

Efectos de las cuarentenas y restricciones de actividad relacionadas con el COVID-19 sobre la calidad del aire en las ciudades de América Latina

Julio de 2020

La contaminación del aire representa un importante riesgo ambiental para la salud. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la contaminación del aire es responsable de 300.000 muertes al año en el continente americano, y **nueve de cada diez** personas respiran ahora mismo aire contaminado.

Los contaminantes del aire claves en relación con la salud humana y ambiental son el material particulado grueso (PM₁₀) y el fino (PM_{2,5}), el dióxido de nitrógeno (NO₂) y el dióxido de azufre (SO₂).

- A. Reducción de contaminantes en el aire respirable en ciudades seleccionadas de América Latina
- B. Reducción de contaminantes del aire en ciudades de Europa y China
- C. Síntesis y reflexiones finales



Fuente: Organización Mundial de la Salud (OMS).

Los contaminantes PM_{10} , $PM_{2.5}$, NO_2 y SO_2 pueden generarse mediante procesos naturales (ejemplos de ello son el polvo, la arena, las cenizas volcánicas y la niebla), pero principalmente son emitidos y quedan suspendidos en el aire como consecuencia de la actividad humana, la tecnología y la matriz energética, que inciden en la contaminación producida por el transporte, la quema de combustibles fósiles, el funcionamiento de las industrias, las fundiciones, la calefacción, las calderas y algunos tipos de cocinas. El nivel de concentración de estos contaminantes en el aire de las ciudades viene determinado por las propias condiciones ambientales de cada ciudad¹. Por lo tanto, estas concentraciones se deben a múltiples factores, y su disminución potencial no puede atribuirse solo a la reducción de la actividad y las cuarentenas impuestas para hacer frente a la pandemia de COVID-19.

Las medidas tomadas por los gobiernos nacionales o locales de los países de la región para contener los contagios en el marco de la pandemia de COVID-19 incluyen cuarentenas, confinamientos y reducción o cese de actividades económicas, y han impactado en los niveles de producción y movilidad humana. Dado que anecdóticamente se ha observado una mejora de la calidad del aire, se examinan los datos estadísticos para determinar si dichas medidas han contribuido efectivamente a mejorar la calidad del aire en las ciudades de América Latina.

En este documento se presentan los resultados de una investigación estadística sobre las concentraciones de $PM_{2.5}$, NO_2 y SO_2 , tres contaminantes clave², en una serie de ciudades seleccionadas de la región³ que albergan alrededor del 14% de la población urbana de América Latina: Bogotá, Ciudad de México, Lima, Monterrey (México), Quito, Santiago y São Paulo (Brasil). Se presentan gráficos en los que se informa sobre la contaminación observada, contrastando los niveles registrados durante los primeros meses de 2019 y de 2020.

Los datos muestran que el nivel de concentración de NO_2 y SO_2 en el aire de las ciudades latinoamericanas ha disminuido durante las cuarentenas —principalmente al inicio—, mientras que el $PM_{2.5}$ muestra niveles variables antes y durante el período de restricciones. Como referencia, también se presentan los datos estadísticos de tres ciudades de Europa y dos de China en las que también se observan reducciones de los contaminantes en 2020, si bien se parte de valores absolutos del índice distintos a los de América Latina.

La unidad de medida utilizada en este estudio corresponde al índice de calidad del aire, que se basa en los datos de estaciones de monitoreo de las ciudades correspondientes⁴. En los gráficos referentes a cada contaminante se emplean valores referenciales para categorizar los niveles de calidad del aire (“bueno”, “moderado”, “insalubre”, “muy poco saludable” y “peligroso”, entre otros) de acuerdo a la normativa de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA).

A. Reducción de contaminantes en el aire respirable en ciudades seleccionadas de América Latina

En general, en el caso de los tres contaminantes estudiados en las ciudades de América Latina, tanto los niveles absolutos del índice de concentración de contaminantes como su variación temporal muestran una disminución significativa en 2020 respecto del año anterior. Asimismo, se registra una alta heterogeneidad, cierta variabilidad semanal y, en algunos casos, valores atípicos.

¹ Entre las condiciones ambientales se incluyen las corrientes de aire y vientos, las temperaturas estacionales, la topografía de las ciudades (por ejemplo, la ciudad de Santiago está rodeada de montañas, por lo que se origina un efecto de inversión térmica, que atrapa los contaminantes), el volumen de precipitaciones y grado de humedad, así como la existencia de espacios cubiertos de tierra que, en combinación con las corrientes de aire, provocan la dispersión y suspensión de polvo.

² Véase la nota técnica (recuadro 2) sobre las fuentes y los efectos en la salud de los tres contaminantes estudiados al final de este documento.

³ Se estudiaron varias capitales y otras grandes ciudades de América Latina, pero en este documento solo se presentan casos seleccionados.

⁴ En la nota metodológica (recuadro 1) al final de este documento se describen tanto el índice como la escala utilizados en este estudio.

1. La contaminación por dióxido de azufre (SO₂) registra una baja en las ciudades estudiadas, particularmente en Ciudad de México y Lima

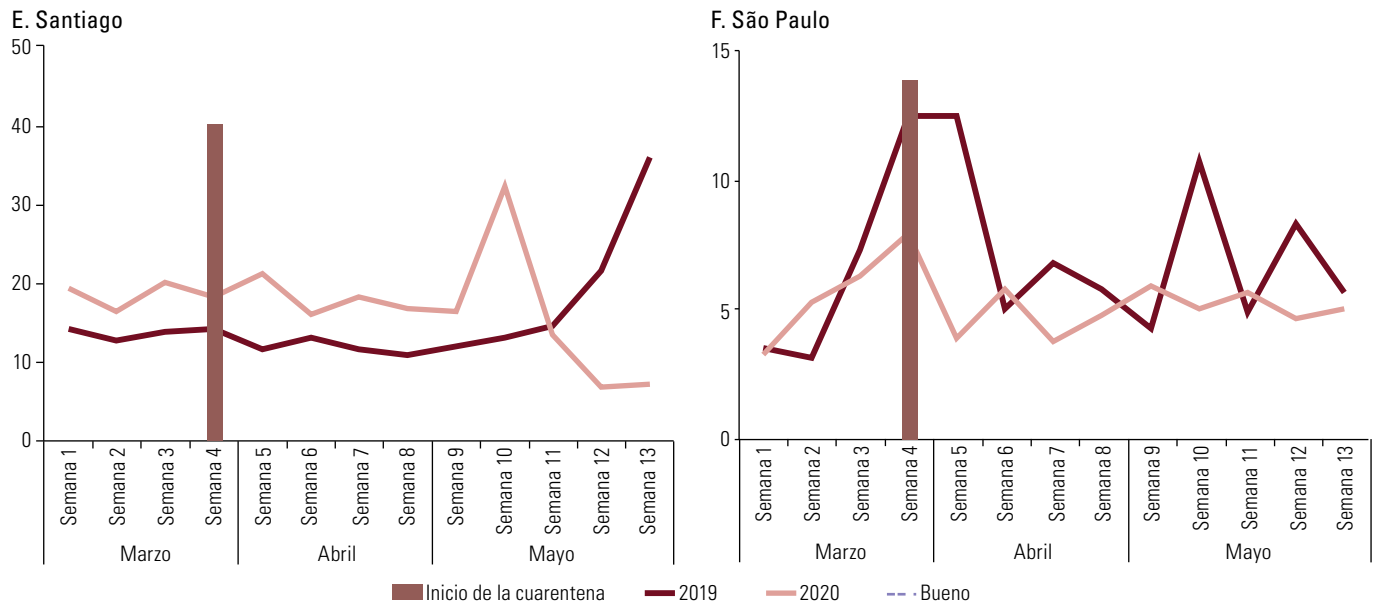
Las concentraciones de SO₂ han disminuido en las ciudades estudiadas —excepto Santiago— durante las cuarentenas. Este contaminante es emitido principalmente por la quema de combustibles fósiles, en particular en el transporte y la industria.

En el gráfico 1 se muestra que, al inicio de las cuarentenas instauradas durante marzo de 2020, en cinco de las seis ciudades se aprecia una fuerte disminución de la contaminación por SO₂; esta disminución se atenúa más adelante, lo que se podría asociar a un aumento de las actividades y un menor cumplimiento de las restricciones. Santiago muestra un comportamiento distinto: presenta mayores niveles de SO₂ hasta mediados de mayo de 2020, cuando los niveles se reducen significativamente y caen por debajo de los registrados en 2019. En términos de niveles absolutos del índice de calidad del aire, en ambos años São Paulo (Brasil), Bogotá y Santiago presentan niveles de contaminación menores que los de las demás ciudades.

Gráfico 1
América Latina (ciudades seleccionadas): promedio semanal de las concentraciones máximas diarias de dióxido de azufre (SO₂), marzo a mayo de 2019 y de 2020 (Índice de calidad del aire)



Gráfico 1 (conclusión)



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de datos de The World Air Quality Project [en línea] www.aqicn.org.
^a La cuarentena en Lima comenzó en marzo de 2020.

En Ciudad de México, urbe de 20 millones de habitantes⁵, se observa una disminución significativa de 35 puntos del índice de calidad del aire en cuanto a la concentración de SO₂ que pasa de 84 puntos en marzo de 2019 a 39 puntos en marzo de 2020, lo que coincide con la declaración de pandemia por parte de la Organización Mundial de la Salud (OMS) el 11 de marzo de 2020.

En Lima, una ciudad de 8,5 millones de habitantes, también caen los niveles de concentración de SO₂, desde un 66% la primera semana de abril de 2020 hasta un 20% la última semana de mayo de 2020 con respecto a las mismas semanas del año anterior. Esta disminución ha permitido que el aire en Lima se considere “bueno” según el índice de calidad del aire, y no dañino para la salud.

En Santiago, donde viven 7 millones de personas, se detectan en las fechas estudiadas niveles dentro del rango “bueno” del índice de calidad del aire. Hasta la tercera semana de mayo de 2020 los niveles de SO₂ fueron superiores a los registrados en 2019, y desde ese punto los valores se reducen con respecto al año anterior. Con todo, el nivel de concentración es notoriamente más bajo que en Lima y Quito, y equivale a un tercio de lo observado en Ciudad de México.

2. La contaminación por dióxido de nitrógeno (NO₂) disminuye en las ciudades estudiadas, especialmente en Lima y Santiago

La disminución de las concentraciones de NO₂ es muy evidente en las ciudades. Se trata de un contaminante emitido principalmente por la industria, las centrales termoeléctricas y los automóviles, particularmente los que utilizan combustible diésel.

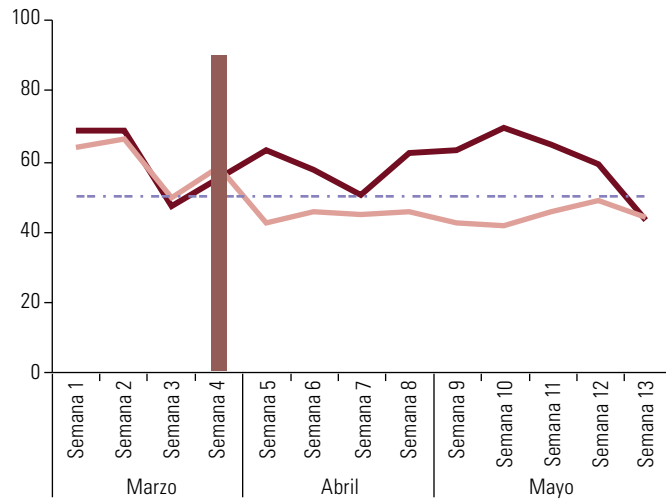
En el gráfico 2 se muestra la notable reducción de concentración de NO₂ en 2020 respecto de 2019 en seis ciudades, entre las que resaltan Santiago y Lima. Se observa una leve alza de la contaminación hacia las últimas semanas de 2020 en Bogotá, São Paulo (Brasil) y Monterrey (México).

⁵ Datos del Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía (CELADE)-División de Población de la CEPAL, 2019.

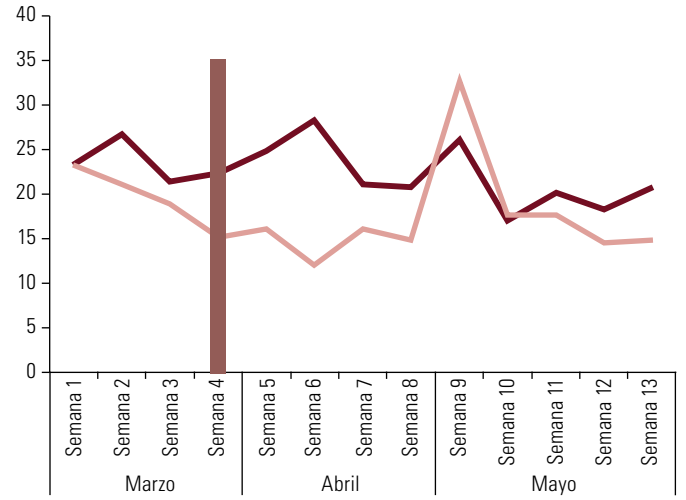
Gráfico 2

América Latina (ciudades seleccionadas): promedio semanal de las concentraciones máximas diarias de dióxido de nitrógeno (NO₂), marzo a mayo de 2019 y de 2020 (Índice de calidad del aire)

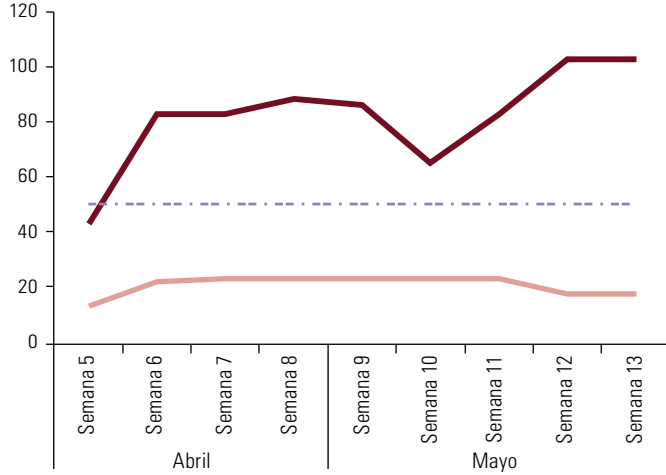
A. Ciudad de México



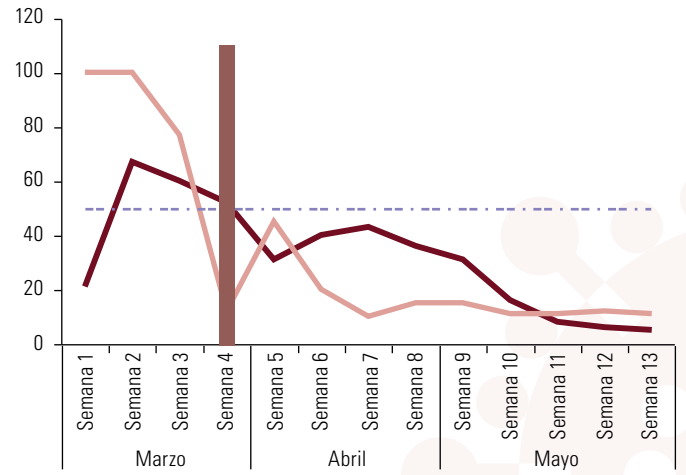
B. Bogotá



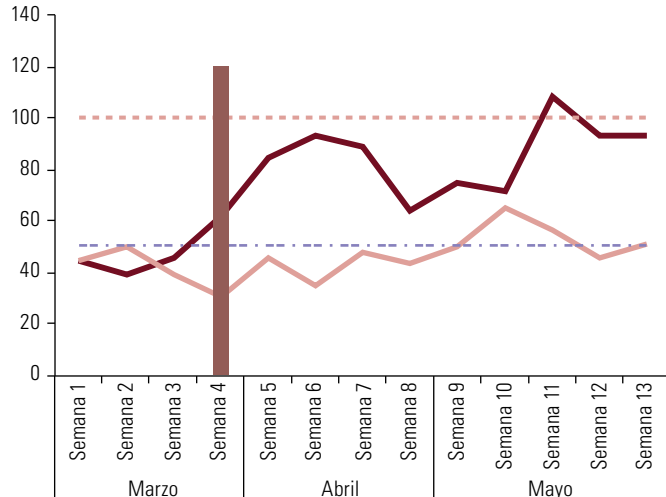
C. Lima^a



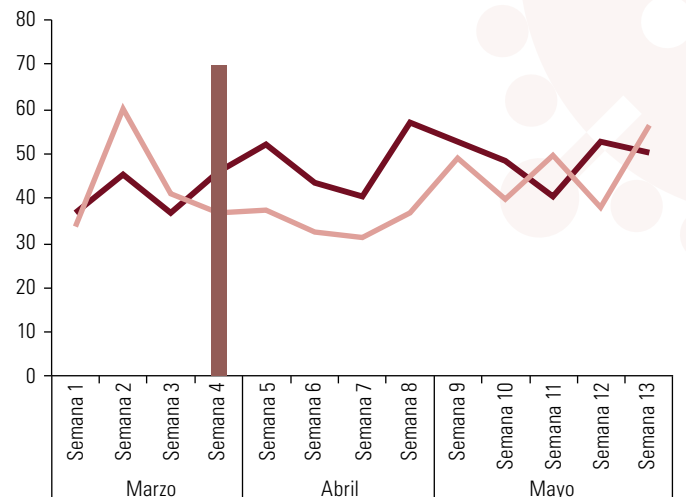
D. Monterrey



E. Santiago



F. São Paulo



■ Inicio de la cuarentena ■ 2019 ■ 2020 - - - Bueno - - - Riesgo moderado

Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de datos de The World Air Quality Project [en línea] www.aqicn.org

^a La cuarentena en Lima comenzó en marzo de 2020.

En Lima se observa una gran disminución de la concentración de NO_2 en 2020 respecto del año anterior: inicialmente representa la mitad del nivel de 2019 y luego supone una reducción del 80%. A diferencia de 2019, durante 2020 las concentraciones registradas en Lima se sitúan dentro del rango “bueno” del índice de calidad del aire.

En São Paulo (Brasil), urbe de 20 millones de habitantes, se aprecia una disminución de las concentraciones de NO_2 de más del 30% a mediados de marzo de 2020 respecto de la misma fecha en 2019. Posteriormente y hasta la primera semana de mayo las concentraciones se mantienen en niveles menores que en 2019, dentro del rango considerado “bueno”.

En Santiago, a partir de la tercera semana de marzo de 2020 las concentraciones de NO_2 se reducen significativamente, hasta representar un 66% al inicio de abril de 2020 con respecto a la misma fecha en 2019. La calidad del aire de Santiago se situó en el rango del índice considerado “bueno”, excepto durante parte de mayo de 2020.

Si bien a inicios de 2020 Monterrey (México) presentaba niveles muy altos —y superiores a los de 2019— de concentración de NO_2 , a finales de abril de 2020 se observa una notoria tendencia a la baja, y a partir de ese momento se mantiene dentro del nivel del índice de calidad del aire considerado “bueno”.

3. La contaminación del aire por material particulado fino ($\text{PM}_{2,5}$) también se reduce, particularmente en Bogotá y Quito

El material particulado fino afecta las vías respiratorias altas y bajas, inflamándolas. Se genera como una combinación no específica de sólidos y gases. Si bien en el período estudiado disminuyeron la movilidad y la combustión de fósiles, es probable que se mantuviera cierta suspensión de polvo y partículas procedentes de quemas y calefacción (especialmente en las ciudades de América del Sur que entran en el otoño austral en marzo y en invierno en junio).

Durante las cuarentenas de 2020 se observan reducciones de la concentración de $\text{PM}_{2,5}$, aunque esta presenta cierta volatilidad, y los niveles del índice de calidad del aire se sitúan en ambos años en los rangos “moderado”, “muy poco saludable” e “insalubre”, sobre todo en Ciudad de México y Bogotá. En Santiago y São Paulo la tendencia es creciente tanto en 2019 como en 2020.

En Santiago, donde estas tendencias crecientes superan el rango “moderado” de contaminación del índice de calidad del aire, se observa una caída del $\text{PM}_{2,5}$ en 2020 respecto de 2019, pero esta tendencia se invierte a finales de mayo. En Ciudad de México también se pueden observar niveles más bajos en 2020 a partir de la tercera semana de marzo, y más tarde se observa una fuerte subida a inicios de mayo en ambos años, en los rangos de “insalubre” y “muy poco saludable”.

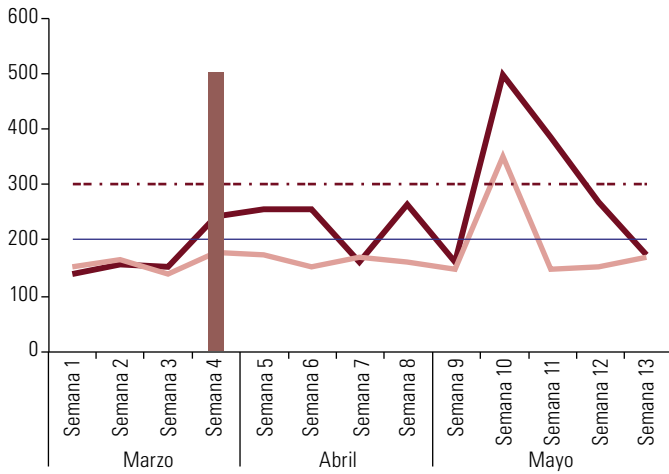
En Bogotá, ciudad de 7,2 millones de habitantes, se registró una marcada reducción de hasta un 64% de la concentración de $\text{PM}_{2,5}$, que pasa de 403 puntos del índice de calidad del aire en la primera semana de abril de 2019 (dentro del rango “muy poco saludable”) a 143 durante la primera semana de abril de 2020. Además, en 2020 se verifica una tendencia a la baja que contrasta con los altos repuntes del nivel de contaminación del aire (en el rango “insalubre”) durante el mismo período en 2019.

En Quito se registraron niveles de concentración de $\text{PM}_{2,5}$ muy similares entre 2019 y 2020 durante la primera semana del mes de marzo (155 puntos y 150 puntos, respectivamente). A partir de la declaración de confinamiento del 12 de marzo de 2020 y hasta finales de mayo de 2020 se observan una reducción continua y significativa, y la concentración de $\text{PM}_{2,5}$ se ubica por debajo del rango “no saludable para grupos sensibles”. Las disminuciones registradas se sitúan entre un 31% y un 10% con respecto al mismo período en 2019.

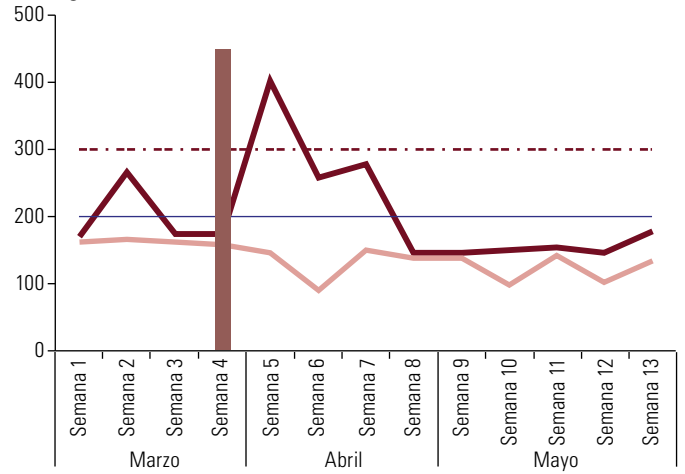
Gráfico 3

América Latina (ciudades seleccionadas): promedio semanal de las concentraciones máximas diarias de material particulado fino (PM_{2,5}) (Índice de calidad del aire)

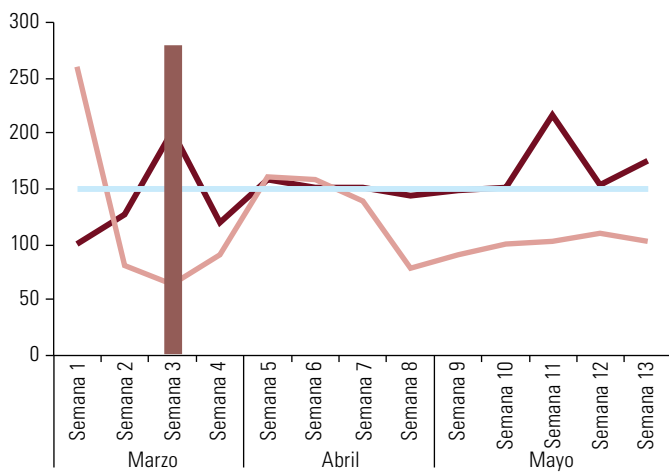
A. Ciudad de México



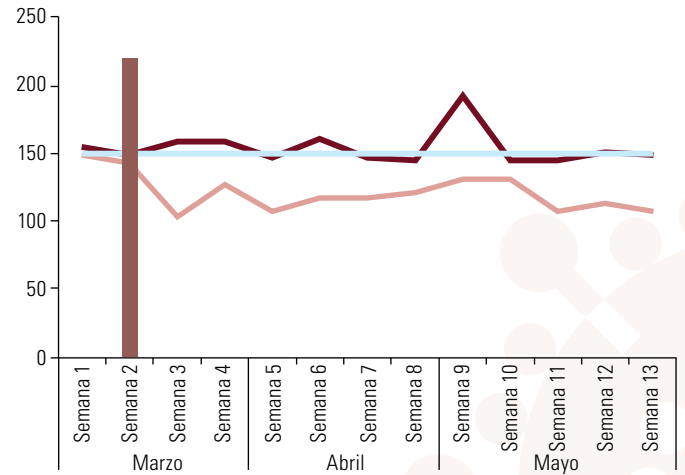
B. Bogotá



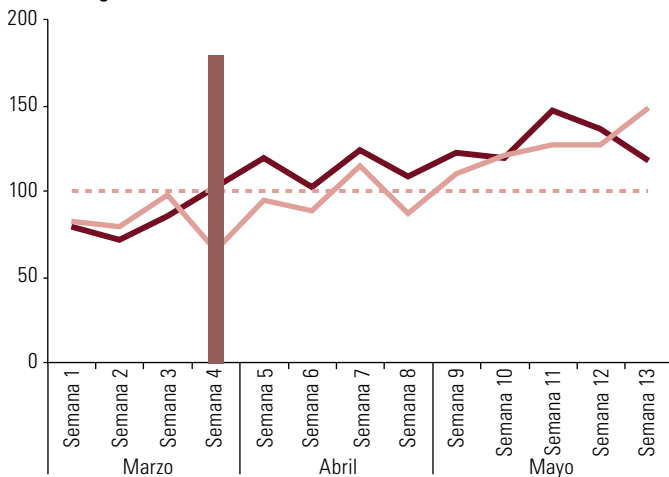
C. Lima



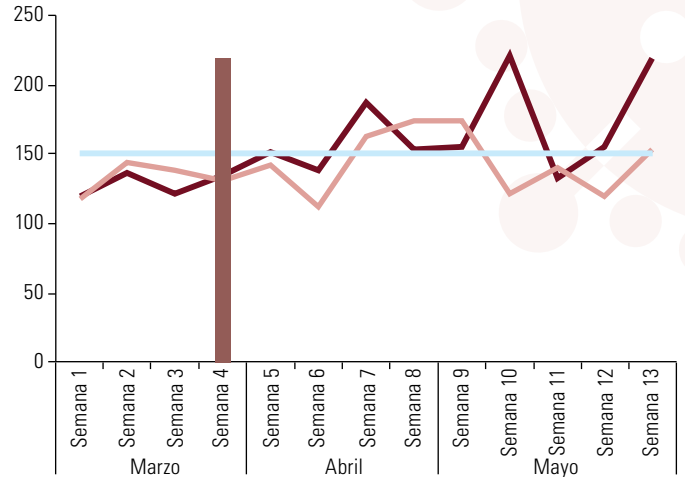
D. Quito



E. Santiago



F. São Paulo



■ Inicio de la cuarentena ■ 2019 ■ 2020 — Insalubre - - - Muy poco saludable — No saludable para grupos sensibles - - - Riesgo moderado

Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de datos de The World Air Quality Project [en línea] www.aqicn.org.

B. Reducción de contaminantes del aire en ciudades de Europa y China

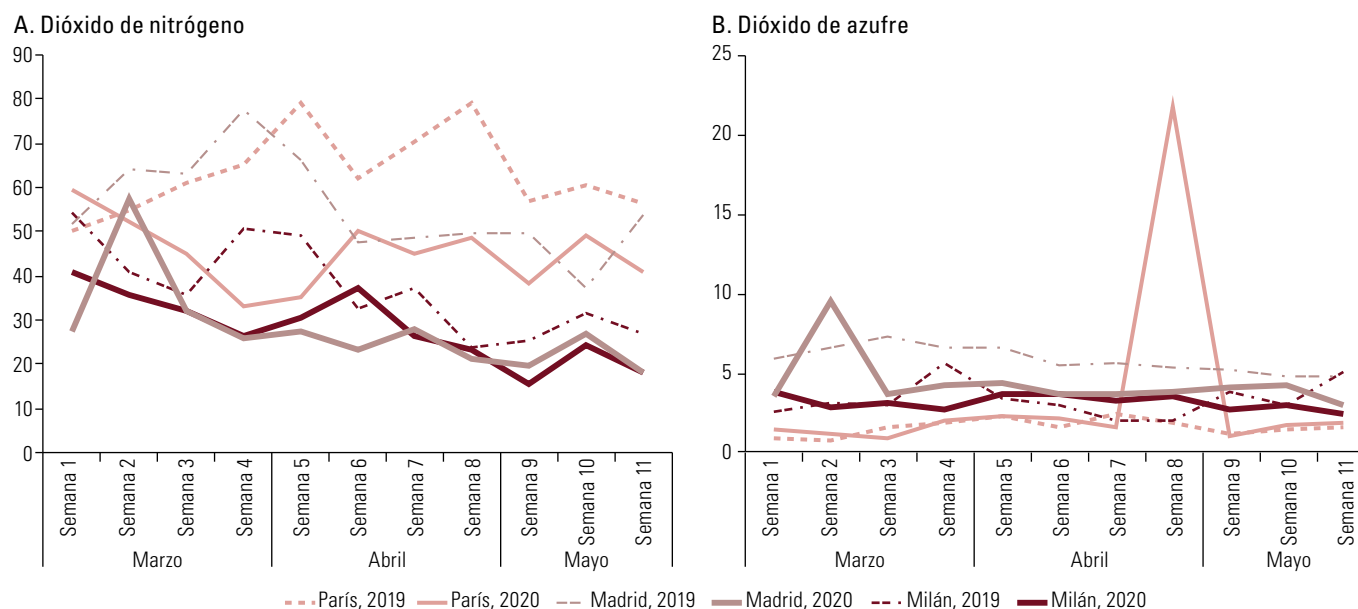
1. Ciudades de Europa: Madrid, Milán y París

Madrid, Milán y París muestran niveles de NO_2 y SO_2 dentro del rango considerado “bueno”, con niveles absolutos del índice menores que los registrados en ciudades latinoamericanas. En cuanto al $\text{PM}_{2.5}$, los niveles absolutos observados en las ciudades europeas son similares a los de varias ciudades de América Latina e inferiores solo a los registrados en Ciudad de México y a niveles muy altos registrados de forma puntual en otras ciudades de la región.

Adicionalmente, durante el período de análisis (marzo a mayo de 2020 en comparación con los mismos meses de 2019), en Madrid y París las concentraciones de NO_2 han registrado disminuciones significativas, en particular en marzo de 2020 (véase el gráfico 4A). Tendencialmente, también se aprecia una disminución, aunque menor, de la concentración de NO_2 en Milán. Respecto de la concentración de SO_2 (véase el gráfico 4B), tanto los niveles absolutos del índice de calidad del aire como las disminuciones relativas observadas son menores en Madrid, Milán y París que en las ciudades de América Latina. Sin considerar el punto de observación atípico en París (cuarta semana de abril), la disminución mayor se sitúa en dos puntos del índice de calidad del aire en el caso de Milán, que baja a nivel 3 a fines de marzo de 2020.

Gráfico 4

Europa (ciudades seleccionadas): promedio semanal de las concentraciones máximas diarias de dióxido de nitrógeno (NO_2) y dióxido de azufre (SO_2), marzo a mayo de 2019 y de 2020 (Índice de calidad del aire)



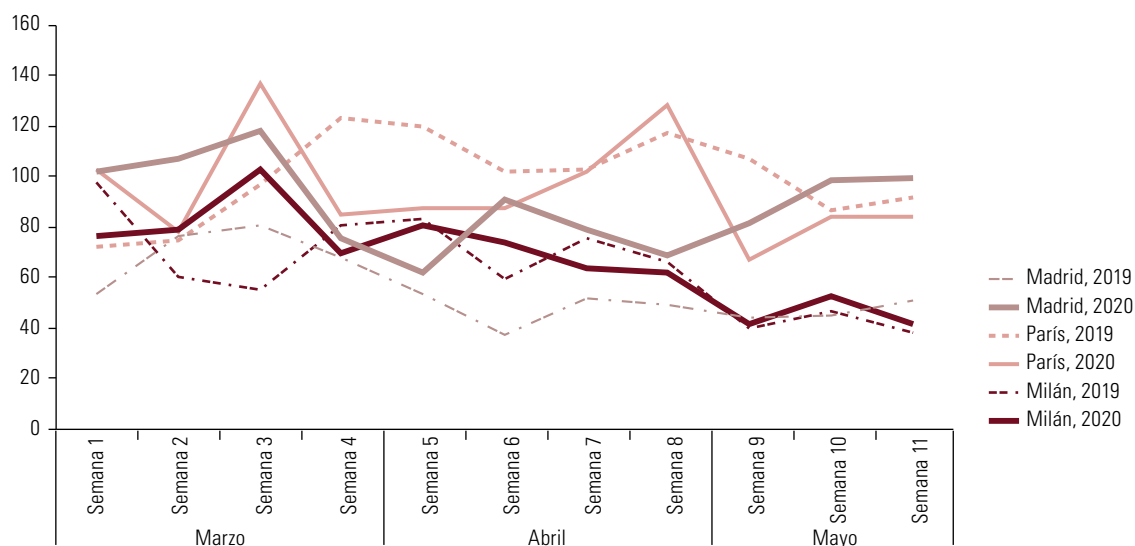
Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de datos de The World Air Quality Project [en línea] www.aqicn.org.
Nota: Las fechas de inicio de la cuarentena son el 17 de marzo de 2020 en París, el 10 de marzo de 2020 en Milán y el 15 de marzo de 2020 en Madrid.

En el caso del $\text{PM}_{2.5}$ (véase el gráfico 5), se nota un aumento de las concentraciones en 2020 respecto de las registradas en 2019 en la ciudad de Madrid. Esto ocurre a pesar de que en esa ciudad se produjo una significativa disminución del tráfico⁶ y de que allí se aplicaron las medidas de confinamiento más estrictas de Europa. A su vez, otras ciudades europeas como Milán y París muestran una alta variabilidad en sus niveles de contaminación por $\text{PM}_{2.5}$.

⁶ Las ventas de carburantes han bajado un 83% en el caso de la gasolina y un 61% en el caso del gasóleo, con un descenso del volumen de automóviles del 75% dentro de la circunvalación M-30. Véase Dirección General de Tráfico (DGT) de España, “Evolución del tráfico por el efecto de COVID-19”, 2 de abril de 2020 [en línea] <http://www.dgt.es/Galerias/covid-19/Evolucion-Intensidades-dia-02-04-2020-Periodo-Coronavirus.pdf>.

Gráfico 5

Europa (ciudades seleccionadas): promedio semanal de las concentraciones máximas diarias de material particulado fino (PM_{2,5}), marzo a mayo de 2019 y de 2020
(Índice de calidad del aire)



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de datos de The World Air Quality Project [en línea] www.aqicn.org.

Nota: Las fechas de inicio de la cuarentena son el 17 de marzo de 2020 en París, el 10 de marzo de 2020 en Milán y el 15 de marzo de 2020 en Madrid.

2. Ciudades de China: Wuhan y Beijing

Puesto que en China la irrupción del COVID-19 ocurrió antes que en Europa y América Latina, las ciudades de ese país se han estudiado a partir de enero de 2020.

Los niveles absolutos de PM_{2,5} en las ciudades de Wuhan y Beijing son muy altos y alcanzan el rango que va de “muy poco saludable” a “peligroso”, situándose por encima de lo observado en las ciudades latinoamericanas. Los niveles de concentración de SO₂ y NO₂ en esas dos ciudades son similares a los registrados en las ciudades de América Latina y se ubican en general dentro de los rangos “bueno” a “moderado”.

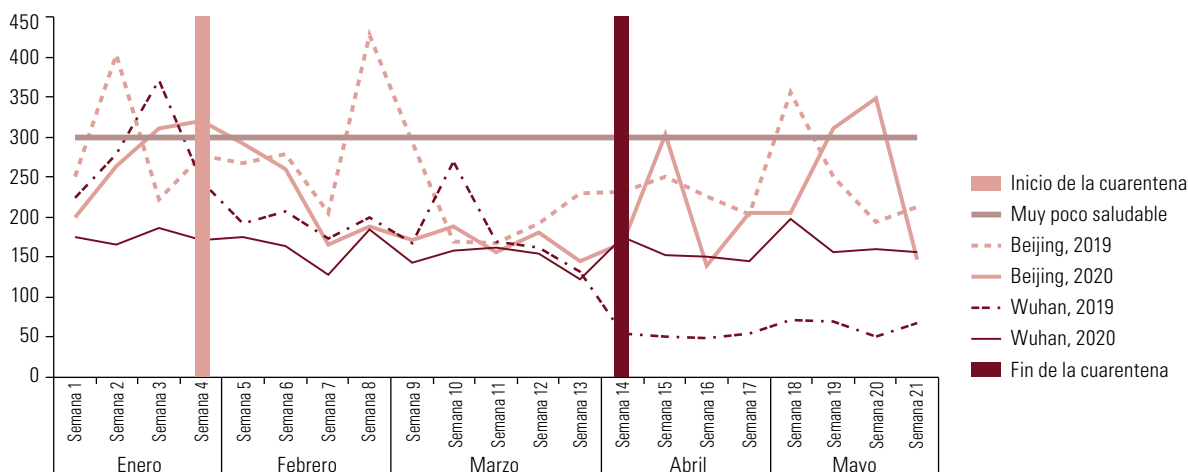
En general, en ambas ciudades chinas la contaminación correspondiente a los tres parámetros es menor en el período de cuarentena de 2020 que en 2019. En ambas ciudades se registra una reducción del PM_{2,5}, aunque con mayor notoriedad en la ciudad de Wuhan. En Beijing también se observan disminuciones en 2020 tanto del NO₂ como del SO₂. Por el contrario, Wuhan presenta una mayor contaminación por NO₂ durante la cuarentena en 2020.

En el gráfico 6 se observa que en Wuhan los niveles de concentración del PM_{2,5} son continuamente más bajos en los tres primeros meses de 2020 que en el mismo período de 2019. Este comportamiento se invierte a partir de la primera semana de abril de 2020, cuando termina el confinamiento en ambas ciudades. Tanto en Beijing como en Wuhan, aunque los valores de contaminación son notoriamente altos y alcanzan niveles considerados desde “muy poco saludables” hasta “peligrosos” para la salud, se evidencian tendencias decrecientes de la contaminación por PM_{2,5} durante el primer trimestre en ambos años.

En el gráfico 7 se observa en el caso de Beijing una tendencia notoria de menores concentraciones de NO₂ en 2020 que en 2019, en tanto que en el caso de Wuhan se observan mayores niveles de contaminación en 2020 que en el año anterior.

Adicionalmente, en Beijing se observa una tendencia de concentraciones menores de SO₂ en 2020 que en 2019 (con la excepción de dos semanas). En el caso de la ciudad de Wuhan, si bien se puede decir que en términos generales la contaminación por SO₂ en 2020 tiende a ser menor que en 2019, no se puede establecer una comparación clara entre ambos años, dada la alta variabilidad de las dos series, que se entrecruzan reiteradamente.

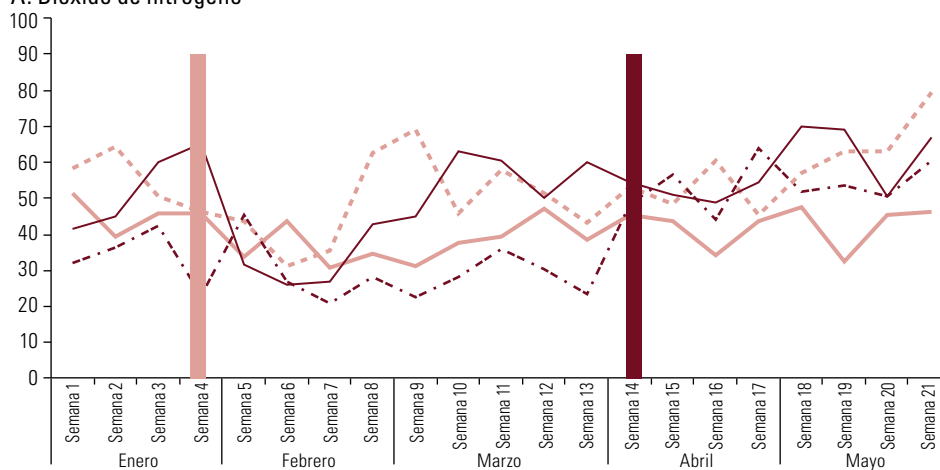
Gráfico 6
China (ciudades seleccionadas): promedio semanal de las concentraciones máximas diarias de material particulado fino (PM_{2.5}), enero a mayo de 2019 y de 2020 (Índice de calidad del aire)



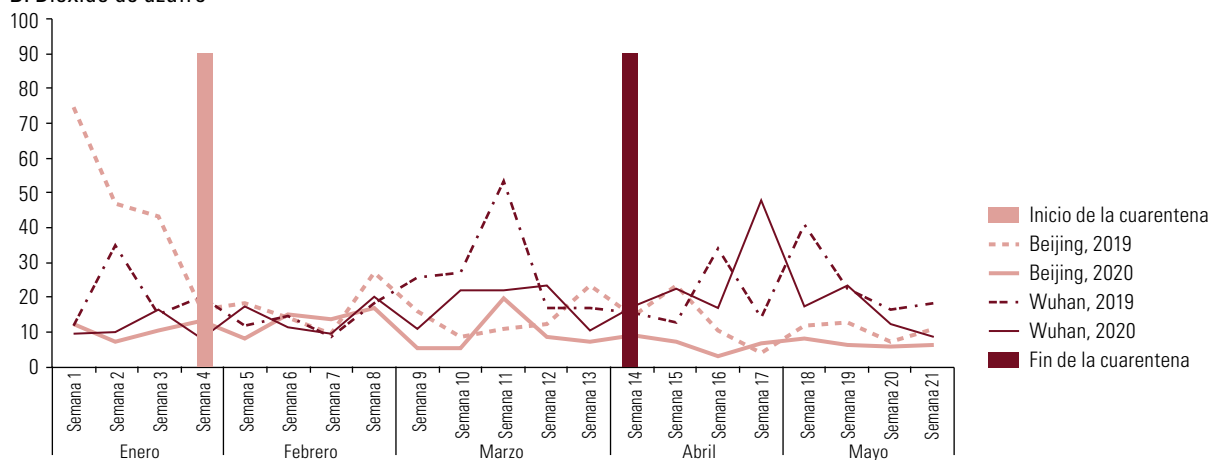
Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de datos de The World Air Quality Project [en línea] www.aqicn.org.

Gráfico 7
China (ciudades seleccionadas): promedio semanal de las concentraciones máximas diarias de dióxido de nitrógeno (NO₂) y dióxido de azufre (SO₂), enero a mayo de 2019 y de 2020 (Índice de calidad del aire)

A. Dióxido de nitrógeno



B. Dióxido de azufre



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de datos de The World Air Quality Project [en línea] www.aqicn.org.

C. Síntesis y reflexiones finales

La disminución observada de los tres contaminantes estudiados en el aire respirable de ciudades de América Latina se traduce en una mejora de la salud ambiental y humana (reduce la morbilidad respiratoria), especialmente en el caso de las personas vulnerables⁷.

Específicamente, durante el período de análisis de 2020 y 2019, se observan en general mejoras de la calidad del aire de las ciudades estudiadas (Bogotá, Ciudad de México, Lima, Monterrey, Quito, Santiago y São Paulo). Se verifican disminuciones del índice de calidad del aire para los tres contaminantes (PM_{2.5}, NO₂ y SO₂) durante el período de restricción de las actividades y cuarentenas en 2020. Estas mejoras de la calidad del aire de las ciudades son mayores durante las primeras semanas de las cuarentenas, y luego la situación tiende a revertirse, con algunas excepciones.

También se observan una alta heterogeneidad y variabilidad, así como valores atípicos. En algunas ciudades y semanas se observan situaciones discordantes con lo esperado, es decir: i) niveles superiores de contaminación durante algunas semanas en el período de cuarentena y ii) comportamiento volátil de los niveles de contaminación, en que las tendencias de 2020 y 2019 se cruzan, con valores que se superan mutuamente a lo largo de las semanas.

Lo anterior puede ser explicado por los persistentes niveles de actividad y movilización en algunas ciudades, que han continuado en cierta medida a pesar de las restricciones impuestas, combinados con las características ambientales que afectan la dispersión de contaminantes en cada ciudad. Entre los factores socioeconómicos que influyen en la movilidad y el desarrollo de actividades durante la pandemia, sobresalen la desigualdad estructural de ingresos, la precariedad del empleo, el creciente desempleo y la prevalencia de un amplio sector informal, que impulsan a muchas personas a salir a buscar ingresos diariamente, toda vez que no se ha contado de forma oportuna con ayuda económica para sectores vulnerables, mientras que sectores de altos ingresos pueden cumplir las medidas de cuarentena y realizar teletrabajo. También se ha informado en los medios de prensa que grupos de personas han realizado actividades recreativas grupales y sin medidas de distanciamiento ni uso de mascarillas.

Es posible que una vez que terminen las cuarentenas y la emergencia sanitaria, tenga lugar un aumento importante de las emisiones y las concentraciones de contaminantes del aire respirable en las ciudades.

Por lo tanto, la disminución observada en las concentraciones de los contaminantes y la mejora de la calidad del aire podrían ser fenómenos temporales, a menos que se desarrollen y consoliden estilos de producción y consumo, prácticas laborales y una solidaridad económica con los sectores más vulnerables que contribuyan tanto a la reactivación económica como a la mejora de la salud de las personas y del ambiente, en concordancia con un nuevo estilo de desarrollo, sano, inclusivo y sostenible.

Recuadro 1

Nota metodológica: cómo se midieron los contaminantes del aire y cuál fue la fuente de los datos

Las concentraciones de contaminantes en el aire respirable se miden a partir de observación directa mediante instrumentos en estaciones de monitoreo *in situ*. En cada ciudad suelen existir varias estaciones que cada hora miden diversos contaminantes de acuerdo con las normativas locales. Estos datos son expresados de forma agregada en promedios, mínimos y máximos, que se informan a las autoridades sanitarias y ambientales y a los gobiernos locales para que implementen medidas de restricción utilizando los instrumentos de gestión existentes. También es posible observar los contaminantes por medio de sensores remotos.

Fuente de los datos

Las series estadísticas en las que se basa este documento son procesadas y presentadas en forma de índices de calidad del aire asociados a niveles de concentración de cada contaminante. Este índice compila los datos oficiales de las instituciones o autoridades ambientales de cada ciudad a partir de estaciones de monitoreo. Se realizó un ejercicio de comparación de los niveles de concentración en estaciones de monitoreo locales, que mostró niveles de concentración coherentes con lo informado por el compilador global. Las razones por las que se empleó The World Air Quality Project como fuente del estudio son las siguientes: i) muestra parámetros, niveles y tendencias coherentes con los de las

⁷ Véase Organización Mundial de la Salud (OMS), “Burden of disease due to ambient air pollution”, Observatorio Mundial de la Salud [en línea] <https://www.who.int/data/gho/indicator-metadata-registry/imr-details/2259>.

Recuadro 1 (conclusión)

estaciones de monitoreo *in situ* en ciudades, ii) agrega valor al transformar los niveles de concentración en un índice con gradientes asociados a niveles (desde “bueno” hasta “peligroso”) basados en lo establecido por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos, y iii) adicionalmente, ofrece suficiente densidad de datos para varios parámetros de contaminación del aire, armonizados globalmente. Se debe considerar que la unidad de medida utilizada en este documento es el índice de calidad del aire, y no la medida habitual con que se informan los datos primarios, que es el microgramo por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Como se observa en el siguiente cuadro, el índice está asociado a una escala de calidad que sigue la última norma de la EPA, usando la fórmula Instant-Cast (Now-Cast), que se describe más abajo.

Escala del índice de calidad del aire

Índice de calidad del aire	Implicaciones para la salud	Declaración de advertencia
0-50	Bueno	La calidad del aire se considera satisfactoria y la contaminación del aire representa poco o ningún riesgo.
50-100	Moderado	La calidad del aire es aceptable; sin embargo, para algunos contaminantes puede haber un problema de salud moderado para un número muy pequeño de personas que son inusualmente sensibles a la contaminación del aire.
100-150	No es saludable para grupos que son sensibles	Los miembros de grupos sensibles pueden experimentar efectos en la salud. El público en general no es probable que se vea afectado.
150-200	Insalubre	Todos pueden comenzar a experimentar efectos en la salud; los miembros de grupos sensibles pueden experimentar efectos de salud más graves.
200-300	Muy poco saludable	Advertencias sanitarias de condiciones de emergencia. Existe la posibilidad de que la población entera se vea afectada.
300-500	Peligroso	Alerta de salud: todos pueden experimentar efectos de salud más graves.

Fuente: The World Air Quality Project [en línea] <https://waqi.info/es/>.

¿Por qué utilizar el índice de calidad del aire?

Se plantea que el promedio de 24 horas no es la manera más exacta de medir la contaminación, debido al comportamiento dinámico del aire:

- Los niveles de contaminación pueden verse afectados, dado que el aire puede limpiarse completamente en menos de 30 minutos. Este fenómeno se ve con frecuencia en Beijing, donde los fuertes vientos del norte son capaces de llevar el índice de calidad del aire correspondiente al material particulado fino ($\text{PM}_{2.5}$) de más de 300 a menos de 50 en menos de una hora.
- La calidad del aire también empeora repentinamente. Un caso famoso es el de los incendios forestales en Indonesia, que causan esmog en Singapur cuando los vientos se dirigen hacia el norte, por lo que el índice de calidad del aire puede pasar de menos de 50 a más de 150 en solo una hora.

Por ello, la EPA introdujo el sistema de predicción inmediata (Now-Cast), que es una fórmula de conversión utilizada para contrarrestar la necesidad de promediar la calidad del aire en condiciones cambiantes. El Now-Cast es un promedio ponderado de datos de monitoreo del aire por hora. Se calcula a partir de los datos de monitoreo de material particulado de las 12 horas más recientes, pero cuando los niveles de contaminantes están cambiando, el Now-Cast pondera los datos de las horas más recientes con mayor magnitud que un promedio normal de 12 horas. El Now-Cast se usa en lugar del promedio de concentración de material particulado en 24 horas en el cálculo del índice de calidad del aire hasta que se haya monitoreado un día calendario completo de concentraciones por hora.

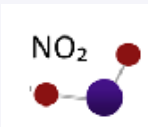
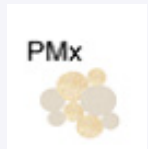
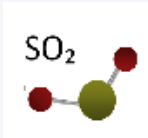
$$\text{NowCast} = \frac{\sum_{i=1}^N w^{i-1} c_i}{\sum_{i=1}^N w^{i-1}} \quad \text{donde } w = \begin{cases} w^* & \text{if } w^* > W_{min} \\ W_{min} & \text{if } w^* \leq W_{min} \end{cases} \quad \text{y } w^* = \frac{C_{min}}{C_{max}} \quad \text{y } W_{min} = 1/2 \text{ y } N = 12$$

El concepto del sistema Now-Cast es compensar el promedio de 24 horas que debe usarse al convertir las concentraciones en índices de calidad del aire. Además, en la escala del índice de calidad del aire se especifica que cada uno de los niveles de preocupación respecto de la salud (por ejemplo, “bueno”, “moderado” o “no saludable”) es válido en una exposición de 24 horas.

Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de The World Air Quality Project, “Una guía para principiantes sobre la calidad del aire Instant-Cast y Now-Cast” [en línea] <https://aqicn.org/faq/2015-03-15/air-quality-nowcast-a-beginners-guide//es/>.

Recuadro 2

Nota técnica: contaminantes del aire, sus fuentes y efectos en la salud humana y ambiental

Elementos contaminantes	Definición corta	Fuentes del contaminante	Efectos en la salud humana y ambiental
Dióxido de nitrógeno (NO ₂) 	Resulta de la oxidación de nitrógeno atmosférico (N ₂) (principal componente del aire).	<ul style="list-style-type: none"> Principalmente el transporte en automóviles, sobre todo con motores diésel. Instalaciones industriales de alta temperatura y de generación eléctrica. 	<ul style="list-style-type: none"> Bronquitis y asma Infecciones respiratorias Reduce la función y el crecimiento pulmonar Su exposición se relaciona con la mortalidad prematura y la morbilidad por enfermedades cardiovasculares y respiratorias
Material particulado (PM _{2,5} y PM ₁₀) 	Partículas inhalables y respirables compuestas de sulfato, nitratos, amoníaco, cloruro de sodio, carbono negro, polvo mineral y agua.	<ul style="list-style-type: none"> Origen primario: material particulado emitido directamente a la atmósfera, de manera natural o como consecuencia de la actividad humana (combustibles sólidos, motores de vehículos, procesos industriales). Origen secundario: material particulado que se produce en la atmósfera como resultado de reacciones químicas a partir de gases precursores (de origen antropogénico en un 40% a un 70% de los casos). 	<ul style="list-style-type: none"> Son los contaminantes del aire más peligrosos para la salud humana al penetrar al sistema respiratorio (PM_{2,5} → alvéolos. PM₁₀ → flujo sanguíneo) Incremento de la mortalidad y de la morbilidad por causas respiratorias y cardiovasculares Efectos ambientales en el crecimiento vegetal, cambios de temperatura y alteración en los patrones de precipitación
Dióxido de azufre (SO ₂) 	Resulta de la combustión de carburantes fósiles que contienen azufre (petróleo, combustibles sólidos).	<ul style="list-style-type: none"> Quema de combustibles fósiles (carbón y petróleo) y fundición de minerales que contienen azufre. Principal emisor → Sector industrial. 	<ul style="list-style-type: none"> Irritación e inflamación del sistema respiratorio, afecciones e insuficiencias pulmonares, asma y bronquitis crónica, alteración del metabolismo de las proteínas, dolor de cabeza o ansiedad Irritación en los ojos Su oxidación forma ácido sulfúrico (lluvia ácida)

Fuente: Organización Mundial de la Salud (OMS), "Ambient air pollution: pollutants" [en línea] <https://www.who.int/airpollution/ambient/pollutants/en/> y Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico de España, "Efectos en la salud y ecosistemas" [en línea] <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/salud/>.

Este documento es parte de un conjunto de informes elaborados por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) sobre la evolución y los efectos de la pandemia del COVID-19 en América Latina y el Caribe. Fue preparado por la División de Estadísticas, a cargo de Rolando Ocampo, bajo la coordinación general de Alicia Bárcena, Secretaria Ejecutiva de la CEPAL.

Copyright © Naciones Unidas, 2020