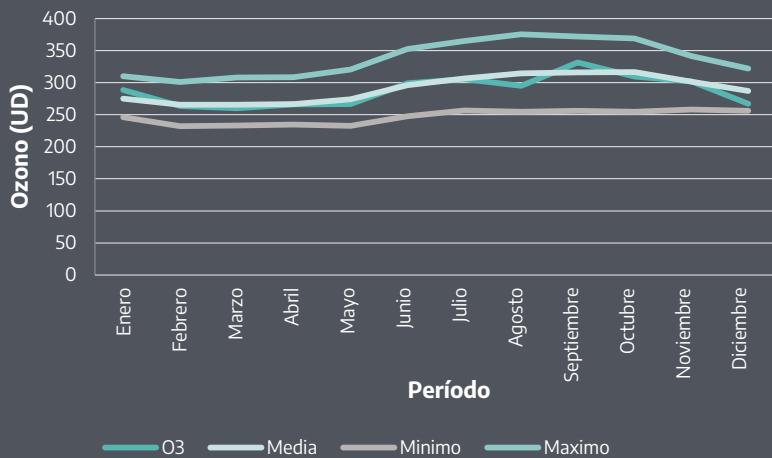
- ▶ Las mediciones de ozono en la estación antártica Marambio no se realizaron debido a que a mediados de abril inicia la noche polar. En este año, las mediciones se iniciaron de manera tardía, a partir de la segunda quincena de septiembre. Posterior a esa fecha, las condiciones meteorológicas tampoco permitieron efectuar una buena cantidad de mediciones. En la mayoría de los casos los valores se ubicaron por encima de la media histórica, alcanzando una máxima diferencia de 20 UD en el mes de noviembre. En el mes de septiembre el promedio mensual fue igual al valor máximo histórico.

Se puede concluir que la península Antártica estuvo pocos días bajo la influencia del agujero de ozono. Sin embargo, cuando este pasó por la estación Marambio, su profundidad fue notoria. Esto se vio reflejado en las mediciones diarias, que casi alcanzaron valores mínimos históricos en octubre y noviembre pero que no afectaron de forma importante los valores medios mensuales.

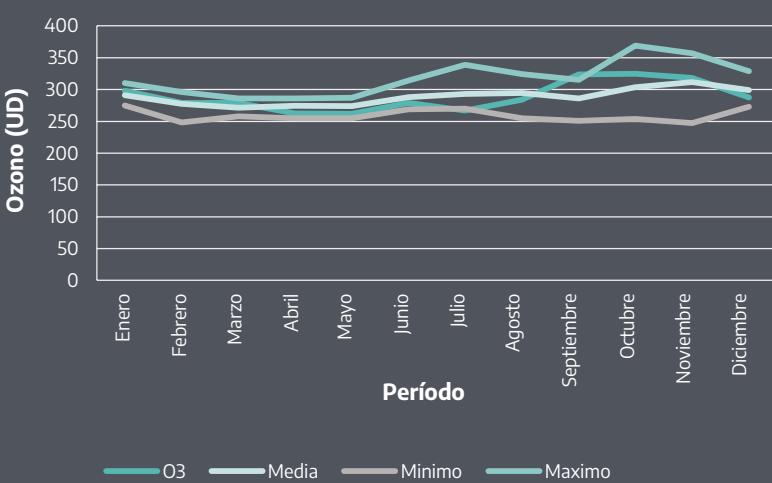
**Figura 12. Evolución media mensual de ozono total (en UD) en diferentes observatorios de Argentina (2020).**



### Comodoro Rivadavia



### Ushuaia



### Marambio



Nota: los datos presentados corresponden a: La Quiaca (2015-2019), CABA (1996-2019), Comodoro Rivadavia (1996-2019), Ushuaia (1994-2019) y Base Marambio (1994-2019).  
Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, 2021.

# Calidad de aire en Argentina

## Introducción

La calidad del aire se vincula a las emisiones de contaminantes que las actividades antrópicas realizan a la atmósfera desde la superficie terrestre. De acuerdo al tipo de compuesto e impacto atmosférico contemplado, se puede clasificar en:

- ▶ **Contaminantes criterio:** incluye al material particulado en suspensión menor a 10 µm (MP10) o a 2,5 µm (MP2,5), ozono troposférico ( $O_3$ ), dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ), dióxido de azufre ( $SO_2$ ), monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles no metánicos (NMCOV) y plomo (Pb), entre otros, ya sean del tipo primarios (resultante de la emisión directa) o secundarios (resultantes de una interacción fisicoquímica posterior). Están de manera directa vinculados con su impacto en la salud pública y circunscriptos a nivel del aire respirable (ya sea exterior o al interior de ambientes cerrados) en la troposfera, incidiendo de manera normal en forma local o regional, inclusive sobre la calidad de otros recursos y los bienes (p. ej., lluvias ácidas).

Estos contaminantes son especialmente ponderados por los coeficientes dosis efecto en la salud, provocando afecciones respiratorias, cardíacas, cerebrovasculares. Vale citar como ejemplo el MP2,5, incluido en 2013 por la Organización Mundial de la Salud (OMS) dentro del Grupo 1 como cancerígeno para humanos<sup>1</sup>, responsable del mayor porcentaje de muertes prematuras anuales proyectadas por la calidad del aire.<sup>2</sup>

- ▶ **Contaminantes que inciden en los mecanismos de autorregulación de la atmósfera y el clima:** son los del tipo global, así como aquellos capaces de afectar la capa de ozono estratosférico o de aumentar la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera y que han ganado relevancia internacional en las últimas décadas, promoviendo la elaboración de estudios, inventarios, mediciones y análisis. Entre estos últimos compuestos están el dióxido de carbono ( $CO_2$ ), el metano ( $CH_4$ ), el óxido nitroso ( $N_2O$ ), los hidrofluorocarbonos (HFC)<sup>3</sup>, los perfluorocarbonos (PFC) y el hexafluoruro

1 Comunicado 221 de la Agencia Especializada del Cáncer de OMS.

2 Fuente: <https://www.stateofglobalair.org/data/#/air/plot>

3 A estos se agregan además los hidroclorofluorocarbonos (HCFC) y los clorofluorocarbonos (CFC), dentro del subgrupo de las "Sustancias que Agotan la Capa de Ozono" (SAO), consideradas en el Protocolo de Montreal (1987).

de azufre ( $SF_6$ ), por sus impactos sobre el ambiente en general y el clima en particular, a escala global<sup>4</sup>. Sus efectos son ponderados por el potencial de calentamiento global relativo a la molécula de  $CO_2$  y constituyen, en la actualidad, uno de los principales problemas mundiales en términos socioambientales. En este sentido, otro compuesto con alto potencial de calentamiento global es el black carbon (BC), formado por parte de carbono elemental que integra el material particulado MP (2200 veces el efecto relativo al  $CO_2$  a 20 años). A pesar de su menor persistencia (o de vida corta) en el aire por su paulatina degradación en la atmósfera, es considerado de importancia estratégica dado que por formar parte de uno de los contaminantes criterio de mayor coeficiente dosis efecto en la salud (MP2,5), su mitigación permite lograr un doble efecto sobre la salud y el cambio climático.

Si bien hoy en día en el país no se dispone de la infraestructura necesaria para establecer una red de monitoreo continuo de estos parámetros de calidad de aire a nivel nacional, lo cierto es que hay algunas iniciativas a escala regional o local que permiten tener conocimiento acerca de algunos puntos críticos, por lo general relacionados con la instalación de industrias específicas.

## Estándares de referencia de calidad de aire

### Estándares internacionales

La Organización Mundial de la Salud estableció los estándares de referencia de calidad de aire para los diferentes parámetros nocivos para la salud (**Tabla 1**).

Cada país establece normas de calidad de aire para proteger la salud humana que varían según las posibilidades tecnológicas, los aspectos económicos y otros factores políticos y sociales que dependen del nivel de desarrollo y la capacidad nacional para la gestión de la calidad del aire.

También suelen tomarse como referencia los estándares definidos por:

- ▶ Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, por su sigla en inglés);
- ▶ Normas Nacionales de Calidad de Aire Ambiental (NAAQS, por su sigla en inglés);
- ▶ Guías de Calidad de Aire de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

4. Al aumentar la concentración de los GEI en la atmósfera se produce un incremento del efecto invernadero natural, provocando un calentamiento de la superficie terrestre y de la atmósfera, teniendo una participación importante en el fenómeno del cambio climático.

**Tabla 1. Umbrales de referencia establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la medición de la contaminación a partir de la emisión de diversas sustancias a la atmósfera (2005).**

Parámetro	Tiempo promediado	Valores	Unidades
Material particulado menor a 10 micrones (PM10)	1 año	20	µg/m <sup>3</sup>
	24 horas	50	µg/m <sup>3</sup>
Material particulado menor a 2,5 micrones (PM2,5)	1 año	10	µg/m <sup>3</sup>
	24 horas	25	µg/m <sup>3</sup>
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	24 horas	20	µg/m <sup>3</sup>
	10 minutos	500	µg/m <sup>3</sup>
Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	1 año	40	µg/m <sup>3</sup>
	1 hora	200	µg/m <sup>3</sup>
Ozono (O <sub>3</sub> )	8 horas	100	µg/m <sup>3</sup>

Fuente: OMS, 2005.

## Estándares en Argentina

La primera instancia de regulación de la calidad del aire fue la Ley 20.284 de Contaminación Atmosférica (sancionada en 1973, no reglamentada), que regula todas aquellas fuentes capaces de producir contaminación atmosférica, ubicadas en jurisdicción federal y provincial (en provincias adherentes). Esta ley establece los tipos de contaminantes, las concentraciones permitidas al ser liberados y las alertas y situaciones de emergencia ante emisiones con altas concentraciones.

La norma establece los métodos de muestreo y análisis a aplicar, así como los estándares (**Tabla 2**) para seis contaminantes:

- ▶ monóxido de carbono (CO)
- ▶ óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)
- ▶ dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)
- ▶ ozono (O<sub>3</sub>)
- ▶ material particulado (PM) en suspensión y sedimentable

**Tabla 2. Umbrales de referencia establecidos por la Ley 20.284 para la medición de la contaminación a partir de la emisión de diversas sustancias a la atmósfera (1973).**

Contaminantes	Norma de calidad de aire	Nivel de situación										
		Alerta			Alarma			Emergencia				
	Tiempo	Valor	Unidad	Tiempo	Valor	Unidad	Tiempo	Valor	Unidad	Tiempo	Valor	
CO	8 h	10	ppm	8 h	15	ppm	8 h	30	ppm	8 h	50	ppm
	1 h	50	ppm	1 h	100	ppm	1 h	120	ppm	1 h	150	ppm
NO	1 h	0,45	ppm	1 h	0,6	ppm	1 h	1,2	ppm	24 h	0,4	ppm
	24 h	0,15	ppm	24 h	0,3	ppm						
SO <sub>2</sub>	prom. mensual	0,03	ppm	1 h	1	ppm	1 h	5	ppm	1 h	10	ppm
				8 h	0,3	ppm						
O <sub>3</sub>	1 h	0,1	ppm	1 h	0,15	ppm	1 h	0,25	ppm	1 h	0,4	ppm
Partículas en suspensión	prom. mensual	150	µg/m <sup>3</sup>	No aplicable			No aplicable			No aplicable		
Partículas sedim.	30 días	1	mg/cm <sup>2</sup>	30 días	1	mg/cm <sup>2</sup>	30 días	1	mg/cm <sup>2</sup>	30 días	1	mg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Ley 20.284 de Contaminación Atmosférica (1973).

## Calidad de aire en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA)

En CABA se monitorea la calidad del aire a través de los siguientes contaminantes atmosféricos:

- ▶ **Monóxido de carbono (CO)**, medido en partes por millón (ppm), promedio 24 horas, promedio 8 horas y promedio horario correspondiente a los 60 minutos anteriores.
- ▶ **Óxidos de nitrógeno (NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>)**, medidos en partes por miles de millones de partes en volumen de aire ambiente (ppb), promedio 24 horas, promedio 8 horas y promedio horario correspondiente a los 60 minutos anteriores.
- ▶ **Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)**, medido en ppb, promedio 24 horas, promedio 8 horas y promedio horario correspondiente a los 60 minutos anteriores.
- ▶ **Material particulado respirable menor a 10 micrones (PM10)**, en µg/m<sup>3</sup>, microgramo por metro cúbico, promedio móvil 24 horas y promedio 24 horas anteriores.

Estos parámetros se miden en las estaciones que se detallan en la **Tabla 3**.

**Tabla 3. Estaciones de monitoreo de calidad de aire en la CABA (2020).**

Estación	Dirección	Características	Fecha de inicio de mediciones	Parámetros
La Boca	Av. Brasil 100	Zona mixta con flujo vehicular medio-bajo e incidencia de fuentes fijas. Emplazada dentro del área de incidencia de la Cuenca Matanza- Riachuelo.	01/05/2009	CO, NO, NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , PM10
Parque Centenario	Ramos Mejía 800	Área residencial-comercial con flujo vehicular medio y muy escasa incidencia de fuentes fijas. Próxima a un espacio arbóreo ubicado en el centro geográfico.	01/01/2005	CO, NO, NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , PM10
Av. Córdoba	Av. Córdoba y Rodríguez Peña	Área residencial-comercial con flujo vehicular alto y muy escasa incidencia de fuentes fijas. Representativa de un conjunto de zonas de similares características.	01/05/2009	CO, NO, NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , PM10

Fuente: Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2021.

La información registrada en estas estaciones se encuentra disponible en el sitio web de datos abiertos ambientales de la Ciudad de Buenos Aires<sup>5</sup>. A modo de ejemplo, se presentan los datos para monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y material particulado (PM10) para la estación La Boca, Av. Córdoba y estación Centenario, para períodos correspondientes a los años 2019 y 2020 (**Figuras 13 y 14**).

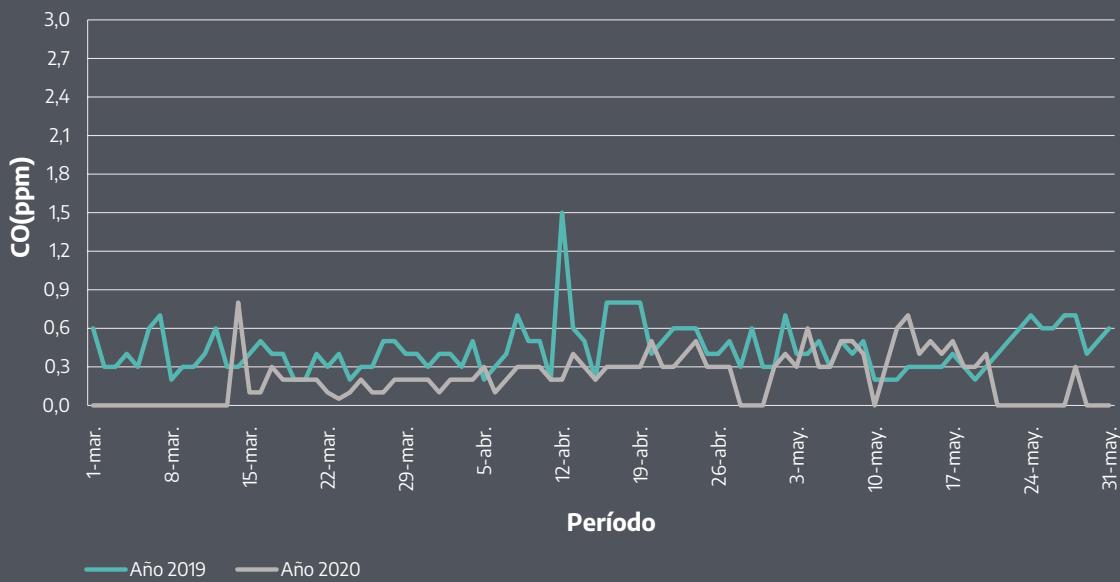
Se analizan principalmente los efectos en la calidad del aire durante el periodo de Aislamiento Social, Preventivo y Obligatorio (ASPO) decretado a partir del 20 de marzo del 2020 por la pandemia de la COVID-19.

Se observa desde el inicio de la cuarentena a partir del 20 de marzo de 2020, una disminución de los valores promedio de CO en el periodo diurno de 8 a 16 h en la estación La Boca para el período de 2020, en relación a la línea punteada correspondiente al periodo de 2019.

Los valores de CO promedio 24 h correspondientes al periodo de 2020 también presentan una disminución en relación a los valores de 2019.

5 Información disponible en: <https://data.buenosaires.gob.ar/dataset/calidad-aire> (consultado en julio de 2021).

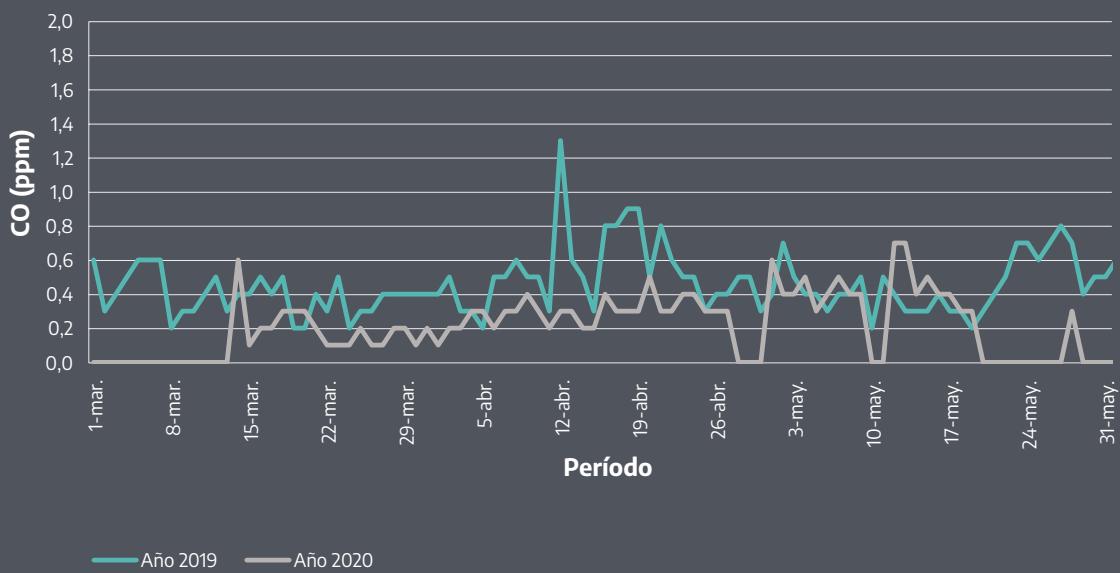
**Figura 13. Monóxido de carbono (CO) promedio 8 h (horario 8 a 16), en la estación La Boca de la ciudad de Buenos Aires, marzo a mayo (2019 y 2020).**



Nota: valor límite admisible: 9 ppm en 8 h (Ley 1.356-GCBA/NAAQS-EPA).

Fuente: Agencia de Protección Ambiental, GCBA, 2020.

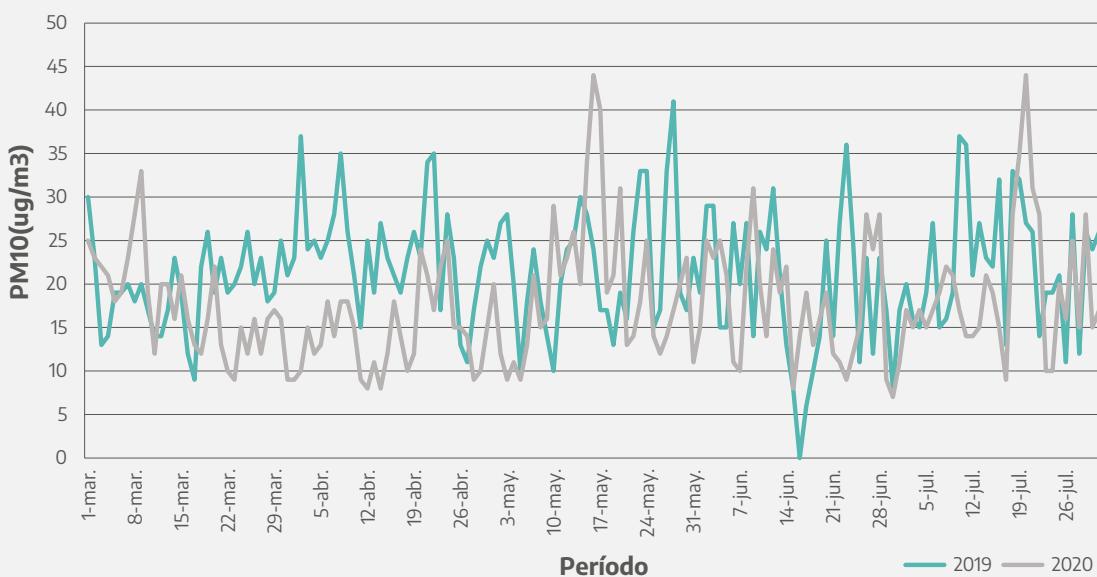
**Figura 14. Monóxido de carbono (CO) promedio 24 h en la estación Av. Córdoba de la Ciudad de Buenos Aires, marzo a mayo (2019 y 2020).**



Fuente: Agencia de Protección Ambiental, GCBA, 2020.

Las concentraciones de CO alcanzaron un valor promedio de 0,3 ppm para el año 2020, 0,15 ppm menos que las concentraciones informadas para el mismo periodo 2019. El máximo alcanzado en la estación La Boca se produjo durante el mes de mayo de 2020.

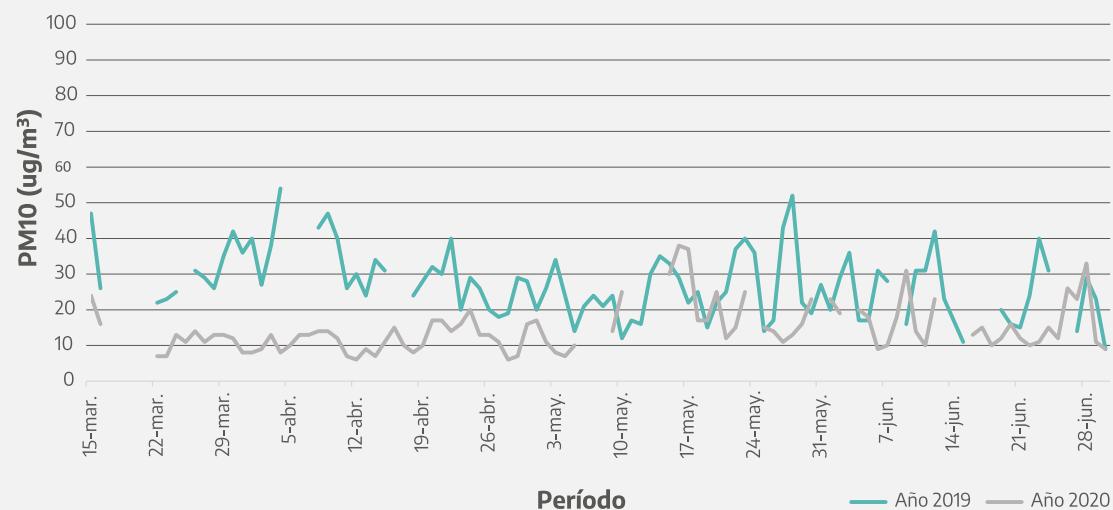
**Figura 15. Material particulado (PM10) promedio 24 h en la estación Parque Centenario de la ciudad de Buenos Aires, periodo marzo a julio (2019 y 2020).**



Nota: valor límite admisible: 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 24 h (Ley 1.356-GCBA/NAAQS-EPA)

Fuente: Agencia de Protección Ambiental, GCBA, 2020.

**Figura 16. Material particulado (PM10) promedio 24 h en la estación Av. Córdoba de la Ciudad de Buenos Aires, periodo marzo a julio (2019 y 2020).**



Nota: valor límite admisible: 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 24 h (Ley 1.356-GCBA/NAAQS-EPA).

Fuente: Agencia de Protección Ambiental, GCBA, 2020.

Con respecto al material particulado, el periodo correspondiente al 2020 presenta una disminución de los valores de PM10 (promedio 24 h) a partir de la cuarentena en la última semana de marzo de 2020, en relación a los valores correspondientes al periodo de 2019, tanto en la estación Parque Centenario como en la estación Av. Córdoba.

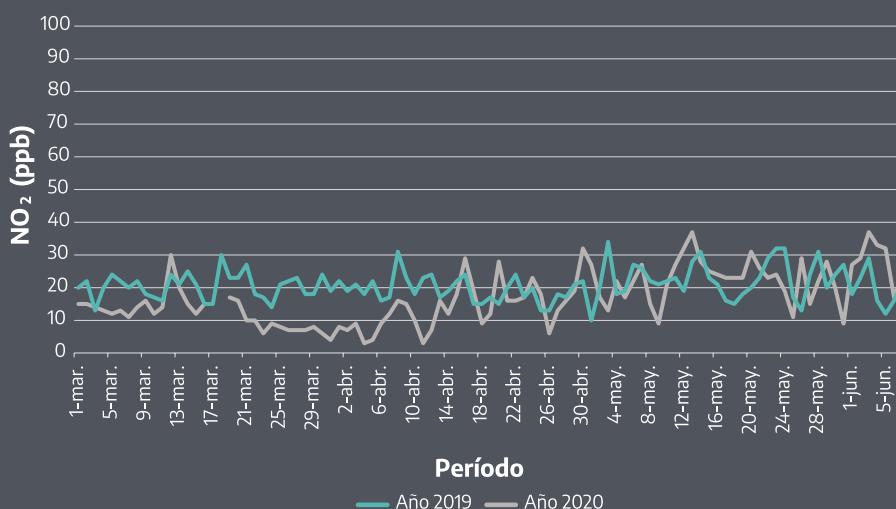
En la **Figura 17** se grafican los datos correspondientes al NO<sub>2</sub>, promedio 24 h, de la estación en Av. Córdoba, para 2019 y 2020, desde marzo hasta junio. Para 2020 se observa a partir del inicio de la cuarentena (20 de marzo) hasta el 14 de abril, una disminución en los valores promedio de NO<sub>2</sub> en relación al 2019.

## Calidad de aire en la Cuenca Matanza-Riachuelo (provincia de Buenos Aires y CABA)

### Introducción

La Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR) realiza las mediciones de calidad de aire establecidas por el Plan Integral de Saneamiento Ambiental (PISA), tomando en consideración cinco parámetros: monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), ozono (O<sub>3</sub>) y material particulado

**Figura 17. Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) promedio 24 h en la estación Av. Córdoba de la Ciudad de Buenos Aires, periodo marzo a junio (2019 y 2020).**



en suspensión (PM10). Los resultados obtenidos permiten determinar si la calidad del aire se encuentra apta para la población, la cual puede ser alterada tanto por la actividad humana como por eventos del medio natural.

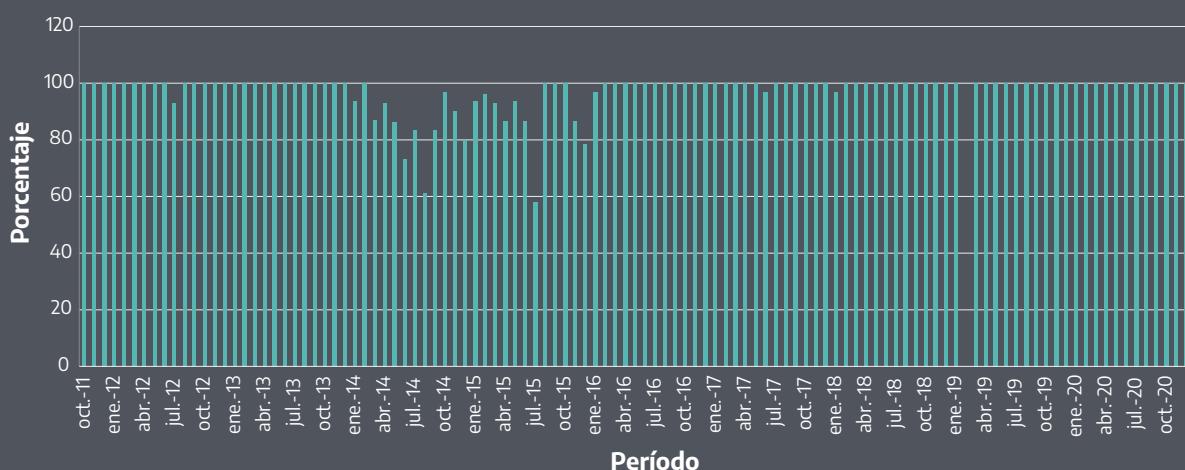
La **Figura 18** muestra la serie histórica con base en 2011, demostrando que hasta 2020 la calidad del aire de la CMR fue adecuada para la población y no reviste efectos nocivos para la salud (ACUMAR, 2020<sup>6</sup>).

## Calidad del aire según el monitoreo continuo y automático en 2020

Como parte del PISA, en la Cuenca Matanza-Riachuelo se implementa desde hace años un programa de monitoreo continuo y automático que reporta datos de calidad de aire en las estaciones ubicadas en la cuenca. Según el Informe de la Dirección General Ambiental (de la Coordinación de Calidad Ambiental), en lo que respecta al control continuo y automático de calidad de aire para los trimestres diciembre 2019- febrero 2020, marzo-mayo 2020,

6 Disponible en: <https://www.acumar.gob.ar/indicadores/cumplimiento-calidad-aire/> (consultado en julio de 2021).

**Figura 18. Cumplimiento de los estándares de calidad de aire en la cuenca Matanza-Riachuelo (provincia de Buenos Aires y CABA), en porcentajes (2011- 2020).**



junio-agosto y septiembre-noviembre de 2020, se continuó con la medición de diversos contaminantes atmosféricos en forma continua y automática<sup>7</sup> en las siguientes estaciones:

- ▶ Estación de monitoreo continuo ubicada en Dock Sud (EMC I): allí se monitorean los siguientes contaminantes: monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), sulfuro de hidrógeno (SH<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>), ozono (O<sub>3</sub>), material particulado inferior a 10 µm (PM10), material particulado inferior a 2,5 µm (PM2,5), hidrocarburos totales (HCT), hidrocarburos en base metano (HCM), hidrocarburos en base no metano (HCNM), benceno (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), tolueno (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>CH<sub>3</sub>), etilbenceno (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>) y xilenos (C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>).
- ▶ Estación de monitoreo continuo II (EMC II) en el predio de Aerofarma Laboratorios SACI: allí se monitorean los siguientes contaminantes: monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), sulfuro de hidrógeno (SH<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>), material particulado inferior a 10 µm (PM10), material particulado inferior a 2,5 µm (PM2,5). En paralelo se midieron variables meteorológicas.
- ▶ Estación de monitoreo continuo y automático en La Boca: esta estación se ubica en CABA, es operada por APrA y monitorea los siguientes contaminantes: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>) y material particulado inferior a 10 µm (PM10), además de variables meteorológicas.<sup>8</sup>

Las mediciones se realizaron durante el periodo de Aislamiento Social, Preventivo y Obligatorio (ASPO) decretado a partir del 20 de marzo del 2020. Esta situación redujo los desplazamientos de los ciudadanos y la actividad industrial y, como consecuencia, disminuyeron los niveles de contaminación atmosférica, principalmente de los óxidos de nitrógeno, material particulado, dióxido de azufre y monóxido de carbono, entre otros.

---

7. Toda la base de datos histórica e información en tiempo real de calidad de aire se encuentra disponible en el sitio web de calidad de aire de ACUMAR. Allí se encuentran datos sobre la descripción de las campañas de monitoreo y ubicación de los sitios de monitoreo; gráficos y Tablas históricos elaborados con datos por estación y por contaminante; la base de datos histórica (actualizada a la fecha) de los contaminantes y variables meteorológicas que se miden a la fecha en las estaciones de monitoreo continuo y automático; valores de concentración de contaminantes en tiempo real; y datos meteorológicos en tiempo real. Disponible en: <http://jmb.acumar.gov.ar/calidad/programa.php>

8. Asimismo, APrA realiza monitoreos manuales de: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>), material particulado sedimentable (P.S.) y benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos (BTEX discriminados) en: Puente La Noria, Puente Uriberu y desembocadura Riachuelo en destacamento de Prefectura La Boca.

**Tabla 4. Estándares de calidad de aire para los parámetros considerados en el monitoreo continuo de contaminantes en la Cuenca Matanza-Riachuelo (provincia de Buenos Aires y CABA) (2020).**

Parámetros	Tiempo de promedio	Estándar (ug/m <sup>3</sup> )	Estándar (ppb)	Carácter de estándar
Monóxido de carbono	1 hora (1)	40.000	35.000	Primario
	8 horas (3)	10.000	9.000	Primario
Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	1 hora (1)	376	200	Primario y secundario
	1 año (5)	100	53	Primario y secundario
	Promedio aritmético			
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	3 horas (2)	1.309	500	Secundario
	24 horas (4)	367	140	Primario
	1 año (5)	79	30	Primario
	Promedio aritmético			
Ozono (O <sub>3</sub> )	1 hora (1)	236	120	Primario y secundario
	8 horas (3)	157	80	Primario y secundario
Plomo (Pb)	3 meses			
	Promedio aritmético	1,5	-	Primario y secundario
Material particulado en suspensión (PM10)	24 horas (4)	150	-	Primario
	1 año (5)	50	-	Primario y secundario
	Promedio aritmético			
Benceno	(6)	(6)	(6)	Primario
Partículas sedimentables (flujo másico vertical)	1 mes	1 mg/cm <sup>2</sup>	-	Primario

## Referencias

ppm: partes por millón

ug/m<sup>3</sup>: microgramos por metro cúbico

Los estándares están expresados en CNPT.

(1) Para cumplimentar este estándar, el valor de la concentración horaria correspondiente al percentil 98 de las concentraciones horarias de tres años consecutivos en cada monitor no debe exceder el estándar.

(2) El valor (tiempo promedio: 3 horas) debe ser interpretado como valor medio temporal correspondiente a períodos de 3 horas consecutivas: por ejemplo, entre 01-03 horas, 04-06 horas, 07-09 horas, 10-12 horas, etc.

Para cumplimentar este estándar, el valor de la concentración media (tiempo de promedio: 3 horas) correspondiente al percentil 98 de las concentraciones medias (tiempo de promedio: 3 horas) de tres años consecutivos en cada monitor no debe exceder el estándar.

(3) El valor (tiempo promedio: 8 horas) debe ser interpretado como valor medio temporal (promedio móvil) de períodos de 8 horas superpuestos: por ejemplo, entre 01-09 horas, 02-10 horas, 03-10 horas, 04-11 horas, etc.

Para cumplimentar este estándar, el valor de la concentración media (tiempo de promedio: 8 horas) correspondiente al percentil 98 de las concentraciones medias (tiempo de promedio: 8 horas) de tres años consecutivos en cada monitor no debe exceder el estándar.

(4) El valor (tiempo promedio: 24 horas) debe ser interpretado como valor medio temporal correspondiente a períodos de 24 horas consecutivos.

Para cumplimentar este estándar, el valor de la concentración media (tiempo de promedio: 24 horas) correspondiente al percentil 98 de las concentraciones medias (tiempo de promedio: 24 horas) de tres años consecutivos en cada monitor no debe exceder el estándar.

(5) Para cumplimentar este estándar, el promedio de las medias aritméticas anuales de las concentraciones de este contaminante en aire de tres años consecutivos en cada muestreador no debe exceder el estándar respectivo.

(6) En el marco de la Comisión Interjurisdiccional artículo 5º, inc. "a" de la Ley 26.168 será oportunamente definido el valor correspondiente dentro del plazo de dos (2) años.

Fuente: ACUMAR, 2019.

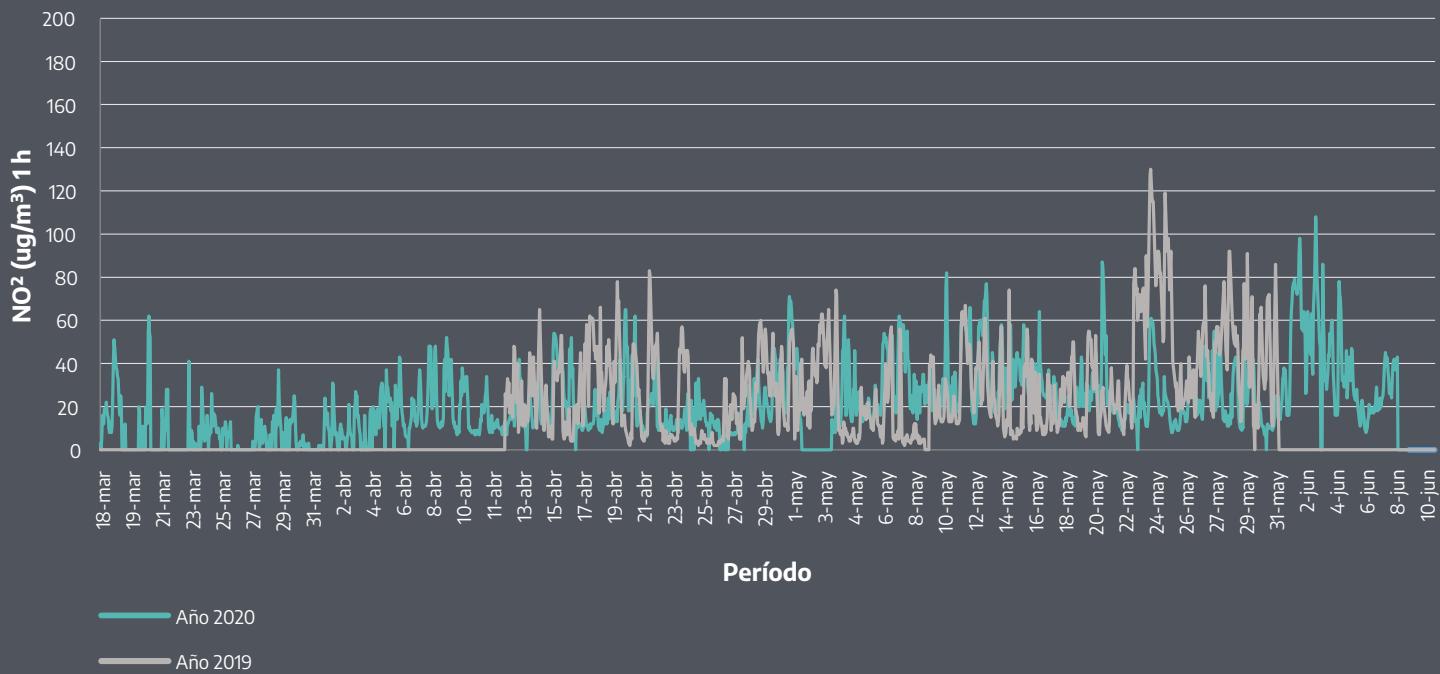
Nota: Resolución ACUMAR n.º 02/07 de calidad de aire.

Según los informes trimestrales de los períodos marzo-mayo, junio-agosto y septiembre-noviembre de 2020 sobre el estado de la calidad del aire de la cuenca con base en el monitoreo continuo de contaminantes, y teniendo en cuenta los estándares adoptados (Resolución ACUMAR 02/07, que se detalla en la Tabla 4) las estaciones no han registrado excedencias para los siguientes parámetros en los períodos de tiempo normados detallados a continuación: monóxido de carbono (1 y 8 h), dióxido de nitrógeno (1 h), ozono (1 y 8 h), dióxido de azufre (3 y 24 h) y material particulado PM10 (24 h) (**Tabla 5**).

**Tabla 5. Análisis de tendencias y variabilidad horaria de parámetros medidos en las estaciones de monitoreo continuo (en los trimestres marzo-mayo, junio-agosto y septiembre-noviembre 2020).**

Parámetro	Tendencias		
	Marzo-mayo 2020	Junio-agosto 2020	Septiembre-noviembre 2020
Monóxido de carbono (CO)	Se observaron los mayores valores en la estación La Boca y se detectan en las primeras horas de mañana y por la tarde/noche.	Los máximos valores observaron en Dock Sud (EMC I) entre fines de julio y los primeros días de agosto. Los valores más elevados se detectan en las primeras horas de mañana y por la noche, comportamiento asociado al impacto por fuentes móviles.	Los mayores valores se registraron en la EMC II en noviembre. En la EMC I los valores de concentración más elevados se detectaron en las primeras horas de mañana y por la noche, asociado al impacto por fuentes móviles.
Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	Se observaron curvas similares en todas las estaciones, con dos picos, uno durante la mañana entre las 5 y las 10 h y otro por la noche entre las 19 y 23 h, asociado a fuentes móviles.	Los mayores valores se registraron en Dock Sud. En todas las estaciones se observaron curvas similares, donde se destacan dos picos: uno durante la mañana, entre las 6 y las 11 h y otro por la noche, entre las 19 y las 00 h.	Los mayores valores se registraron en La Boca. En todas las estaciones se observan curvas similares, donde se destacaron dos picos: uno durante la mañana, entre las 6 y las 11 h y otro por la noche, entre las 19 y las 00 h.
Ozono (O <sub>3</sub> )	Se registraron valores similares a lo largo del período, aunque en mayo se observa un comportamiento más inestable, con picos más pronunciados.	Se observaron mayores valores durante el mes de agosto.	Se observaron valores medios de concentración más elevados durante los meses de octubre y noviembre.
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	En Dock Sud se registraron valores pico elevados en horas de la noche en mayo, mientras que en La Matanza los valores se mantuvieron en niveles mínimos.	En Dock Sud se registraron los mayores valores al mediodía, y también algunos valores pico en horas de la noche.	Valores medios similares para las distintas horas del día y en niveles mínimos en EMC I y EMC II (excepto para las horas 20 y 21 de la EMC I).
Sulfuro de hidrogeno (H <sub>2</sub> S)	Se observaron picos horarios, en Dock Sud durante la noche. En EMC II, La Matanza los valores fueron mínimos.	Se registraron picos de concentración en Dock Sud en junio.	Se registraron en Dock Sud picos en noviembre. En La Matanza los valores fueron mínimos.
Material particulado (PM10 y PM2.5)	En Dock Sud y La Boca los valores máximos se registraron durante el mes de mayo, mientras que en la EMC II en abril.	Los valores medidos en La Matanza (EMC II), fueron significativamente mayores a los registrados en Dock Sud.	En La Matanza los valores fueron mayores que en Dock Sud y La Boca, con máximos horarios de PM10 que se dan con viento en calma y por la noche, lo que indicaría la proximidad a fuentes de emisión (emisiones industriales, emisiones provenientes de fuentes móviles debido al tránsito proveniente de la Ruta 3).

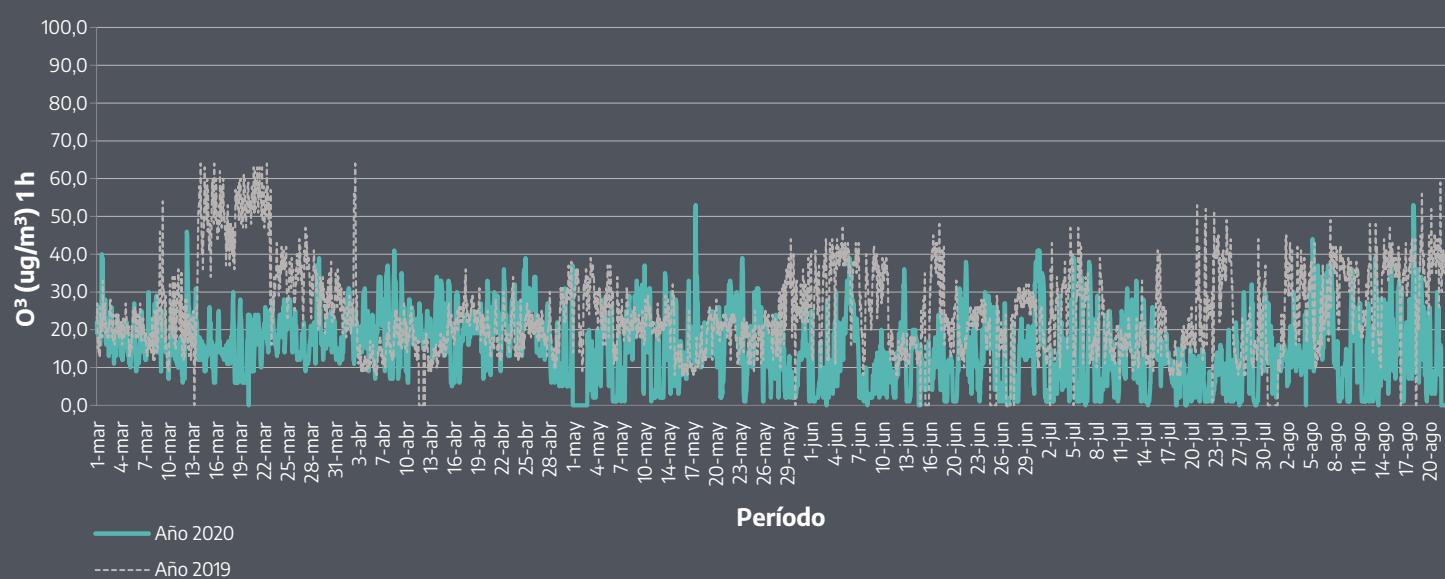
**Figura 19. Valores de concentración de NO<sub>2</sub> (1 h) medido en la estación de monitoreo continuo Dock Sud (EMC I) período marzo-junio (2019 y 2020).**



Nota: límite regulado: 376  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (1 h)

Fuente: ACUMAR, 2020.

**Figura 20. Valores de concentración de O<sub>3</sub> (1 h) medido en la estación de monitoreo continuo Dock Sud (EMC I) período marzo-agosto (2019 y 2020).**



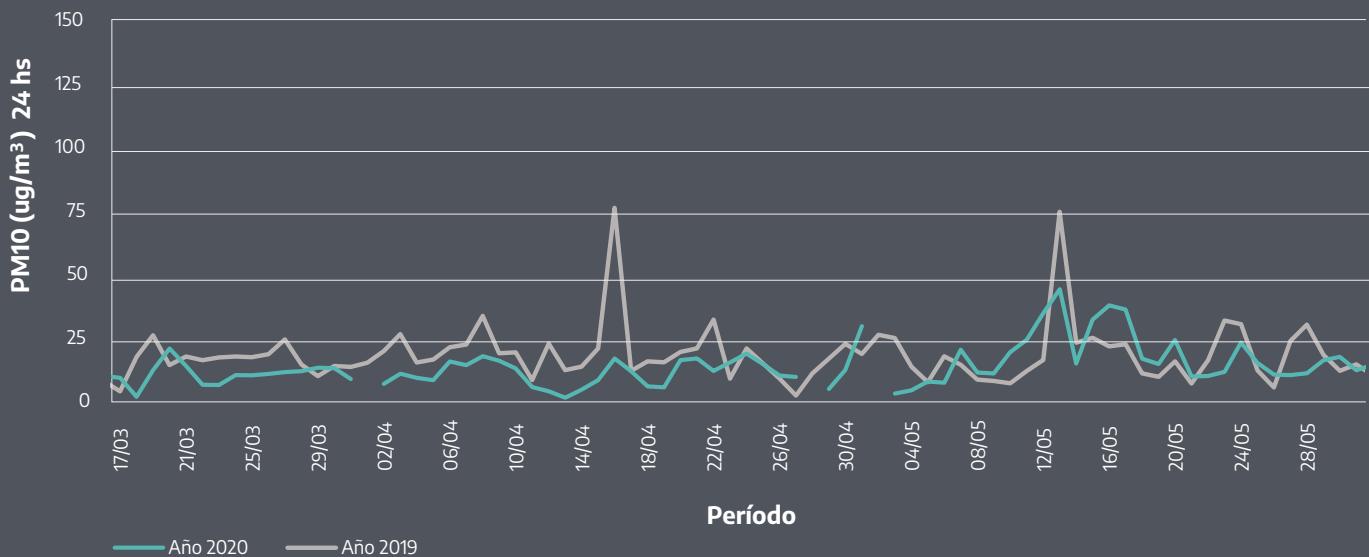
Nota: límite regulado: 236  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (1 h)

Fuente: ACUMAR, 2020.

En la **Figura 19** se grafican los datos correspondientes al NO<sub>2</sub> de la estación ubicada en Dock Sud, para los años 2019 y 2020. Al inicio de la cuarentena solo se registran valores del año 2020 y a partir del 13 de abril ambos años muestran comportamientos similares.

En la **Figura 20** se grafican los datos correspondientes al O<sub>3</sub> de la estación ubicada en Dock Sud, para los años 2019 y 2020. Con respecto al O<sub>3</sub>, la radiación solar es el principal factor o variable a la hora de estudiar las fluctuaciones de ozono. Se observan valores de concentración más elevados durante el periodo de 2019 con respecto al 2020.

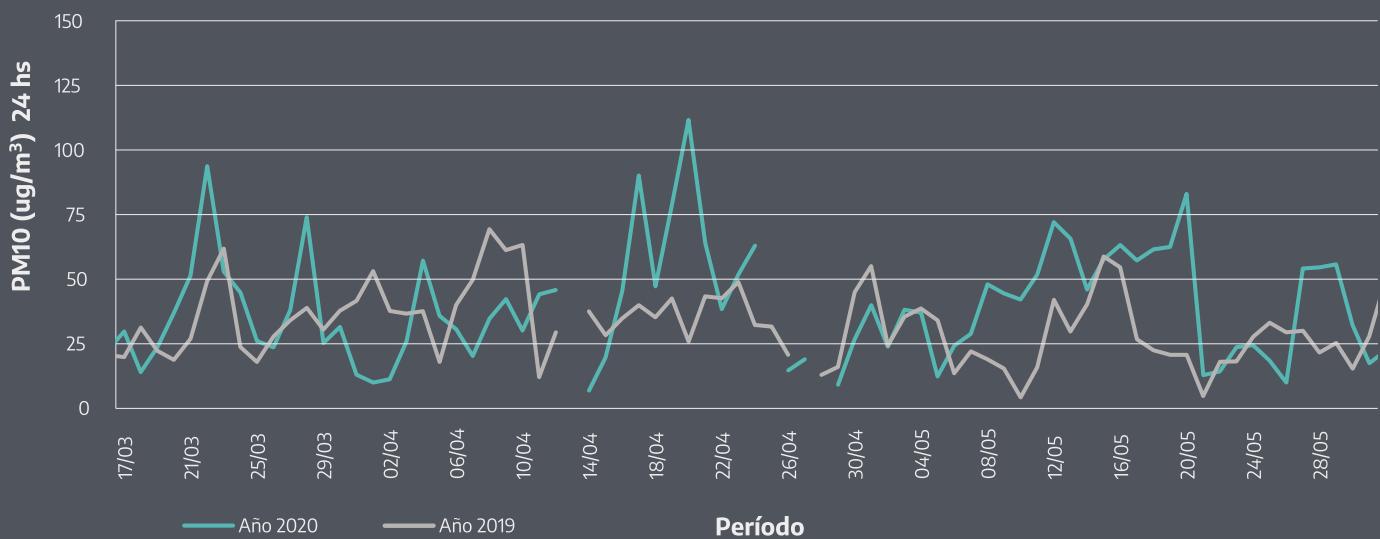
**Figura 21. Valores de concentración medios de PM10 (24 h) medidos en la estación de monitoreo continuo EMC I Dock Sud, periodo marzo-mayo (2019 y 2020).**



En la **Figura 21** se grafican los datos correspondientes al PM10 (24 h) de la estación de monitoreo ubicada en Dock Sud, para 2019 y 2020, desde el inicio de la cuarentena hasta junio. Se observan una disminución en los valores de 2020 en relación al 2019.

En la **Figura 22** se grafican los datos correspondientes al PM10 (24 h) de la estación de ACUMAR, ubicada en La Matanza, para 2019 y 2020, desde el inicio de la cuarentena hasta junio. Se observan comportamientos similares en ambas curvas durante la última semana de marzo. La primera semana de abril la curva de 2020 presenta una disminución en relación a 2019.

**Figura 22. Valores medios de concentración PM10 (24 h) medidos en la estación de monitoreo continuo EMC II La Matanza, periodo marzo-mayo (2019 y 2020).**



En la **Figura 23** se grafican los datos correspondientes al NO<sub>2</sub> de la estación ubicada en La Matanza, para 2019 y 2020, desde el inicio de la cuarentena hasta junio. Se observa una disminución en los valores de NO<sub>2</sub> del año 2020 en relación a 2019. El NO<sub>2</sub> es emitido principalmente por la industria y los automóviles, particularmente los que utilizan combustible diésel.

## Estación de monitoreo continuo y automático en La Boca

Durante el período marzo-mayo 2020, los datos registrados en la estación La Boca para monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y PM10 resultaron inferiores a los límites admisibles establecidos en la Ley 1.356 de CABA.

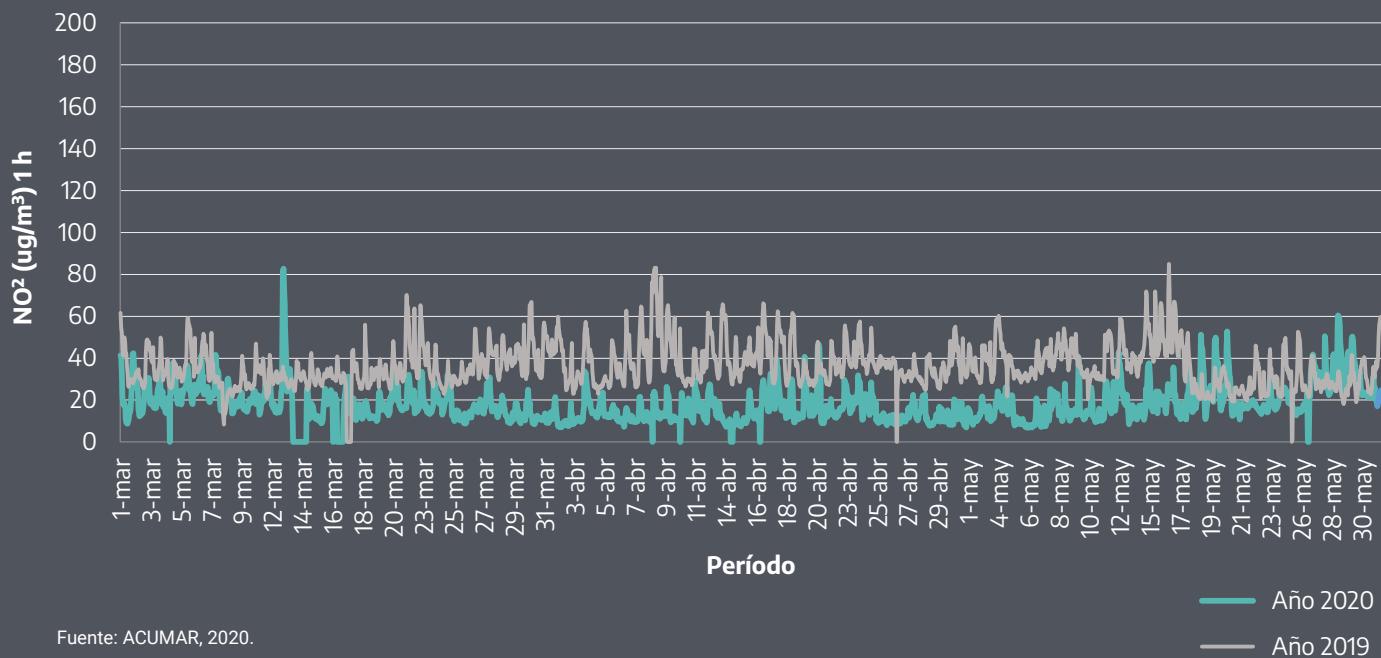
La concentración media de estos contaminantes durante el periodo mostraron una disminución variable según el componente analizado:

- ▶ **NO<sub>2</sub>:** la concentración promedio para el 2020 fue de 15 ppb, 5 ppb menos que la concentración promedio informada para el mismo periodo del año 2019. El máximo alcanzado en la estación La Boca fue de 50 ppb.
- ▶ **CO:** las concentraciones de CO, alcanzaron un valor promedio de 0,3 ppm, 0,15 ppm menos que las concentraciones informadas para el mismo periodo 2019. El máximo alcanzado en la estación La Boca se produjo durante el mes de mayo.
- ▶ **PM10:** el máximo alcanzado se produjo durante el mes de mayo y alcanzó los 82 ug/m<sup>3</sup>. En cuanto al análisis comparativo con el mismo periodo de 2019, se observó una disminución de las concentraciones promedio de más de 10 ug/m<sup>3</sup>.

Durante el período septiembre-noviembre 2020, los datos registrados en la estación La Boca para NO<sub>2</sub> y PM10 también resultaron inferiores a los límites admisibles establecidos en la Ley 1.356.

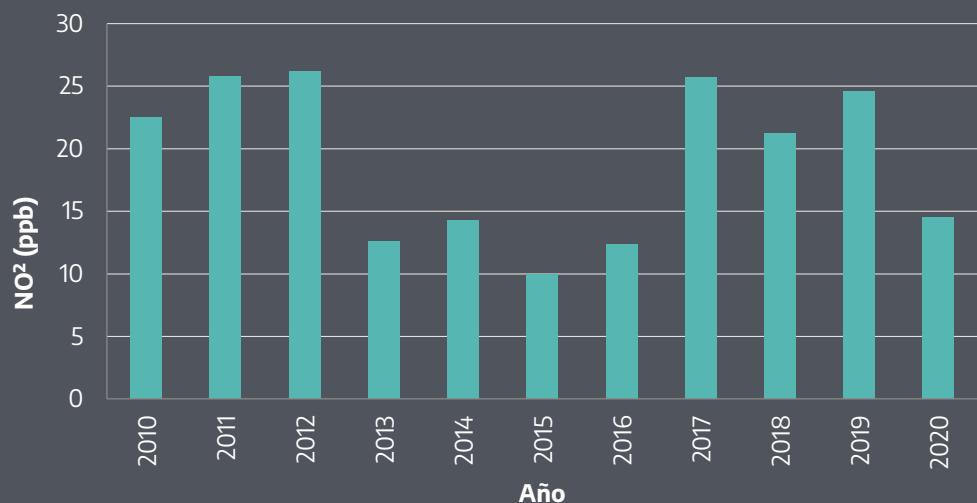
En la **Figura 24** se presentan las variaciones de las concentraciones promedios trimestrales de NO<sub>2</sub> para los meses de septiembre a noviembre de 2020 en la estación La Boca. En ella puede observarse que durante el último periodo hubo una marcada disminución influenciada por la merma en las emisiones que se produjo debido a la implementación del aislamiento preventivo y obligatorio a causa de la COVID-19.

**Figura 23. Valores de concentración de NO<sub>2</sub> (1 h) medidos en la estación de monitoreo continuo EMC II La Matanza, período marzo-mayo (2019 y 2020).**



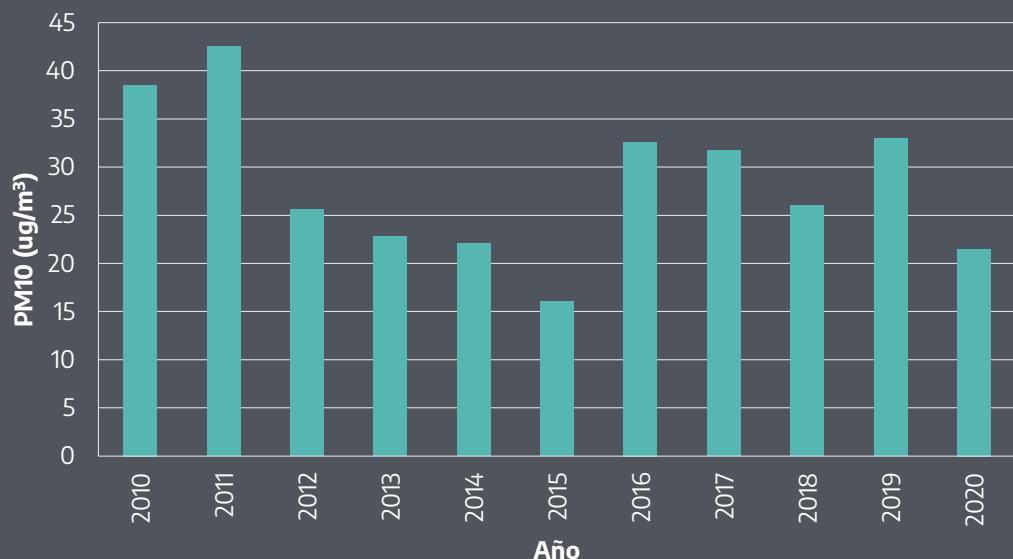
Fuente: ACUMAR, 2020.

**Figura 24. Promedios trimestrales de NO<sub>2</sub> para el período septiembre-noviembre, en la estación La Boca (2010 a 2020).**



Fuente: ACUMAR, 2020.

**Figura 25. Promedios trimestrales de PM10 para el período septiembre-noviembre, en la estación La Boca (2010 a 2020).**



Fuente: ACUMAR, 2020.

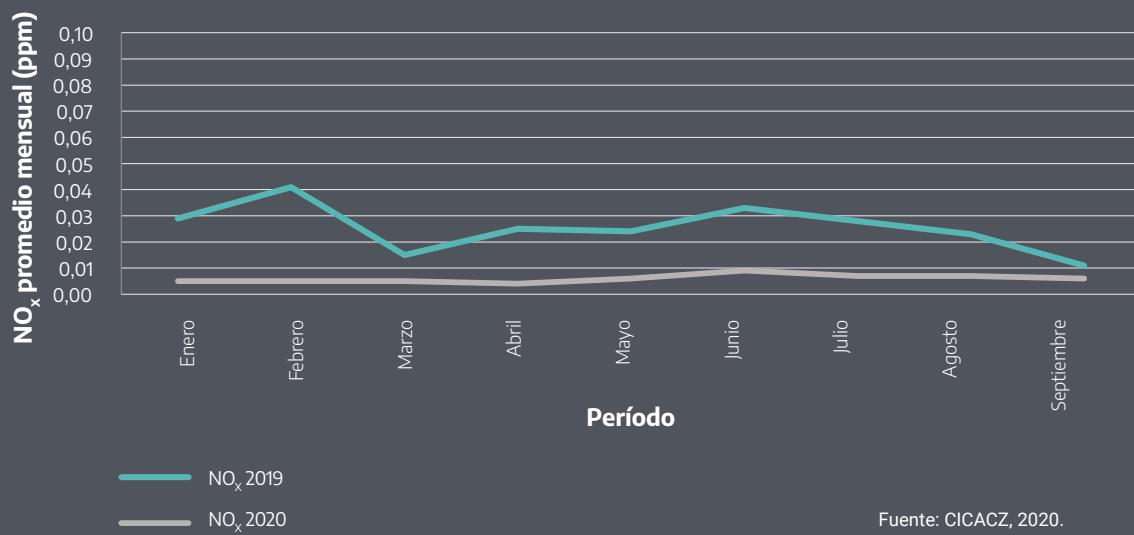
En la **Figura 25** se presentan las variaciones de las concentraciones promedios trimestrales de PM10, para los meses de septiembre a noviembre para los años 2010 a 2020. Al igual que lo observado para el NO<sub>2</sub>, para el PM10 puede observarse que durante el último período hubo una marcada disminución influenciada por la merma en las emisiones que se produjo debido a la implementación del aislamiento preventivo y obligatorio a causa de la COVID-19.

## **Calidad de aire en el complejo Zárate-Campana (CICACZ), provincia de Buenos Aires**

### **Monitoreo de calidad de aire en estaciones remotas**

El Comité Interindustrial de Conservación del Ambiente Campana-Zárate (CICACZ), que agrupa 21 empresas (principalmente grandes industrias), es el encargado de monitorear la calidad del aire del complejo industrial de Campana y Zárate, en la provincia de Buenos Aires.

**Figura 26. Promedios mensuales de los datos obtenidos de  $\text{NO}_x$  de la estación “Central Termoeléctrica Manuel Belgrano”, para el período enero-septiembre (2019 y 2020).**



Fuente: CICACZ, 2020.

Este comité realiza monitoreos de carácter continuo mediante la utilización de tres estaciones remotas de monitoreo ubicadas en:

- ▶ la Municipalidad de Campana<sup>9</sup>;
- ▶ el Hogar Santa Teresita de Zárate<sup>10</sup>, y
- ▶ el predio de la Central Termoeléctrica Manuel Belgrano<sup>11</sup>.

Estos monitoreos se complementan con campañas de mediciones puntuales de contaminantes específicos que se llevan a cabo en diferentes puntos de ambos partidos.

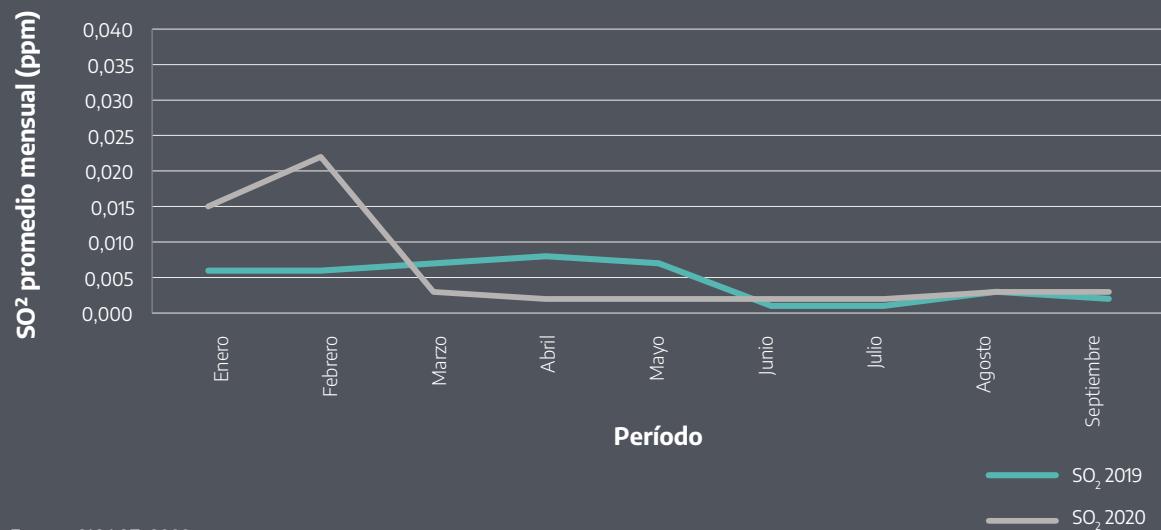
Se ilustran los promedios mensuales de los datos obtenidos de la estación “Central Termoeléctrica Manuel Belgrano”, para 2019 y 2020, período de enero a septiembre (**Figuras 26, 27 y 28**).

<sup>9</sup> Ubicada en las siguientes coordenadas: 34° 9'48.71"S; 58°57'36.78"O.

<sup>10</sup> Ubicada en las siguientes coordenadas: 34° 5'43.40"S; 59° 1'33.42"O.

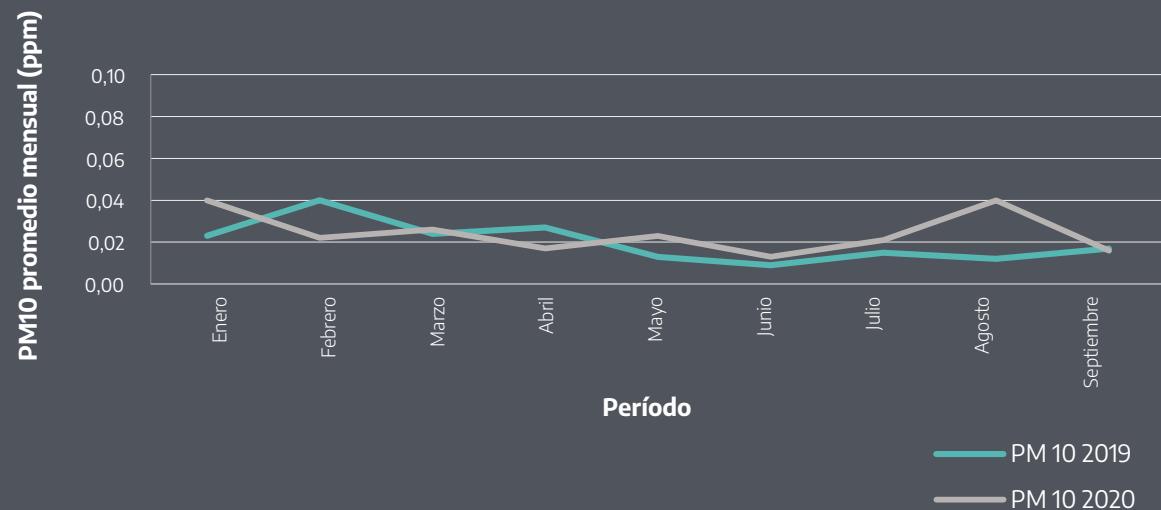
<sup>11</sup> Ubicada en las siguientes coordenadas: 34°10'56.16"S; 58°59'35.99"O.

**Figura 27. Promedios mensuales de los datos obtenidos de SO<sub>2</sub> de la estación Central Termoeléctrica Manuel Belgrano, para el periodo enero-septiembre (2019 y 2020).**



Fuente: CICACZ, 2020.

**Figura 28. Promedios mensuales de los datos obtenidos de PM10 de la estación Central Termoeléctrica Manuel Belgrano, para el periodo enero-septiembre (2019 y 2020).**



Fuente: CICACZ, 2020.

En relación a las Figuras 26, 27 y 28, los óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) correspondientes al 2020 se mantuvieron por debajo de los valores de 2019. En cuanto al dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) y material particulado (PM10), puede observarse para 2020 una disminución en los valores promedios mensuales a partir de marzo.

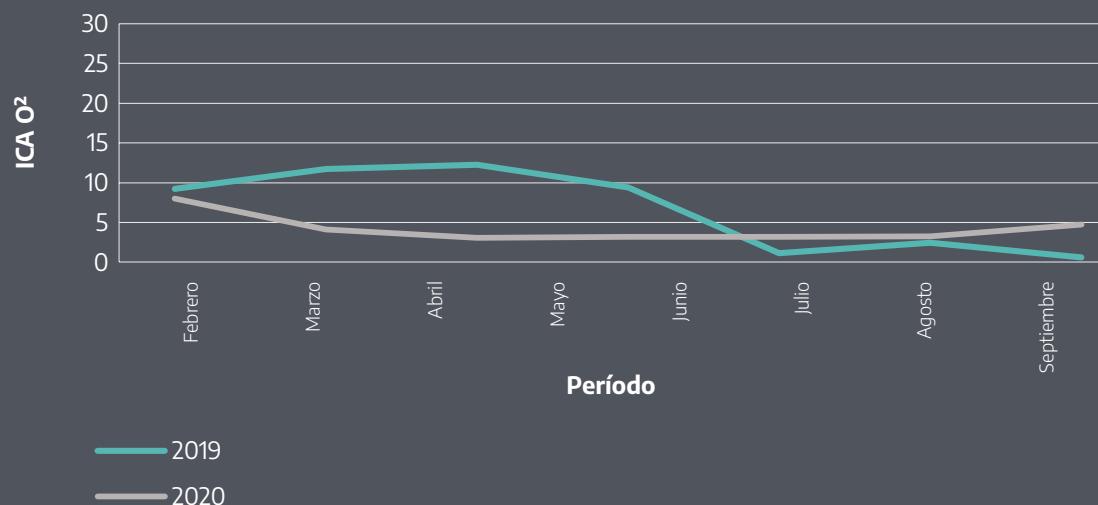
## Índice de calidad de aire (ICA)

El CICACZ reporta el índice de calidad de aire (ICA). Según los índices reportados por las estaciones del CICACZ, el ICA nunca llegó al límite legal (niveles no saludables para grupos sensibles).

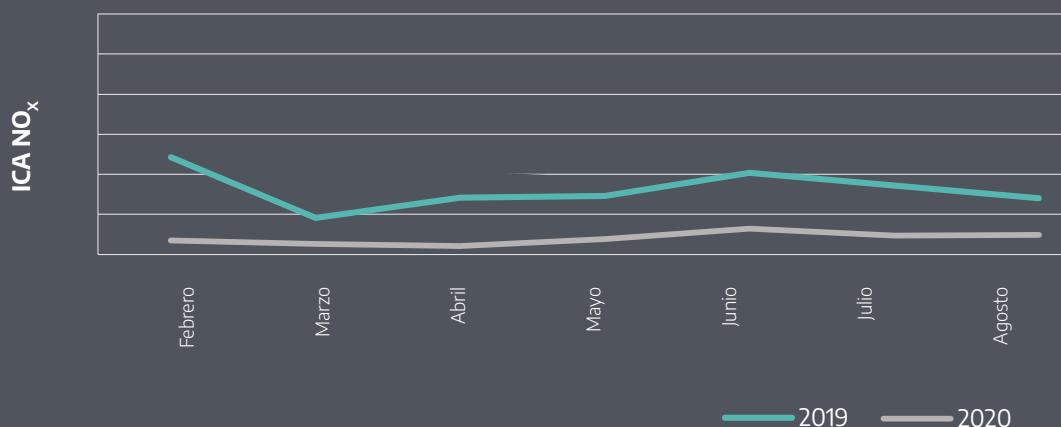
En la Figura 29 se observa durante los meses de marzo, abril y mayo de 2020 una disminución del índice de  $\text{SO}_2$  en relación a 2019. A partir de junio las líneas tienen un comportamiento similar.

A modo de ejemplo se presenta el gráfico de Índice de calidad de aire del mes de abril 2020 para las tres estaciones de Zárate-Campana (Municipalidad de Campana, Hogar Santa Teresita y Central TMB).

**Figura 29. Promedios mensuales de los índices de calidad de aire de  $\text{SO}_2$  de la estación Central Termoeléctrica Manuel Belgrano, para el período febrero-agosto (2019 y 2020).**



**Figura 30. Promedios mensuales de los índices de calidad de aire de  $\text{NO}_x$  de la estación “Central Termoeléctrica Manuel Belgrano”, para el período febrero-agosto (2019 y 2020).**



Fuente: CICACZ, 2020.

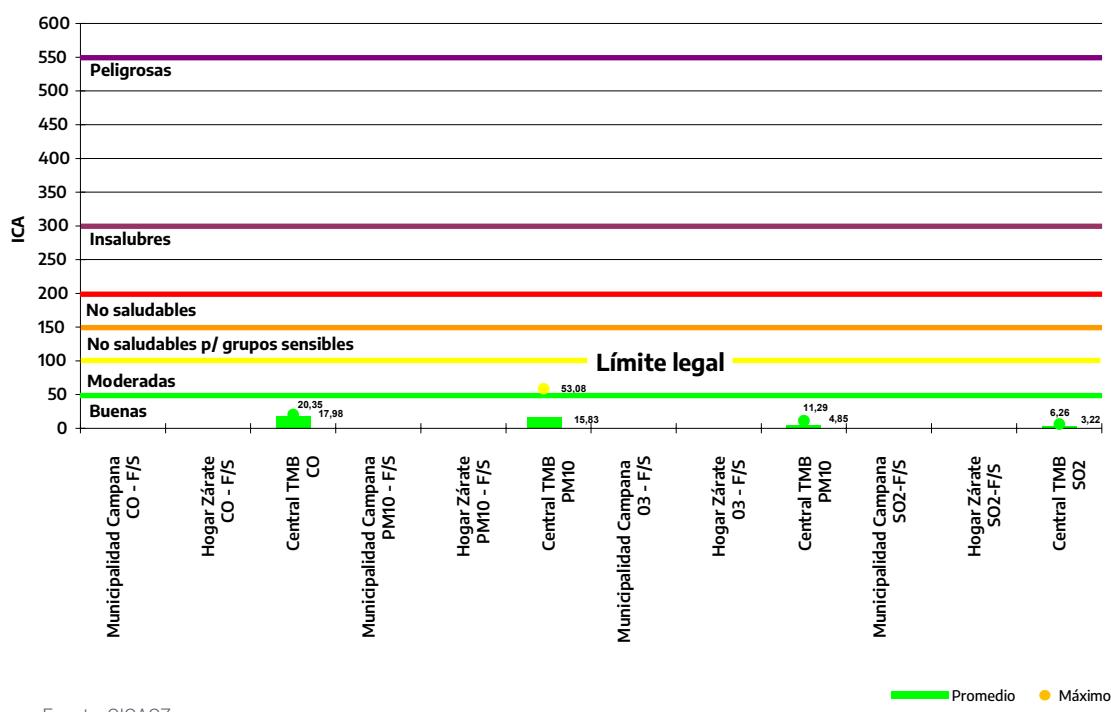
## Calidad de aire en el Municipio de Córdoba

La Municipalidad de Córdoba y el Centro de Investigación y Transferencia en Ingeniería Química Ambiental (CIQA) (Universidad Tecnológica Nacional), cuentan con una estación de calidad de aire, instalada en la zona céntrica de la ciudad que funciona desde septiembre de 2018.

Esta estación cuenta con equipamiento homologado por la EPA, y se miden los contaminantes criterio PM10, CO, NO<sub>x</sub> y O<sub>3</sub>. El CIQA realizó un estudio para analizar el efecto de la cuarentena en la calidad del aire de la ciudad de Córdoba.

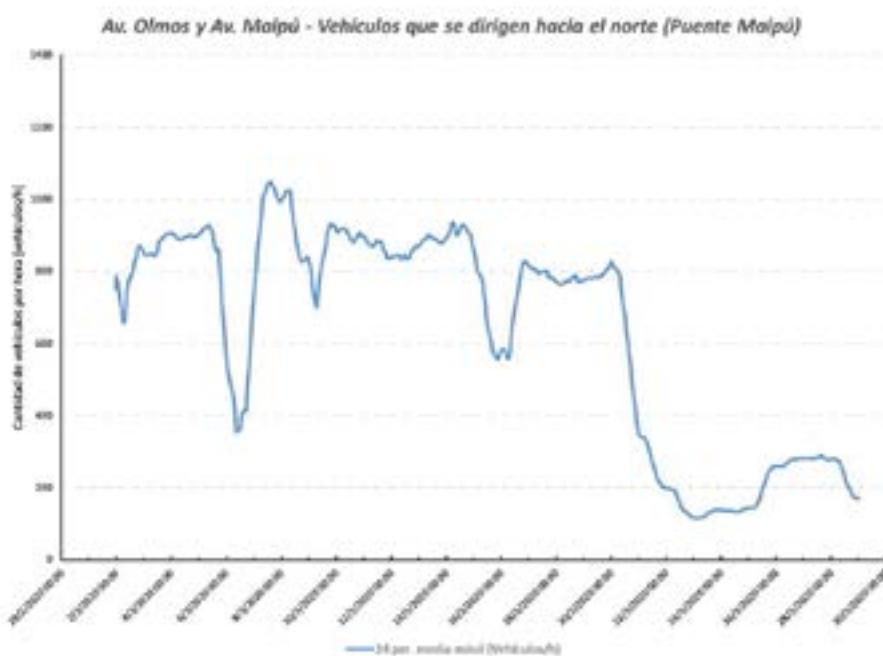
De los datos obtenidos de la estación de calidad de aire del CIQA ubicada en Av. General Paz esquina La Rioja del centro de la ciudad de Córdoba, se grafican los datos de NO<sub>x</sub> y PM10, desde febrero a fines de marzo de 2020. Asimismo, se grafica la cantidad de vehículos que transitaron por hora en zona céntrica de la ciudad, para observar el efecto del aislamiento social en la disminución del tráfico vehicular.

Figura 31. Índice de calidad de aire por estación y por parámetro (valor promedio mensual y valor máximo mensual) (abril 2020).



Fuente: CICACZ, .

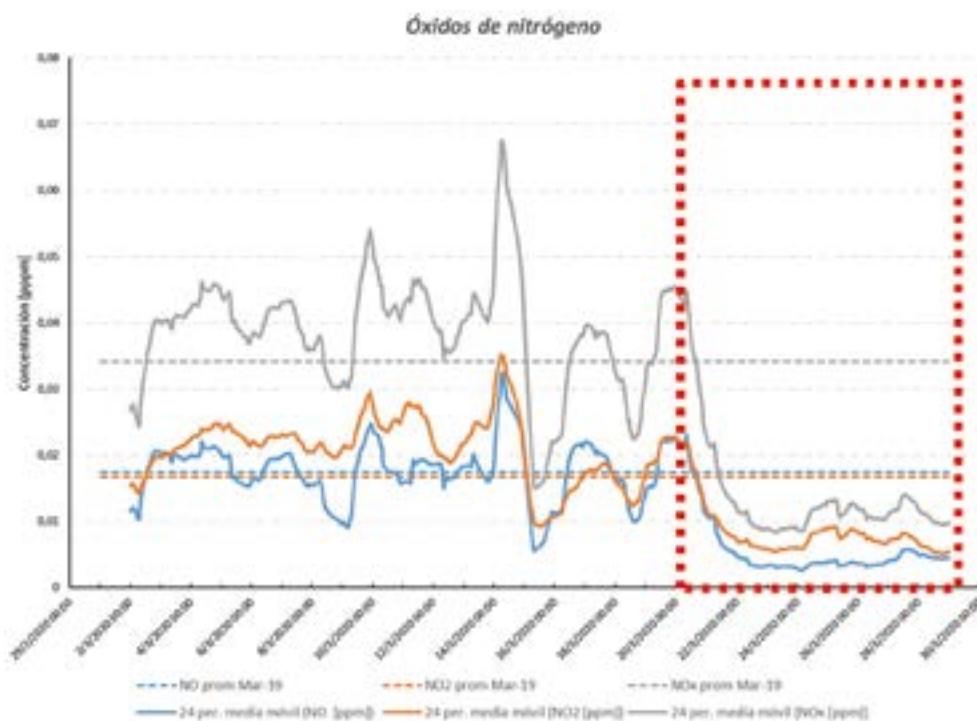
Figura 32. Cantidad de vehículos por hora en zona céntrica de la ciudad de Córdoba (período 29/02/2020 a 30/3/2020).



Nota: la estación se ubica en Av. Olmos y Av. Maipú en la ciudad de Córdoba.

Fuente: Municipalidad de Córdoba – UTN Regional Córdoba – CIQA, 2020.

**Figura 33. Concentración de NO, NO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> (ppm) medidos en la estación del CIQA (período 29/02/2020 al 30/3/2020).**



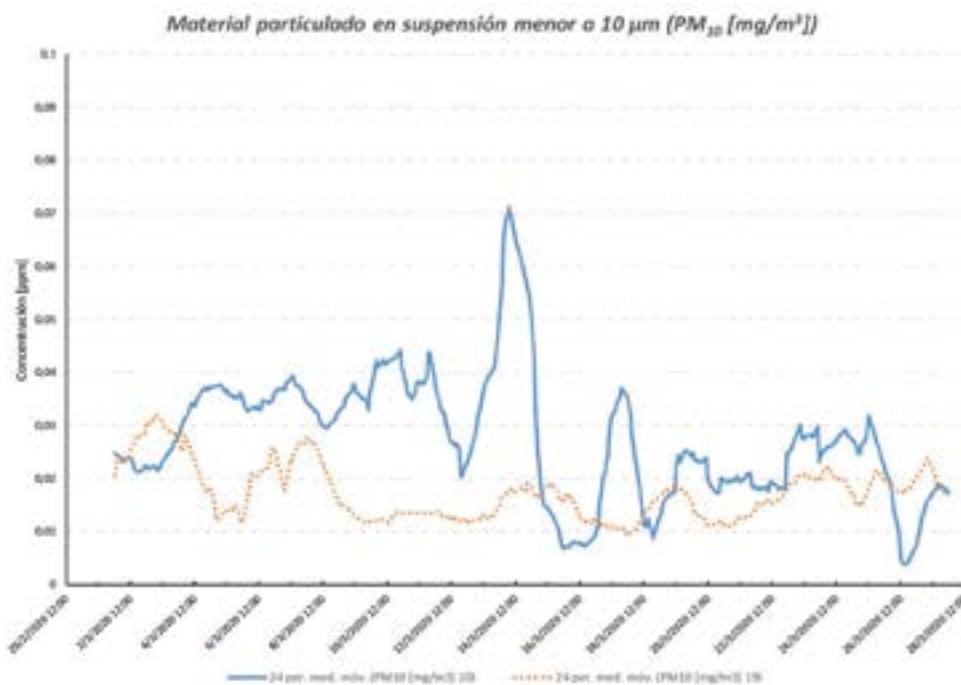
Nota: la estación se ubica en Av. General Paz (esquina La Rioja), en la ciudad de Córdoba.

Fuente: Municipalidad de Córdoba – UTN Regional Córdoba – CIQA, 2020.

Se observa una disminución en la concentración de NO<sub>x</sub> a partir del 20 de marzo relacionada con la disminución del tráfico vehicular en el microcentro de la ciudad (**Figura 33**). Los óxidos de nitrógeno son gases considerados contaminantes criterios y provienen principalmente de la combustión interna de los motores. En consecuencia, es de esperar que con la disminución del tráfico vehicular, los óxidos de nitrógenos disminuyeran en similitud al perfil diario del tránsito.

En relación al material particulado para el 2020 se observa una disminución en la concentración a partir del 20 de marzo. Sin embargo, en relación al 2019, las concentraciones de PM10 resultaron superiores. Esto podría deberse a que el material particulado en Córdoba tiene una componente de material particulado aportado por las fuentes móviles, pero también tiene un gran aporte de fuentes naturales asociadas a las condiciones meteorológicas de humedad y vientos.

Figura 34. Valores de concentración de PM10 medidos en la estación del CIQA (período 29/02/2020 al 30/3/2020).



Nota: la estación se ubica en Av. General Paz (esquina La Rioja), en la ciudad de Córdoba.

Fuente: Municipalidad de Córdoba – UTN Regional Córdoba - CIQA, 2020.

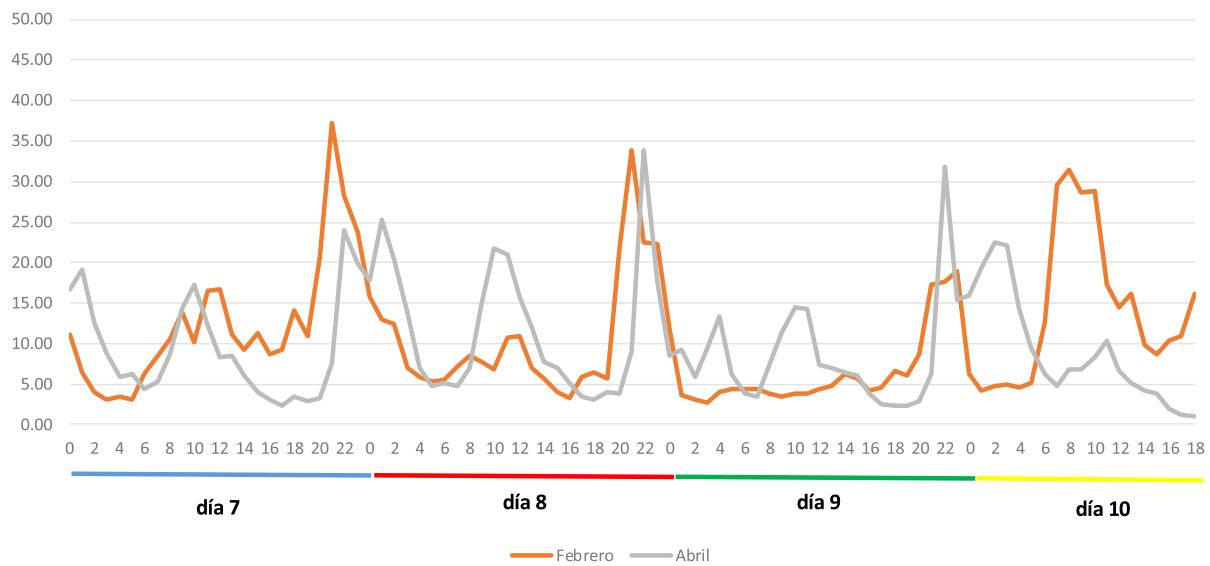
## Calidad de aire en Mendoza

La provincia de Mendoza, a través del Área de Contaminación Atmosférica de la Dirección de Protección Ambiental, Secretaría de Ambiente y Ordenamiento Territorial, cuenta con una unidad móvil de monitoreo instalada en el microcentro de la ciudad de Mendoza. Esta estación móvil posee equipamiento de monitoreo en tiempo real y mide los contaminantes criterio PM10, CO, NO<sub>x</sub> y O<sub>3</sub>.

Se muestran Figuras comparativas entre mediciones registradas en febrero de 2020 y los mismos días registrados en abril de 2020. Se grafican los días 7, 8, 9 y 10 de febrero de 2020 en comparación a los días 7, 8, 9 y 10 de abril 2020 (período de aislamiento social por efecto de la COVID-19 en la ciudad de Mendoza).

En relación a los NO<sub>x</sub> no se observan variaciones sensibles entre las concentraciones correspondientes a los días de febrero y los de abril de 2020. Los NO<sub>x</sub> son contaminantes atmosféricos provenientes principalmente del tránsito vehicular.

**Figura 35. Valores de concentración de NO<sub>x</sub> (ug/m<sup>3</sup>) variación horaria medidos en microcentro de Mendoza, días 7, 8, 9 y 10 de febrero vs. días 7, 8, 9 y 10 de abril de 2020.**



Fuente: Secretaría de Ambiente y Ordenamiento Territorial, Mendoza, 2020.

En relación al material particulado, las concentraciones correspondientes a los días de abril resultaron superiores a los mismos días de febrero. Se observa que no hay vínculo entre los valores de febrero y de abril y la reducción de tránsito en la cuarentena.

Esto podría deberse a que el material particulado en la ciudad de Mendoza está presente como fondo natural más allá del aporte de las emisiones vehiculares. Esta situación se viene observando desde hace varios años a través de las mediciones de la estación móvil.

## Calidad de aire en Ushuaia, Tierra del Fuego

La estación Vigilancia Atmosférica Global (VAG) de Ushuaia, dependiente del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), está ubicada en la Isla Grande de Tierra del Fuego a unos 10 km al sudoeste de la ciudad de Ushuaia (54.85°S 68.31°O), a orillas del Canal de Beagle. El entorno natural y los vientos predominantes que soplan del sector sur-sudoeste, considerado libre de la influencia

**Figura 36. Valores de concentración de PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) variación horaria medida en microcentro de Mendoza, días 7, 8, 9 y 10 de febrero vs. días 7, 8, 9 y 10 de abril de 2020.**



Fuente: Dirección de Protección Ambiental, provincia de Mendoza, 2020.

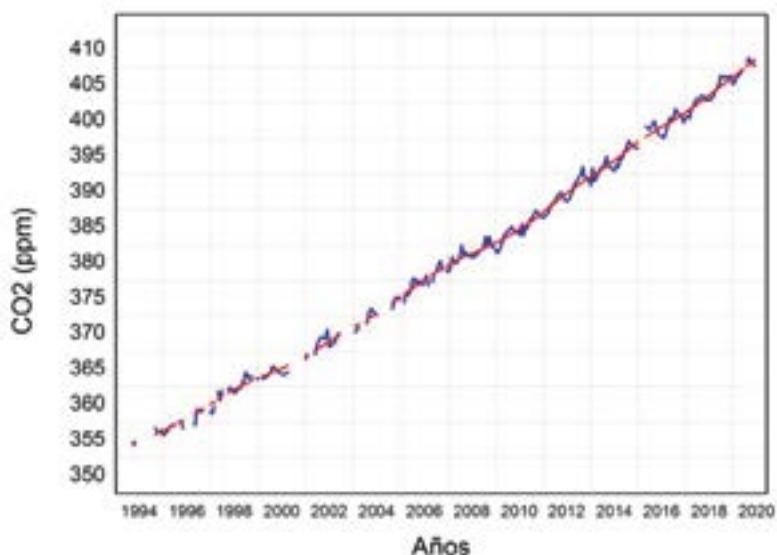
de contaminantes locales, hacen que la estación sea importante para medir condiciones de base del planeta en cuanto a gases se refiere.

La estación, desde su inicio en 1994, cuenta con mediciones de los principales gases de efecto invernadero (GEI). Se realizan mediciones discontinuas de estos gases mediante flask, a través de un proyecto con la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, por su sigla en inglés) y los resultados hasta 2020 se muestran en la Figura 37. Allí puede visualizarse el aumento de la concentración de  $\text{CO}_2$  desde los comienzos de la medición. En septiembre de 1994 se registraron valores de 356 ppm y en septiembre de 2020 se alcanzaron 411 ppm de concentración de  $\text{CO}_2$ , obteniéndose un aumento de 55 ppm en 26 años.

En la Figura 38 se muestran la serie de concentraciones de  $\text{CH}_4$  que se realizaron mediante flask en la estación VAG Ushuaia desde 1994. En los inicios de muestreo se registraron valores en la concentración de 1708 ppb y en 2020 se alcanzaron valores de 1842 ppb.

El  $\text{N}_2\text{O}$  es el tercer gas de efecto invernadero más importante después del  $\text{CO}_2$  y el  $\text{CH}_4$ . Si bien se encuentra en menor cantidad que otros GEI, su poder de

**Figura 37. Mediciones de las fracciones molares de CO<sub>2</sub> en la estación VAG Ushuaia, a través del proyecto de mediciones discontinuas con flask de NOAA (1994- 2019).**



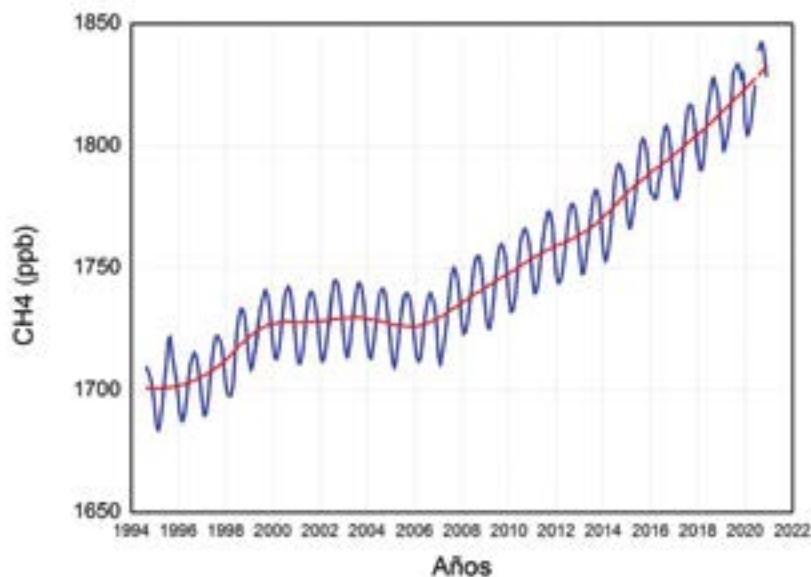
Nota: los puntos azules representan los promedios mensuales de la concentración CO<sub>2</sub> y la línea roja corresponde a la concentración media mensual.

Fuente: Administración Nacional Oceánica y Atmosférica, 2021.

emitir calor es superior al del CO<sub>2</sub> y además su gran estabilidad en su estructura química, permite que este gas llegue a la estratosfera, generando la destrucción de moléculas de ozono. En la estación VAG Ushuaia se registran datos de N<sub>2</sub>O desde 1996 a la actualidad (**Figura 39**). Las concentraciones registradas en febrero de 1996 eran de 312 ppb y se llega a registros de 332,9 ppb para noviembre de 2020.

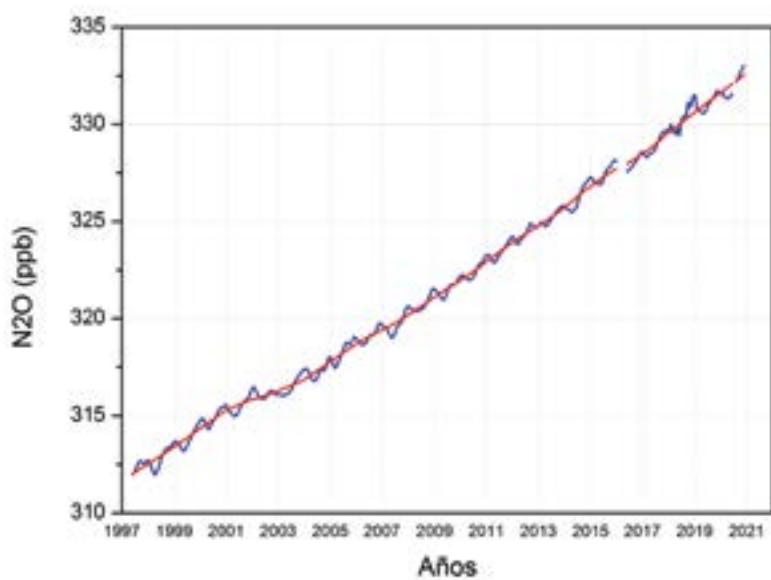
Las series de datos de concentración de GEI del año 2020 muestran un incremento respecto a las mismas del 2019. Los datos promedio a nivel global y para distintas estaciones VAG de monitoreo evidencian este aumento. Esto significa que a escala global, a pesar de los aislamientos y restricciones que se aplicaron por la pandemia a causa de la COVID-19, no se reflejó en una disminución de las concentraciones de los principales GEI.

**Figura 38. Mediciones de las fracciones molares de CH<sub>4</sub> en la estación VAG Ushuaia, a través del proyecto de mediciones discontinuas con flask de NOAA (1994-2020).**



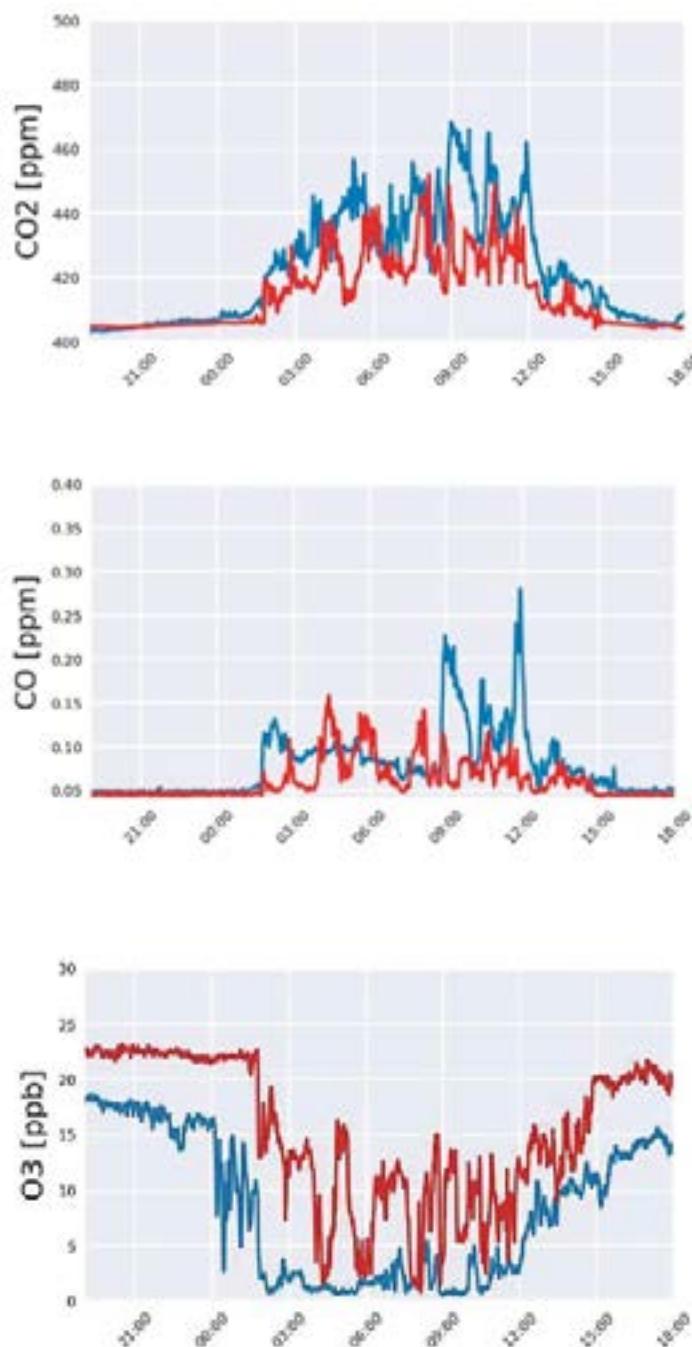
Fuente: Administración Nacional Oceánica y Atmosférica, 2021.

**Figura 39. Mediciones de las fracciones molares de N<sup>2</sup>O en la estación VAG Ushuaia, a través del proyecto de mediciones discontinuas con flask de NOAA (1994-2020).**



Fuente: Administración Nacional Oceánica y Atmosférica, 2021.

Figura 40. Mediciones de concentración de CO<sub>2</sub>, CO y O<sub>3</sub> superficial para días de actividad normal, 12 y 13 de marzo 2020 (línea azul) y días de etapa de la cuarentena, 27 y 28 de marzo 2020, (línea roja) para la ciudad de Ushuaia, registradas en la estación VAG Ushuaia.



Además, en la estación de VAG Ushuaia se registraron las concentraciones de gases, como dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), monóxido de carbono (CO) y ozono superficial ( $\text{O}_3$ ). Estos gases se generan a partir de las actividades antropogénicas. El monóxido y el dióxido de carbono son contaminantes primarios que se obtienen como resultados de la combustión, mientras que el ozono superficial, un contaminante secundario, se obtiene como resultado de la combinación de ciertos componentes, como los óxidos de nitrógeno (NO y  $\text{NO}_2$ ) y los componentes orgánicos volátiles (COV). Todos ellos, en elevadas concentraciones, causan efectos adversos para la salud y los ecosistemas.

En la Figura 40 se muestran los valores de concentración de los gases en la ciudad de Ushuaia en días de actividad normal (12 y 13 de marzo 2020) y en días de cuarentena (27 y 28 de marzo 2020). Se observó que, debido al aislamiento social y la consecuente restricción de circulación en la ciudad de Ushuaia, hubo una disminución de CO y  $\text{CO}_2$ . Se compararon días de circulación normal, previos a la cuarentena, con días de aislamiento y se observó una disminución en la concentración del CO y  $\text{CO}_2$ .

Las mediciones de ozono superficial también han mostrado una variación en sus concentraciones en las masas de aire proveniente de Ushuaia. En los días 12 y 13 de marzo se observó una disminución importante del ozono superficial como consecuencia del aumento en la concentración de CO. Durante los días de la cuarentena se registraron concentraciones más altas y cercanas a los valores de base de ozono superficial del planeta, debido a la disminución de CO en las masas de aire.

## Calidad de aire en Bahía Blanca, Buenos Aires

El municipio de Bahía Blanca, a través del Comité Técnico Ejecutivo (CTE) de la Subsecretaría de Gestión Ambiental, implementa el Programa Integral de Monitoreo (PIM) en el polo petroquímico y el área portuaria del distrito de Bahía Blanca.

Posee dos estaciones de monitoreo continuo de calidad de aire:

- ▶ EMCABB I ubicada en el Parque Industrial
- ▶ EMCABB II ubicada en Ingeniero White

Las cabinas de monitoreo cuentan con analizadores de dióxido de azufre, material particulado (PM10 y PM2.5), ozono y óxidos de nitrógeno, y además se llevan a cabo monitoreos de contaminantes específicos.

**Tabla 6. Valores norma para estándares de calidad de aire adoptados para el monitoreo continuo de contaminantes básicos atmosféricos en Bahía Blanca, provincia de Buenos Aires, Decreto GPBA 1.074/18.**

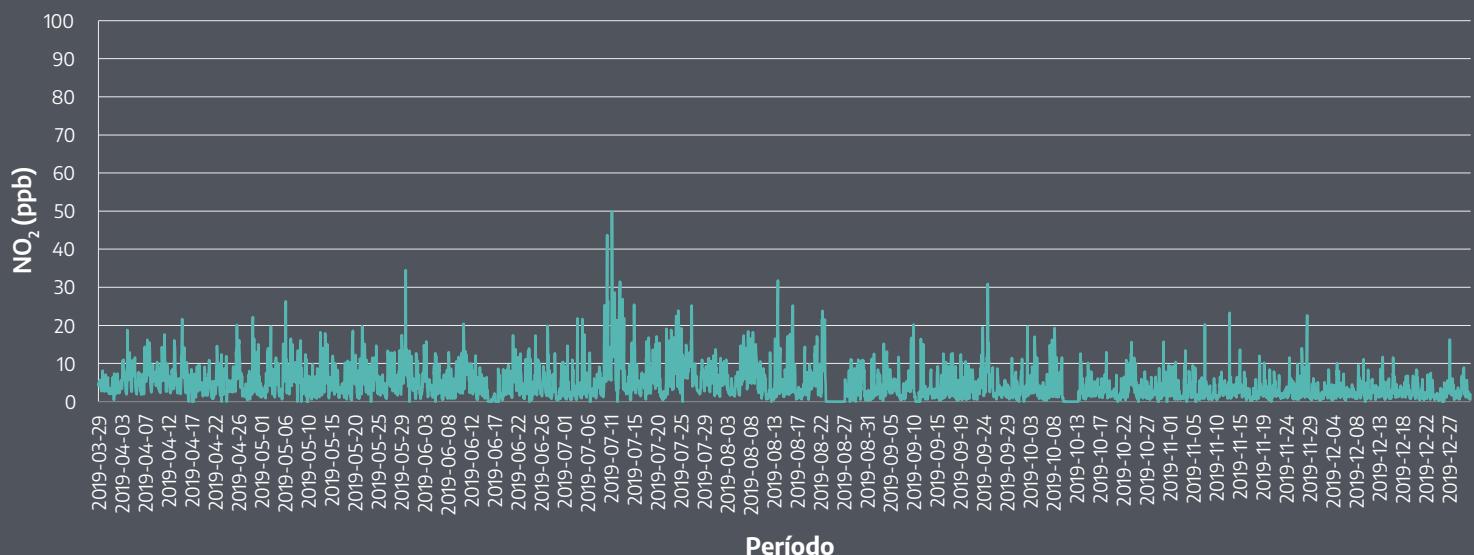
Parámetro	Símbolo	Tiempo promedio	Valores iniciales	1º etapa (ug/m <sup>3</sup> )	2º etapa (ug/m <sup>3</sup> )	3º etapa (ug/m <sup>3</sup> )	Observaciones
Material particulado	PM10	24 horas	100	150*	150*	150*	Para no ser superado más de una vez al año.
		1 año	50	50*	50*	50*	No deberá superarse la media aritmética anual.
	PM2,5	24 horas	-	75	40	35	Para no ser superado más de una vez al año. Monitoreo continuo y automático: percentil 99 anual de las concentraciones medias (24 horas continuas) de un año en cada estación monitora no debe exceder el estándar.
		1 año	-	25	15	12	No deberá superarse la media aritmética anual.
Dióxido de azufre	SO <sub>2</sub>	1 hora	-	250	230	196	Para no ser superado más de una vez al año. Monitoreo continuo y automático: percentil 99 anual de las concentraciones medias (una hora continua) de un año en cada estación monitora no debe exceder el estándar.
		24 horas	365	200*	160*	125*	Para no ser superado más de una vez al año.
		1 hora	367	320	288	188	Para no ser superado más de una vez al año. Monitoreo continuo y automático: percentil 98 de las concentraciones medias (una hora continua) de un año en cada estación monitor no debe exceder el estándar.
Dióxido de nitrógeno	NO <sub>2</sub>	1 año	100	100*	100*	100*	No deberá superarse la media aritmética anual.
Ozono	O <sub>3</sub>	8 horas	-	137	120	100	El valor corresponde a las concentraciones medias (tiempo promedio 8 horas) de un año en cada estación monitor, no debe exceder el estándar.
Monóxido de carbono	CO	1 hora	40.000	40.000	40.000	40.000	No deberá superarse la media aritmética en el período considerado.
		8 horas	10.000	10.000	10.000	10.000	

Nota: marco normativo y de referencia: en octubre de 2018 entró en vigencia el Decreto 1.074/18 reglamentario de la Ley 5.965 y que reemplazó al Decreto 3.395/96. En la Tabla se detallan los valores establecidos para los diferentes contaminantes del aire. Los valores indicados como "etapa 1" son los vigentes por 2 años a partir de su publicación, o sea, hasta octubre de 2020.

Fuente: Subsecretaría de Gestión Ambiental de la Municipalidad de Bahía Blanca, 2021.

A continuación, se presentan gráficos con los resultados de las mediciones de NO<sub>2</sub>, PM10 y PM2,5 para el año 2019.

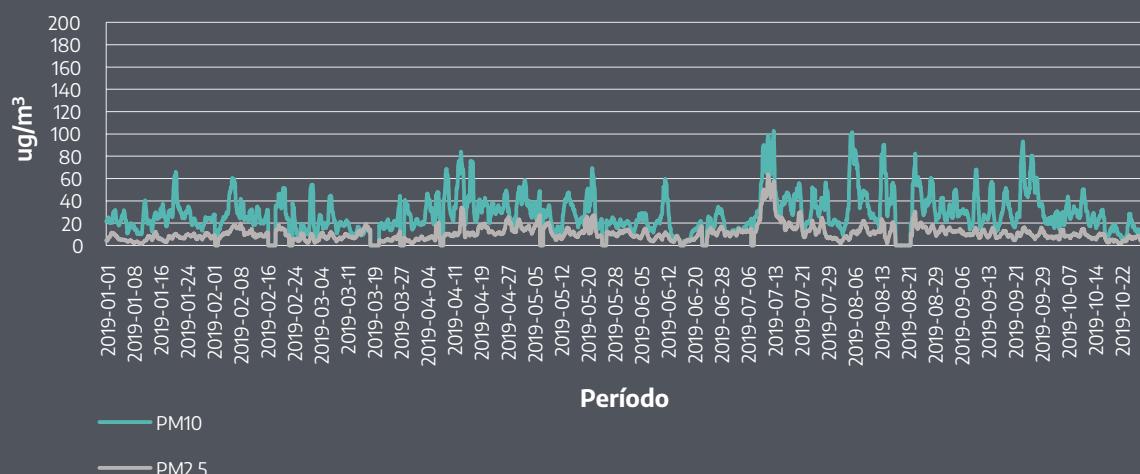
**Figura 41. Resultados de la medición de NO<sup>2</sup>, promedio horario en ppb, en la estación EMCABB I de Bahía Blanca (2019).**



Fuente: Subsecretaría de Gestión Ambiental de la Municipalidad de Bahía Blanca, 2021.

Con respecto al gráfico de NO<sub>2</sub> de la estación EMCABB I ubicada en el Parque Industrial, el máximo valor promedio horario se registró en el mes de julio, siendo inferior al valor normado.

**Figura 42. Resultados de la medición de PM10 y PM<sup>2,5</sup> (promedio 24 h en ug/m<sup>3</sup>) en la estación EMCABB II de Bahía Blanca (2019).**



Fuente: Subsecretaría de Gestión Ambiental de la Municipalidad de Bahía Blanca, 2021.

En relación al gráfico con los resultados de PM10 y PM2,5 de la estación EMCA-BB II ubicada en Ingeniero White, los valores máximos promedios diarios obtenidos se registraron en el mes de julio, no superando la norma de 24 horas.

## **Calidad de aire en Bariloche, Río Negro**

El centro de monitoreo de la Municipalidad de Bariloche y la Secretaría de Ambiente y Cambio Climático de la Provincia de Río Negro, operan una estación de monitoreo continuo de calidad de aire (EMCCA) que mide NO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CO, material particulado (PM10 y PM2,5) y O<sub>3</sub>. La EMCCA estuvo en funcionamiento hasta el año 2019; en la actualidad los equipos se encuentran en reparación y mantenimiento.

## **Sustancias que agotan la capa de ozono (SAO) en Argentina**

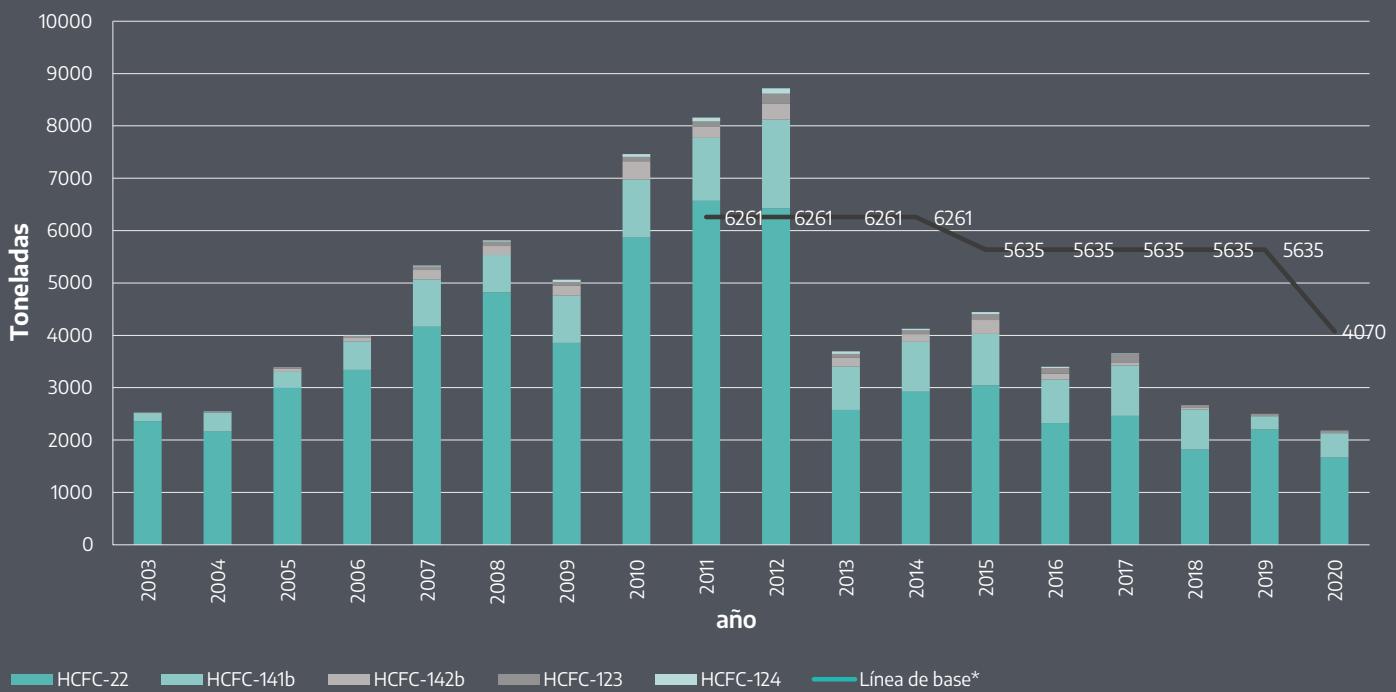
### **Los hidroclorofluorocarbonos (HCFC)**

Los contaminantes emitidos a la atmósfera son muy diversos, y entre ellos existe una familia de sustancias que agotan la capa de ozono (SAO) cuyo consumo está controlado por el Protocolo de Montreal (1987). Estas sustancias son empleadas mayoritariamente en el sector de refrigeración, en la fabricación de espumas de poliuretano y poliestireno expandido y, en menor medida, en extintores de incendios, aerosoles y limpieza de circuitos de refrigeración.

Las medidas de control vigentes en la actualidad para las SAO están centradas en el grupo de los hidroclorofluorocarbonos (HCFC). El cronograma para su eliminación en Argentina incluyó el congelamiento del consumo en 6.261 toneladas a partir del 1 de enero de 2013; 10 % de reducción del consumo para 2015; 35 % de reducción del consumo para 2020, 67,5 % para 2025; 97,5 % para 2030 y eliminación total para el 2040.

Los registros disponibles para 2020 evidencian la continuación de la tendencia a la disminución del consumo de HCFC en Argentina iniciada en 2013, con valores inferiores a las 3.000 toneladas.

**Figura 43. Evolución del consumo de los diferentes tipos de hidroclorofluorocarbonos (HCFC) en Argentina, en toneladas de SAO (2003-2020).**



Nota: la línea de base es el promedio de consumo de los años 2009 y 2010. \*consumo = producción + importación - exportación

Fuente: MAdyS, 2021.

## Instrumentos de gestión

### Control de la calidad del aire de las emisiones vehiculares

En julio de 2018, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible fue aceptado como miembro de la Coalición Clima y Aire Limpio, cuyo objetivo es reducir en el país las emisiones de contaminantes climáticos de vida corta como el carbono negro, el metano, el ozono troposférico, así como también los contaminantes del aire y los gases de efecto invernadero.

Argentina participa de la “iniciativa diésel” para reducir las emisiones de los vehículos pesados, e implementó el Plan Nacional de Apoyo para reducir los Contaminantes Climáticos de Vida Corta.

## Actividades y normas argentinas sobre emisiones contaminantes de automotores

Argentina implementó límites máximos a las emisiones de vehículos automotores en 1995 a través del Decreto PEN 779/95 (actualizado por el Decreto 32/2018) que reglamenta la Ley Nacional de Tránsito y Seguridad Vial 24.440, asignando en su artículo 33º al actual Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible como autoridad de aplicación. El Laboratorio de Control de Emisiones Gaseosas Vehiculares (LCEGV) fue instalado en 1998 por iniciativa de la entonces Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable en el predio del Instituto Nacional del Agua en Ezeiza, provincia de Buenos Aires, disponiendo, en un inicio, de tecnología capaz de inspeccionar las emisiones de vehículos livianos en uso en Estados Unidos. Esto permitió implementar el entrenamiento del personal, el procedimiento de medición y la logística para realizar chequeos de la producción de las terminales automotrices locales, así como ensayos de investigación y desarrollo. Sin embargo, recién a través de un crédito del Banco Mundial en 2004 y 2005 fue posible incorporar toda la tecnología de certificación internacional de emisiones de escape y evaporativas de vehículos livianos disponible hoy día, permitiendo que el país fuera uno de los tres de Sudamérica (junto con Brasil y Chile) con capacidades de certificación oficial de emisiones de automotores, cumpliendo normas de referencia de la Comunidad Europea y de los Estados Unidos (Directivas Europeas 70/220/CEE y posteriores y Normas US CFR 40 Parte 86 de la US EPA respectivamente). El LCEGV ha permitido en los últimos 15 años de funcionamiento continuado, hacer el seguimiento y control del cumplimiento con estándares de emisión EURO 2 a EURO 5a (Resoluciones de la entonces SAyDS 1270/2002 ó EURO 2, 731/2005 ó EURO 3 y 4 y 1464/2014 ó EURO 5) no solo a fines de la fiscalización local sino acompañando también el desarrollo de nuevas tecnologías y adaptación de productos automotrices más limpios para el país y la exportación, así como de combustibles tradicionales y alternativos más eficientes y acordes a las normativas vigentes. El desarrollo gradual de la actividad de certificación fue desarrollado a través del uso de patrones de calibración trazables al National Institute of Standards and Technology de los Estados Unidos (US NIST) y manteniendo periódicamente correlaciones con laboratorios acreditados en calidad y de referencia internacional, lo que permitió el reconocimiento no solo a nivel local sino también en el exterior. En los últimos años el desarrollo de actividades vinculadas a la medición de eficiencia energética y emisiones de gases de efecto invernadero sobre vehículos livianos, permitieron desarrollar junto a la

Secretaría de Energía y las empresas automotrices nucleadas en ADEFA (terminales automotrices nacionales) y CIDOA (importadores), normas técnicas IRAM (IRAM-AITA 10274 parte 1 y 2) e implementar la certificación y etiquetado de emisiones de CO<sub>2</sub> y el consumo de combustible de vehículos livianos a través de las resoluciones SAyDS 797/2017 y 85/2018.

La posterior confección de una base de datos pública con los valores de emisiones y consumo certificados<sup>12</sup> permitió la implementación del etiquetado vehicular durante el año 2020.

Durante 2019 se desarrollaron nuevas normas de control de la producción de configuraciones de modelo nacionales e importadas destinadas al mercado argentino (Resolución SGAyDS 78/2019) lo que permitió la actualización de las reglas de conformidad de la producción automotriz y establecer un marco para la fiscalización de las emisiones para todos los vehículos livianos dirigido a la actualización de la reglamentación local (**Figuras 44 y 45**).

**Figuras 44 y 45. Control de emisiones vehiculares en Argentina.**



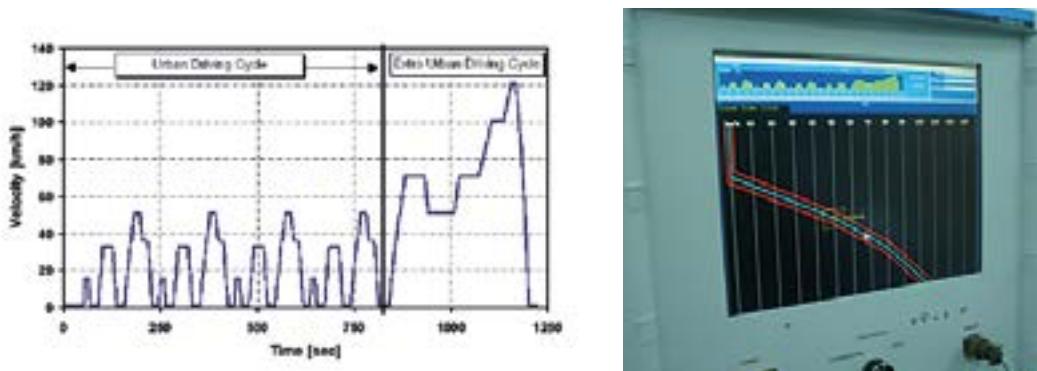
Fuente: MAyDS, 2020.

Durante 2020 el MAyDS y la Secretaría de Energía trabajaron con una cooperación técnica internacional del Centro Mario Molina Chile (dentro de un acuerdo con el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente) en el desarrollo de criterios de segmentación y categorización de modelos para la implementación del etiquetado comparativo, previsto por la Resolución SAyDS 85/2018 con la publicación de una resolución específica con este objetivo, antes de fin de año. Hacia fines de 2020, y conforme a la marcha del programa de implementación de la Resolución SAyDS 85/2018, cerca de la totalidad de los modelos de

12 Disponible en: <https://datos.gob.ar/dataset/ambiente-certificaciones-emisiones-gases-efecto-invernadero-consumo-vehiculos-livianos>

vehículos automotores livianos cuentan con etiquetas informativas de las emisiones de CO<sub>2</sub> en gramos por kilómetro y el consumo de combustible bajo ciclo de conducción EURO 5 NEDC (New European Driving Cycle es una secuencia de manejo seguida en monitor y simulada en dinamómetro de chasis) en litros cada 100 kilómetro (**Figuras 46 y 47**).

**Figuras 46 y 47. Ciclo de conducción EURO 5 NEDC (New European DrivingCycle) seguida en monitor.**



Fuente: MAyDS, 2020.

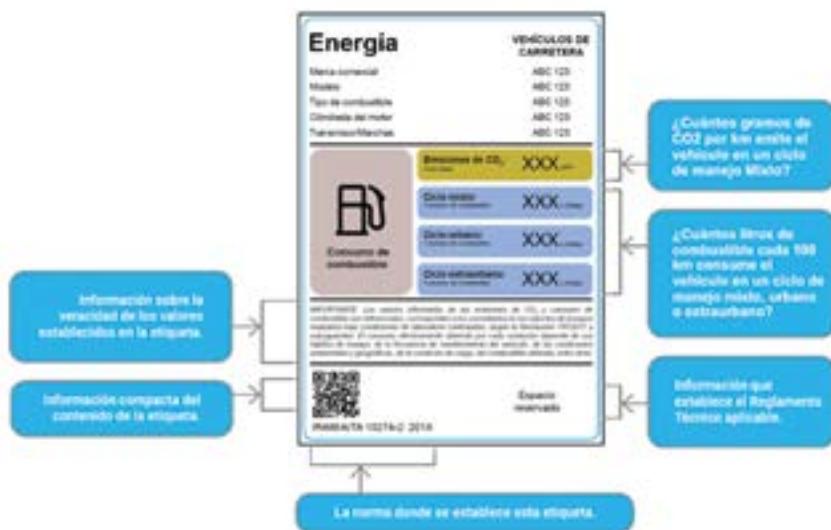
Dependiendo de las medidas adoptadas por la automotriz (terminales nacionales e importadores) para el etiquetado, ya sea se realice en etapa productiva (en líneas ensamblado) o en la venta en concesionarias, este etiquetado puede ser del tipo permanente, (con etiquetas adheridas a cada vehículo 0 km), removible, o informado por cartel removible en cada modelo exhibido a la venta en las concesionarias (**Figuras 48, 49, 50**).

Por otra parte, durante el 2020 el Laboratorio de Emisiones Vehiculares (LCE-GV-MAyDS) participó de las actividades del subproyecto de etiquetado vehicular del Instituto Nacional de Metrología de la República Federal de Alemania (Physikalisch Technische Bundesanstalt – PTB) y el MERCOSUR<sup>13</sup>, parte de un programa para fomentar el desarrollo y actualización de la infraestructura tecnológica de certificación de emisiones de CO<sub>2</sub> y consumo de combustible en la región, a fin de dar soporte a los programas de etiquetado de eficiencia energética vehicular. Este programa, coordinado por el Ministerio de Industria, Energía y Minería de Uruguay<sup>14</sup>, con la participación de las áreas de gobierno de Energía y Ambiente

<sup>13</sup> <https://www.mercosur.int/se-suscribio-convenio-de-ejecucion-del-proyecto-entre-el-mercosur-y-el-ptb/>

<sup>14</sup> <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/comunicacion/noticias/taller-sobre-situacion-cada-pais-materia-etiquetado-eficiencia-energetica>

## Figuras 48, 49 y 50. Etiquetado vehicular con información sobre emisiones de CO<sub>2</sub> y consumo de combustible.



Fuente: MAdyS, 2020.

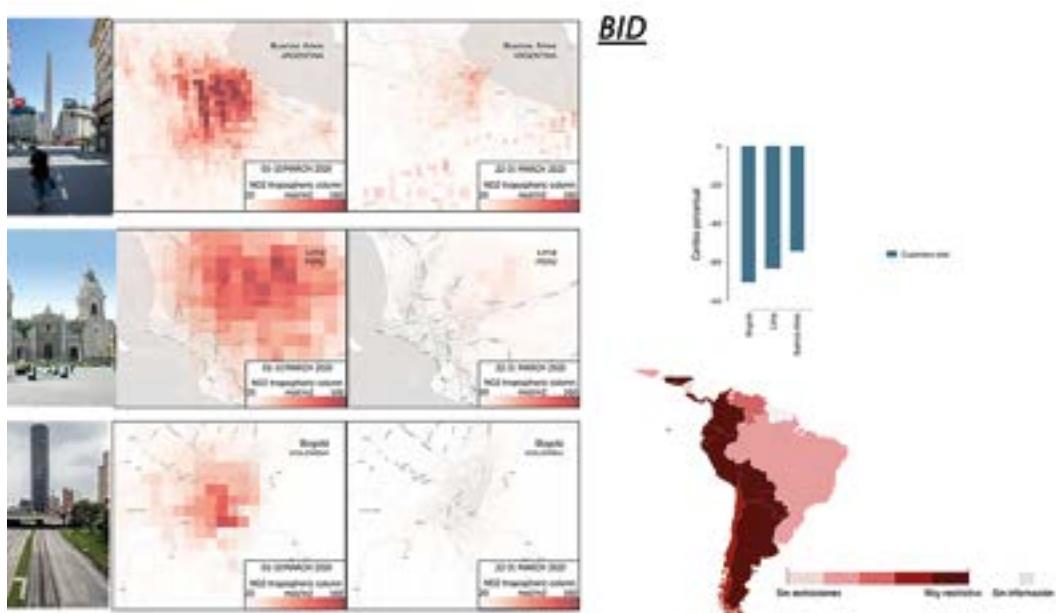
de Uruguay, Paraguay y Argentina, impulsa la acreditación en calidad y actualización de capacidades de ensayo a normas EURO 6 con la certificación de vehículos híbridos y eléctricos en la región, contando también con la contribución técnica de Institutos de Brasil y Chile como invitados.

Dentro del marco de estas actividades PTB-MERCOSUR, el Laboratorio de Emisiones Vehiculares ha participado junto con la Coordinación de Eficiencia Energética en Transporte de la Dirección Nacional de Energías Renovables de la Secretaría de Energía, en talleres y reuniones virtuales presentando el marco normativo del etiquetado vehicular en Argentina, así como la situación de la infraestructura y capacidad de certificación disponible en el país (Laboratorio de Control de emisiones Gaseosas Vehiculares) para dar soporte al Programa de Eficiencia Energética Vehicular, los planes de actualización a Normas 6 y de Acreditación en Calidad ISO 17.025 para Directivas Europeas 2007/715/CE y 2008/692/CE a Reg. UE 2017/1151 y posteriores, y Reglamento 101 UNECE (normas de referencia de Resoluciones 797/2017 y 85/2018 de etiquetado de vehículos livianos en Argentina). Este requerimiento se da también en el marco de evaluar la posibilidad de desarrollar un laboratorio de referencia regional con capacidad para proporcionar servicios de certificación requeridos para el etiquetado vehicular por Uruguay y Paraguay.

## Emisiones del transporte automotor durante la cuarentena por COVID-19

Más del 50 % de los contaminantes presentes en el aire atmosférico de las ciudades densamente urbanizadas del mundo provienen del transporte automotor. Esta consigna, surgida del diagnóstico a partir de inventarios de emisiones desarrollados durante las últimas décadas en diferentes megaciudades en todo el mundo<sup>15</sup>, se puso en evidencia de manera reciente a partir de la pandemia global por COVID-19 y la consecuente cuarentena iniciada en marzo de 2020, incluso para varios grandes conglomerados urbanos de Argentina y Latinoamérica. Mapeos de las concentraciones de dióxido de nitrógeno (contaminante atmosférico proveniente en mayor medida del tránsito vehicular) que pueden medirse a nivel global a través de datos capturados por el satélite Copernicus Sentinel 5-P, revelaron que especialmente en aquellos países donde se han establecidos y acatado las cuarentenas durante un cierto período de tiempo, los niveles de contaminación de NO<sub>2</sub> en el aire bajaron más de un 50 %. (Figura 51).

**Figura 51. Mapeos de las concentraciones de NO<sup>2</sup> medidos globalmente a través del satélite Copernicus Sentinel 5-P.**

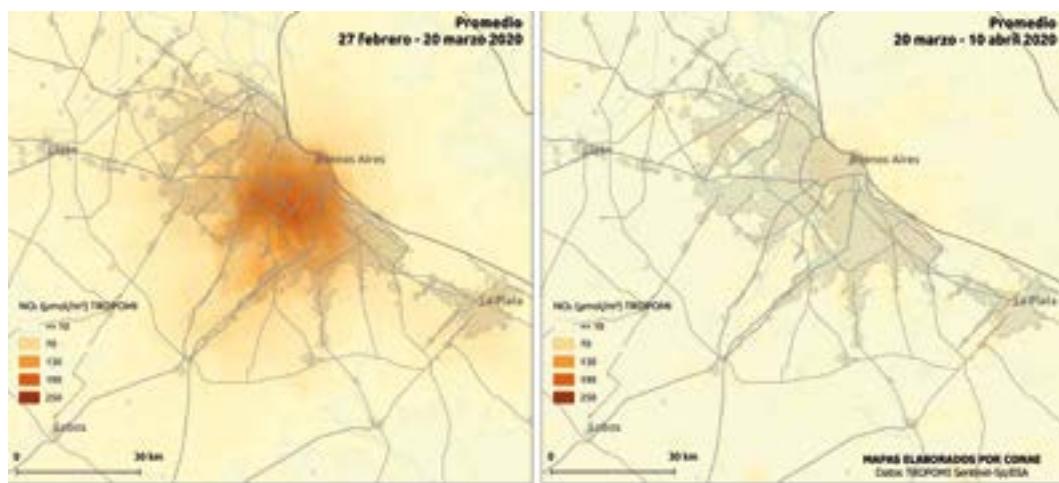


Fuente: BID, 2020.

15 Faiz, A., Weaver, C.S. and Walsh, M.P. (1996), Air Pollution from Motor Vehicles: Standards and Technologies for Controlling Emissions, The World Bank, Washington D.C.

Los resultados fueron, en un inicio, mostrados a nivel global para grandes ciudades de China y Europa, donde las cuarentenas fueron establecidas con anterioridad, pero luego fueron evaluándose en diferentes ciudades del mundo con situaciones similares confirmándose un diagnóstico similar. En Argentina, estudios con información satelital del sensor satelital TROPOMI - Sentinel-5p/ESA de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) del Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación Productiva, revelaron situaciones similares no solo para el Área Metropolitana de Buenos Aires sino para otros conglomerados densamente urbanizados del país como Córdoba, Rosario, Mendoza y San Miguel de Tucumán<sup>16</sup>. En las imágenes se analizaron los promedios de concentración de  $\text{NO}_2$  para las tres semanas previas y las tres posteriores al 20 de marzo, ya durante la cuarentena por COVID 19, encontrándose en todos los casos una sustancial reducción en la contaminación por  $\text{NO}_2$  del aire de estos centros urbanos. (**Figuras 52 a 56**).

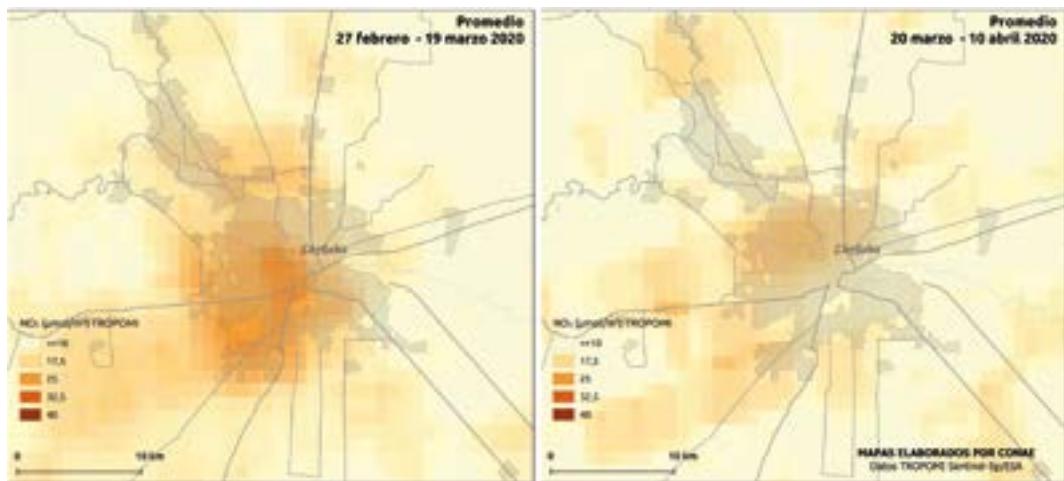
**Figura 52. Mapeos de las concentraciones de  $\text{NO}_2$  con información satelital del sensor satelital TROPOMI - Sentinel-5p/ESA de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) en Buenos Aires.**



Fuente: CONAE, 2020.

16 Sitio web CONAE (<https://www.argentina.gob.ar/noticias/baja-la-contaminacion-atmosferica-en-grandes-ciudades-de-la-argentina>)

**Figura 53. Mapeos de las concentraciones de NO<sub>2</sub> con información satelital del sensor satelital TROPOMI - Sentinel-5p/ESA de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) en Córdoba.**



Fuente: CONAE, 2020.

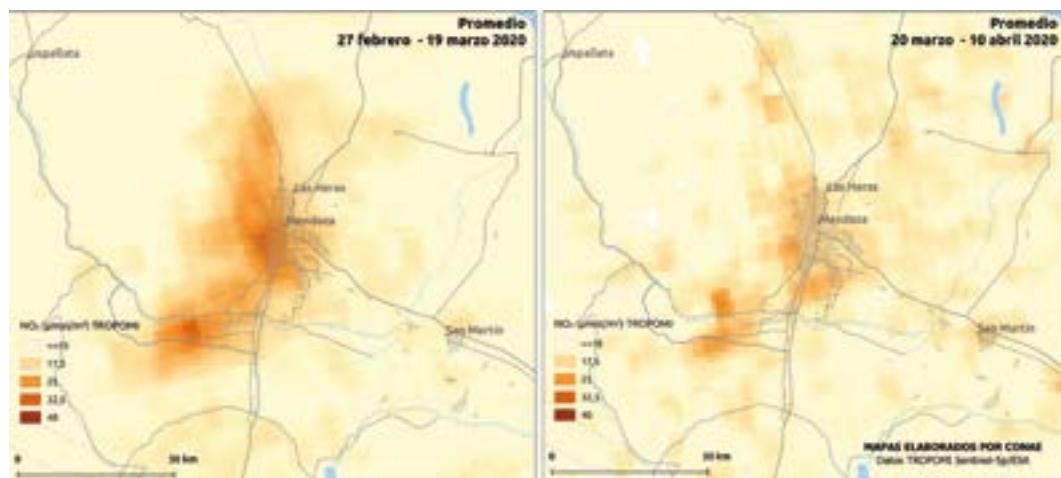
**Figura 54. Mapeos de las concentraciones de NO<sub>2</sub> con información satelital del sensor satelital TROPOMI - Sentinel-5p/ESA de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) en Rosario.**



Fuente: CONAE, 2020.

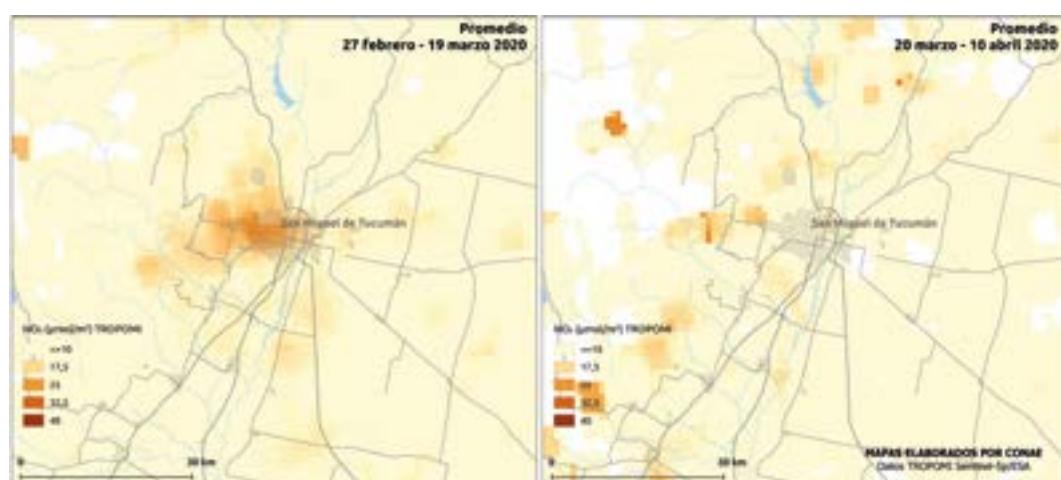
El transporte automotor es la principal fuente de emisión de los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), en áreas urbanas; estos son evaluados como la suma de NO<sub>2</sub> y NO (óxido nítrico) emitidos por el gas de escape de los motores de combustión interna en tránsito urbano diario. En este sentido, resulta de singular importancia la implementación de límites máximos de emisión desarrollada por el MAyDS desde 1995. Sin embargo, también tienen incidencia entre otros factores la calidad de los combustibles comerciales y cortes de biocombustibles, el mante-

**Figura 55. Mapeos de las concentraciones de NO<sub>2</sub> con información satelital del sensor satelital TROPOMI - Sentinel-5p/ESA de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) en Mendoza.**



Fuente: CONAE, 2020.

**Figura 56. Mapeos de las concentraciones de NO<sub>2</sub> con información satelital del sensor satelital TROPOMI - Sentinel-5p/ESA de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) en San Miguel de Tucumán.**



Fuente: CONAE, 2020.

nimiento de la flota vehicular en uso (controlado por el sistema de verificación técnica vehicular) y las diferencias encontradas entre las evaluaciones realizadas en laboratorio (donde tiene relevancia la repetitividad y reproducibilidad internacional que permite regular el mercado) y en uso real de los vehículos en la calle (vinculado al impacto real en la calidad del aire). Estas últimas diferencias encontradas en los últimos años sobre las emisiones de laboratorio y reales, en especial bajo las normas EURO 3, 4 y 5, llevaron a la incorporación a nivel

internacional de una nueva normativa EURO 6 que requiere mediciones complementarias a través de sistemas portátiles ensamblados a bordo de los vehículos automotores para la evaluación bajo conducción en la calle.

Parte de este relevamiento sobre calidad de aire y transporte fue presentado en el Workshop Air pollution management options for the transportation sector, para la Iniciativa Megacities Partnership<sup>17</sup> organizado vía web por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA) durante octubre 2020 en Lima, Perú, donde el LCEGV-MAYDS desarrolló el tema “Evolución de las Normas Internacionales de Emisiones de Automotores y Procedimientos de Certificación” en el (Octubre 6, 2020; 9-11:30AM Lima, Peru; 10-12:30AM US Eastern Times)

## Marco normativo sobre límites de NO<sub>x</sub> en automotores nuevos en Argentina

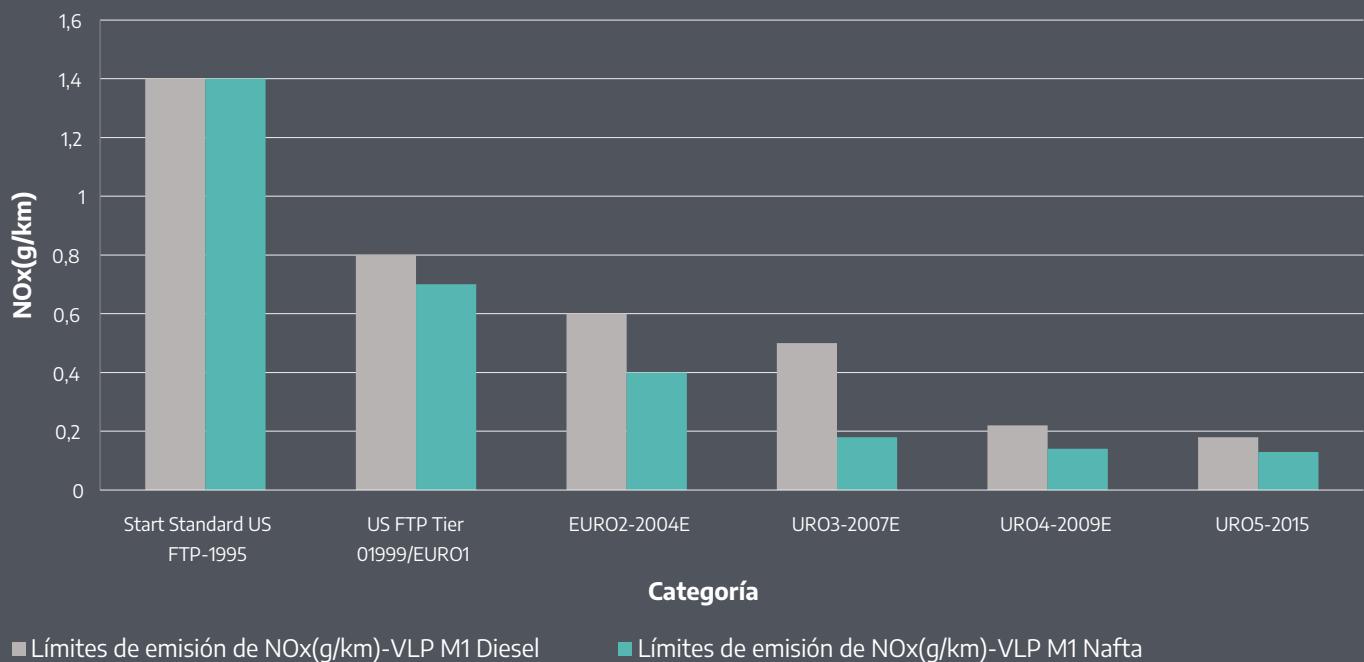
En Argentina, la Ley Nacional de Tránsito y Seguridad Vial 24.449 fue reglamentada en el año 1995 a través del Decreto 779/95, que en su artículo 33º fija los límites sobre emisiones de contaminantes criterio a los que deben ajustarse los vehículos automotores livianos y pesados nuevos, así como dos Figuras de control; la homologación del nuevo modelo a producir y el control de conformidad de la producción.

Los límites de emisión para NO<sub>x</sub> de vehículos livianos (con motores ciclo Otto y diésel), tanto de pasajeros (M1) como comerciales (N1) adoptados desde 1995 a la actualidad, fueron evolucionando con base en las sucesivas resoluciones de la autoridad de aplicación (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) y en acuerdo a aquellos de referencia establecidos por las normas EURO 1 a 5 de la Comunidad Europea (**Figura 57**). Estos límites fijan un máximo en gramos por kilómetro para la masa de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) emitida bajo un ciclo de manejo que simula un tránsito urbano diario estandarizado, denominado New European Driving Cycle (NEDC). El mismo consiste en una traza (velocidad en función del tiempo) de conducción urbana y extraurbana de 20 minutos de duración, contemplando un recorrido de aproximadamente 11 km que es simulado en un dinamómetro de chasis en laboratorio. Estos límites deben ser cumplidos durante toda la vida útil del vehículo especificada en 80.000 km para estándares entre EURO 1 a 4 y elevada a 160.000 km para EURO 5 y 6.

---

17 <https://www.epa.gov/international-cooperation/epa-collaboration-peru#megacities>

**Figura 57. Límites de emisión de NO<sub>x</sub> para vehículos livianos de pasajeros con motores ciclo Otto y diésel.**



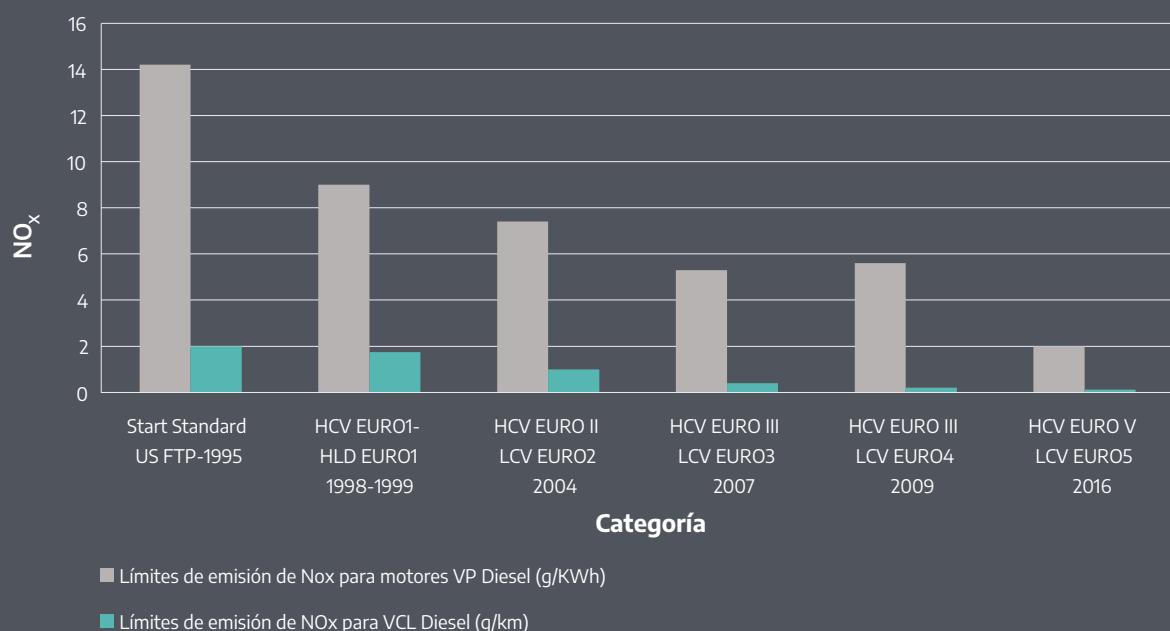
Fuente: MAdS, 2020.

En lo que respecta a vehículos pesados las normas argentinas adoptaron también los estándares de emisión de la Comunidad Europea (EURO I a V) para nuevos modelos de motores (de vehículos pesados), estableciendo como límite la masa de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) emitida por unidad de energía consumida en kilowatt·hora, bajo un ciclo de evaluación en estado estacionario (a velocidad y carga constante), y a partir de EURO III también bajo un ciclo transiente denominado ETC (European Transient Cycle), ambos realizados en bancos dinamométricos de motor.

A continuación se presenta la evolución de límites de emisión para vehículos comerciales livianos (más del 65 % con motores diésel) y pesados (100 % con motores diésel) cuyo parque presenta una composición en la que predominan los motores diésel. La evolución de los límites de emisión en Argentina para este tipo de vehículos puede observarse en la **Figura 58**.

En el caso de la flota de vehículos comerciales pesados, en Argentina la normativa se mantuvo en el estándar EURO III entre los años 2007 y 2016, pasando directamente al estándar EURO V en 2016 sin pasar por el EURO IV, mientras que en el caso de la flota comercial liviana se implementó el EURO IV en 2009.

**Figura 58. Límites de emisión de NO<sub>x</sub> para vehículos comerciales y motores de vehículos pesados.**



Fuente: MAdS, 2020.

## Nuevas tecnologías, combustibles alternativos y transición energética

Durante 2020 el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible ha implementado en sus licitaciones de compra de rodados, varios criterios de selección de las tecnologías automotrices que contemplan tanto las emisiones de CO<sub>2</sub> como la eficiencia energética vehicular, teniendo en cuenta los parámetros establecidos para las mejores categorías de etiquetado vehicular en camionetas, así como para vehículos livianos sedanes híbridos completos. Esta iniciativa es sumamente relevante y precursora a nivel de la administración del Estado nacional para la mitigación de emisiones GEI.

En lo que hace a combustibles alternativos, el LCEGV viene desarrollando desde hace más de 15 años mediciones de emisiones y consumo de vehículos, que emplean biocombustibles (con diferentes cortes de biodiésel<sup>18</sup> en diésel y bioe-

18 "Biodiésel: Análisis Comparativo de las Emisiones de Vehículos Livianos diésel bajo Directivas Europeas 70/220/CEE y Posteriores" Revista de la Asociación Argentina de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente - AIDIS 119 (primer cuatrimestre de 2013) pág. 54 a 63. Autores: J. Vassallo, H. Asprea y O. Oficialdeguy.

tanol<sup>19</sup> en naftas) y convertidos al uso de gas natural comprimido. Habiendo realizado estudios sobre diferentes cortes de bioetanol junto a YPF y el Instituto Nacional del Agua que fueron publicados en la revista ISA AIDIS 125, los mismos recibieron el Primer Premio en Notas Técnicas INTI de la Asociación de la Prensa Técnica Especializada Argentina; "Premio APTA Rizzuto durante el año 2015

Hoy en día, el LCEGV-MAyDS integra una red del Cyted (Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo) junto a más de 40 grupos de investigación de Iberoamérica para la "Producción y Usos de Hidrógeno en el Transporte y la Red Eléctrica - H2TRANSEL" (<https://ithes-uba.conicet.gov.ar/h2transel/>). Para el desarrollo del uso del hidrógeno como combustible vehicular, se contempla la evaluación de emisiones y consumo en motores de combustión para mezclas de 10 % de hidrógeno con GNC, proyectada dentro del consorcio público privado H2Ar de YPF Tecnología (YTec) o con biogás (proyectos en desarrollo del INTA y con la participación del INA), así como en celdas de combustible a hidrógeno (FCEV) con motores eléctricos. En ese sentido, junto a la Agencia Nacional de Promoción de la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación y el Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación (MINCyT), el MAyDS participó en el desarrollo de jornadas sobre electromovilidad y uso de hidrógeno en el transporte<sup>20</sup>.

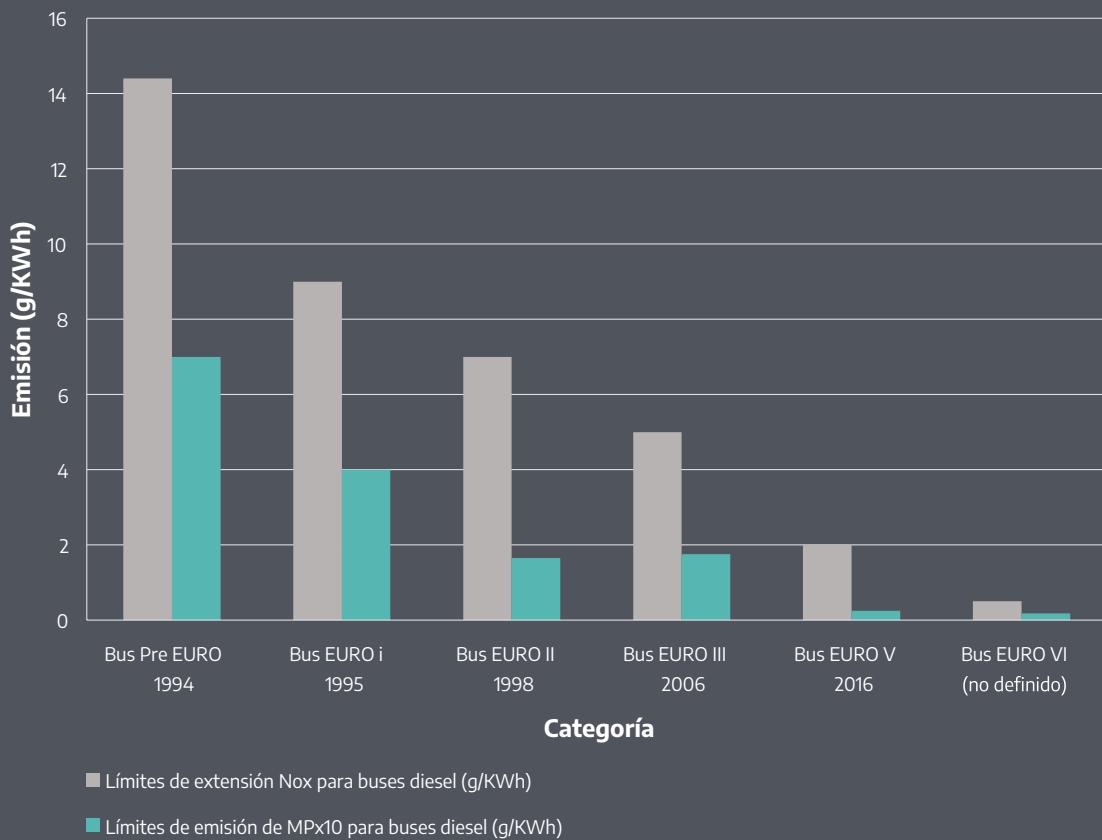
Por otra parte, también se sigue trabajando junto al Ministerio de Transporte y la Secretaría de Energía para dar continuidad a las actividades de medición de eficiencia energética y emisiones de camiones y vehículos pesados antes mencionadas bajo convenio con el International Council on Clean Transportation (ICCT), analizando también la posibilidad de desarrollar la medición de camiones y buses con combustibles y energías alternativas (GNC o GNL con 10 % H<sub>2</sub>, híbridos etc.). Por último, en el marco de un trabajo de cooperación internacional durante 2020, el ICCT evaluó los costos evitados en salud por el ingreso de tecnologías EURO VI para vehículos pesados de carga y pasajeros en Argentina<sup>21</sup> y lo presentó en un seminario abierto (<https://www.youtube.com/watch?v=YmWhB-sQPS4>). La evolución de los límites máximos de emisión en Argentina para el transporte público de pasajeros (ómnibus) es presentado en la **Figura 59**.

19 "Determinación de aldehídos y cetonas en emisiones de gases de escape de vehículos EURO IV que emplean mezclas de nafta y bioetanol, en Argentina". Revista de la Asociación Argentina de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente - AIDIS 125 (primer cuatrimestre de 2015), pág. 53 a 62. Autores: J. Vassallo, H Asprea, O. Oficial-deguy, V. Rodríguez Salemi, B. Gómez y C. Gómez 1er Premio Notas Técnicas INTI de la Asociación de la Prensa Técnica Especializada Argentina; "Premio APTA Rizzuto 2015" Bs. As. 30 octubre 2015.

20 <https://www.argentina.gob.ar/noticias/salvarezza-guzman-y-cabandie-participaron-de-un-encuentro-dedica-do-al-potencial-del>

21 Análisis costo-beneficio de las normas Euro VI sobre emisiones en vehículos pesados en Argentina. Miller, Joshua y Braun, Caleb y ICCT. S.I.: International Council on Clean Transportation (ICCT). Abril 2020.

**Figura 59. Evolución de los límites máximos de emisión de NO<sub>x</sub> y MP de buses nuevos en Argentina.**

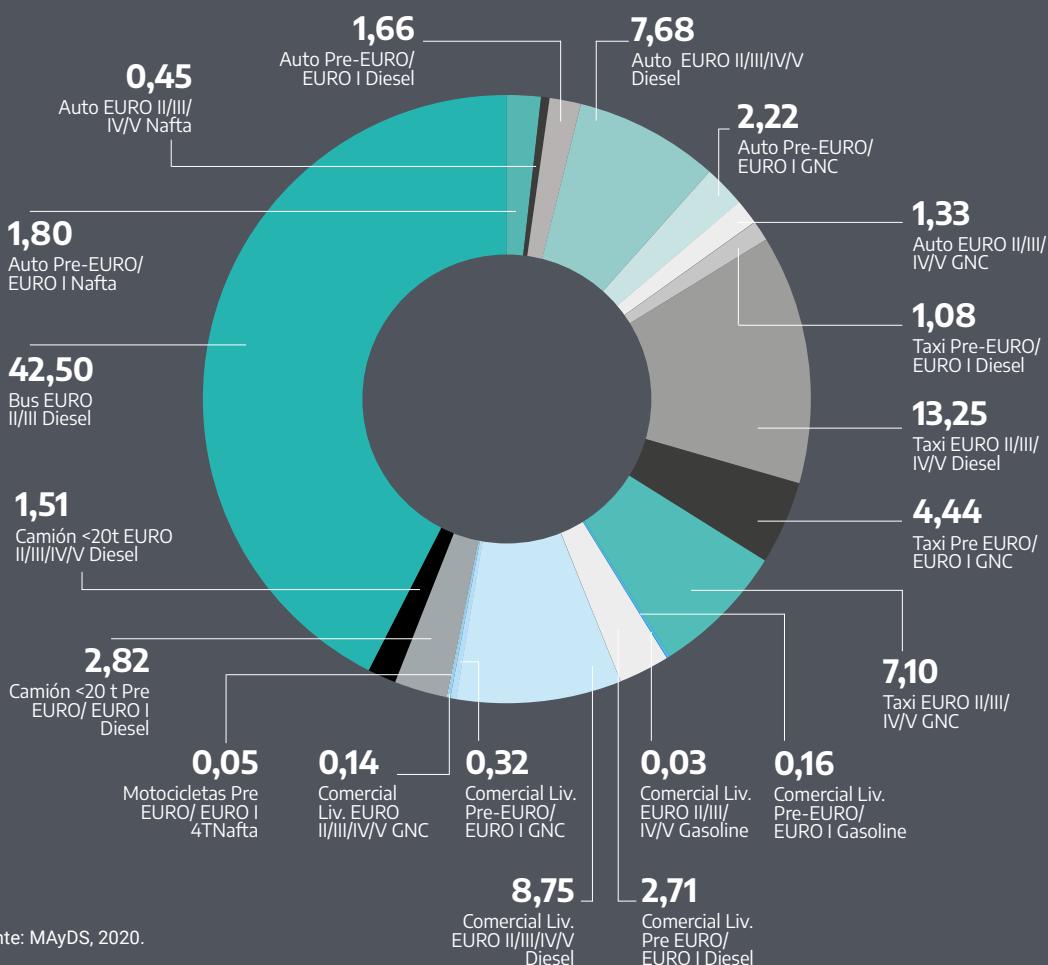


Fuente: MAdS, 2020.

El análisis de las contribuciones de NO<sub>2</sub> por parte de las diferentes flotas circulantes (buses, taxis, transporte comercial, vehículos particulares etc.) por tipo de combustible, y en base a la distribución de frecuencias de paso de vehículos por tecnología, fue evaluado para el año 2013<sup>22</sup> a través de un inventario de emisiones del tipo “bottom up” (de abajo hacia arriba) sobre el parque automotor circulante en proximidad de la estación de monitoreo de calidad de aire de la Agencia de Protección Ambiental (APrA) del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires ubicada en la Av. Córdoba y Rodríguez Peña. La conclusión obtenida para este estudio fue que las mayores contribuciones de NO<sub>2</sub> provenían del transporte automotor (algo

22 “La Contaminación del Aire y el Transporte Automotor en Buenos Aires: Análisis de las Emisiones de NO<sub>2</sub> Provenientes del Transporte Automotor en un Sitio Comercial de la Ciudad de Buenos Aires”. Revista Ingeniería Sanitaria y Ambiental (ISA) de la Asociación Argentina de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente - AIDIS 137, pág. 59 a 80., enero 2020. Autores: Vassallo, Julio E. y Mayol, María Laura.

**Figura 60. Distribución de la carga de NO<sub>2</sub> emitida (evaluación período 2009 a 2013) por flota automotor circulante en Av. Córdoba y Rodríguez Peña (CABA) en horas pico con tránsito congestionado.**



recientemente comprobado a través de monitoreo satelital de NO<sub>2</sub> realizados en 2020 durante el principio de la cuarentena por la pandemia del COVID 19 en la Ciudad Buenos Aires, y se debían en un porcentaje importante al aporte de la flota de buses y vehículos de transporte urbano con motores diésel (**Figura 60**).

El ingreso de tecnologías tradicionales y alternativas (GNC, híbridos y eléctricos) bajo la normativa EURO VI para renovar la flota de ómnibus urbanos en el AMBA y otras ciudades densamente urbanizadas del interior, bajo un programa similar al implementado por Santiago de Chile en 2020, podría ser una alternativa para adelantar el ingreso de la norma EURO VI a la Argentina, con importantes beneficios en salud según lo analizado en el estudio de ICCT<sup>23</sup>.

23 Análisis costo-beneficio de las normas EURO VI sobre emisiones en vehículos pesados en Argentina. Miller, Joshua y Braun, Caleb y ICCT, s.l.: International Council on Clean Transportation (ICCT). Abril 2020.

## **Iniciativa de participación ciudadana: utilización de sensores de material particulado de bajo costo por voluntarios en bicicletas**

Durante 2020 se continuó con el proyecto iniciado en 2019 con el grupo Open-Seneca de la Universidad de Cambridge, con los sensores de bajo costo de calidad del aire ensamblados en dos talleres realizados en la Universidad Nacional de San Martín, y en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA.

Este proyecto se desarrolla como un ejercicio de participación ciudadana de monitoreo de la calidad del aire, que permite generar conciencia ambiental mediante la obtención de datos indicativos sobre variaciones relativas a la concentración de material particulado en sus recorridos.

Pese al confinamiento social debido a la cuarenta por COVID-19, se realizaron dos experiencias participativas, una en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y otra en la provincia de Córdoba.

### **Iniciativa de participación ciudadana en CABA**

En los meses de mayo y junio de 2020 se realizó el experimento participativo de monitoreo de aire: una experiencia de ciencia ciudadana para políticas públicas, en forma conjunta entre el Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación, el PNUD, y el grupo Open-Seneca (**Figuras 61 a 63**).

Al igual que en las anteriores ocasiones, se utilizaron sensores de bajo costo ensamblados en el año 2019 durante la realización de dos talleres mencionados.

El Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires recibió ocho sensores para medir la calidad del aire durante el aislamiento social. Los sensores fueron instalados en las bicicletas o mochilas de vecinos voluntarios, seleccionados según la región y frecuencia de circulación.

## Monitoreo de calidad de aire con sensores móviles en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Figura 61. Mapa de la ciudad de Buenos Aires con las mediciones y recorridos realizados.

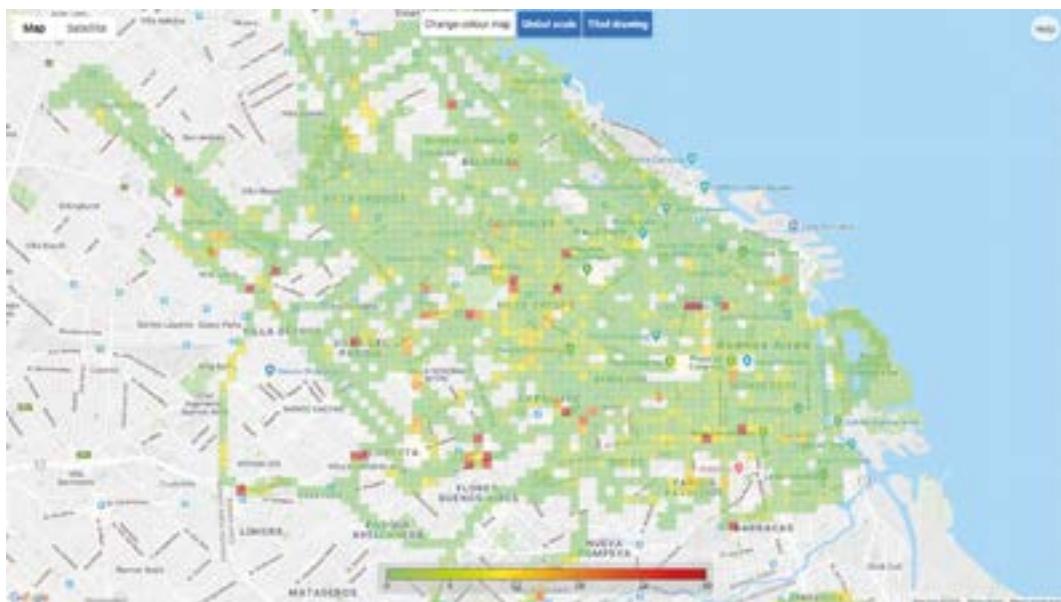


Figura 62. Acto de entrega en préstamo de los sensores al Gobierno de CABA.



Figura 63. Voluntarios con sensores instalados en sus bicicletas.



Fuente: MAyDS, 2020.

Las conclusiones a las que se llegaron fueron:

1. La ciudad de Buenos Aires mostró una exposición general baja a la contaminación, de aproximadamente  $6 \text{ ug} / \text{m}^3$ , debido al aislamiento social impuesto por la COVID-19.
2. Hay áreas que exceden la línea de base relativa por un margen significativo (50+).
3. Se comprobó que se puede proporcionar una línea de base para cualquier resolución, siempre que haya suficientes voluntarios que utilicen los sensores.
4. La experiencia permitió estar al tanto de su exposición.<sup>24</sup>

---

24 Los datos obtenidos fueron puestos en BA DATA por el Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires en el sitio <https://data.buenosaires.gob.ar/dataset/monitoreo-colaborativo-calidad-aire>

## Iniciativa de participación ciudadana en la provincia de Córdoba

Con respecto a la iniciativa desarrollada en la ciudad de Córdoba, a manera de ejemplo, se muestran dos de los recorridos realizados por ciclistas voluntarios llevados a cabo en la zona noroeste y centro de la ciudad y los valores de concentración de PM2,5 medidos durante los mismos.

### Monitoreo de calidad de aire con sensores móviles en la ciudad de Córdoba, (2020).

Figura 65. Recorrido realizado en zona centro de la ciudad de Córdoba.



Figura 64. Recorrido realizado en zona residencial.



Fuente: Secretaría de Ambiente, Municipalidad de Córdoba, 2020.

## Bibliografía

Carbajal Benitez, G.; Orte, F.; Luccini E., et al (2020) "Temporada del Agujero de Ozono (2020)", Repositorio Institucional del SMN. Disponible en: <http://repositorio.smn.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12160/1421/0039VG2020.pdf?sequence=1&isAllowed=>

Drinovec, L., Močnik, G., Zotter, P., et al (2015) "The 'dual-spot' Aethalometer: an improved measurement of aerosol black carbon with real-time loading compensation", *Atmospheric measurement techniques*, 8(5), 1965-1979.

EPA, M. (2012) "Report to congress on black carbon", Department of the Interior and Related Agencies, Edito. Disponible en: <https://www3.epa.gov/blackcarbon/2012report/fullreport.pdf>

Faiz, A. Weaver, C.S. and Walsh, M.P. (1996), *Air Pollution from Motor Vehicles: Standards and Technologies for Controlling Emissions*, The World Bank, Washington D.C.

Análisis costo-beneficio de las normas EURO VI sobre emisiones en vehículos pesados en Argentina. s.l.: International Council on Clean Transportation (ICCT). Autores: Miller, Joshua y Braun, Caleb y ICCT, abril de 2020.

UNEP (2019) "Handbook for the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer", United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi (Kenya).

La Contaminación del Aire y el Transporte Automotor en Buenos Aires: Análisis de las Emisiones de NO<sub>2</sub> Provenientes del Transporte Automotor en un Sitio Comercial de la Ciudad de Buenos Aires". Revista Ingeniería Sanitaria y Ambiental (ISA) de la Asociación Argentina de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente - AIDIS 137 (Ene. 2020), pág. 59 a 80., 2020. Autores: Vassallo, Julio E. y Mayol, María Laura.

Biodiésel: Análisis Comparativo de las Emisiones de Vehículos Livianos diésel bajo Directivas Europeas 70/220/CEE y Posteriores. Revista de la Asociación Argentina de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente - AIDIS 119 (primer cuatrimestre de 2013) pág. 54 a 63. Autores: j. Vassallo, H. Asprea y O. Oficialdeguy.

Determinación de aldehídos y cetonas en emisiones de gases de escape de vehículos EURO IV que emplean mezclas de nafta y bioetanol, en Argentina. Revista de la Asociación Argentina de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente - AIDIS 125 (primer cuatrimestre de 2015) pág. 53 a 62. Autores: J. Vassallo, H Asprea, O. Oficialdeguy, V. Rodríguez Salemi, B. Gómez y C. Gómez 1er Premio Notas Técnicas INTI de la Asociación de la Prensa Técnica Especializada Argentina; "Premio APTA Rizzuto 2015" Bs. As., 30 octubre 2015. (<http://www.apta.org.ar/institucional/actividades/premios>)