

Perspectiva de la afección de la Covid-19 al consumo energético y contaminación en España

Condition perspective of Covid-19 on energy consumption and pollution in Spain

Javier Cárcel-Carrasco, Elisa Peñalvo-López,
José Antonio Cárcel-Carrasco y Juan Manuel
Sánchez-Rodríguez
Universitat Politècnica de València (España)

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/9754>

Diferentes estudios han cuantificado el coste global de la contaminación por combustibles fósiles, demostrando un coste estimado de 8.000 millones de dólares cada día, en torno al 3,3% del PIB mundial o 1,5 veces el PIB de España [1].

La Covid-19 [2-4] ha sido declarado pandemia por la Organización Mundial de la Salud, con cerca de 30 millones de casos en más de 171 países detectados a fecha de principios de Septiembre de 2020 y el número sigue creciendo exponencialmente. Los efectos negativos del coronavirus son evidentes, sin duda encabezados por las cerca de 1 millón de personas fallecidas [5], en la fecha comentada.

La reducción de la actividad industrial y el transporte con vehículos de combustión asociado a la crisis de la Covid-19 también está dejando en menor escala efectos secundarios relativamente positivos para el medio ambiente [6-8].

Es común que se evidencie una reducción de contaminantes en el aire durante las épocas de crisis [9]. Esto se debe a que en estos periodos las personas se transportan menos en sus vehículos y se detienen las actividades económicas que dependen de los combustibles fósiles, responsables de la emisión de CO₂. Este gas es uno de los principales gases de efecto invernadero, mientras que el NO₂ es un gas altamente tóxico asociado a los vehículos que funcionan a diésel. Entre los contaminantes ambientales más perjudiciales figuran los óxidos de nitrógeno (NO_x) que son los que más muertes provocan en España (en torno a 6.000 al año), seguidos de las partículas en suspensión (2.600 muertes anuales) y el ozono troposférico (más de

500) y otros como el dióxido de azufre, el monóxido de carbono o el plomo.

En este artículo se realiza una visión general del efecto indirecto producido por esta pandemia sobre la contaminación atmosférica en referencia a diferentes momentos que se han producido en España, analizando desde Febrero de 2020 hasta Julio de 2020. Primero, cuando aún no se tenía conciencia por parte de la ciudadanía de la repercusión de la COVID-19 (mitad enero 2020), segundo tras las primeras alertas dadas por el gobierno español (final febrero 2020) y tercero tras decretarse el estado de alarma (14 de Marzo 2020), así como las diversas fases (0 a 3) donde se ha ido eliminando progresivamente la restricción de los movimientos de los ciudadanos por parte del gobierno, hasta un periodo denominado de "nueva normalidad".

1. MATERIALES Y MÉTODOS

Con el fin de visualizar una perspectiva de los efectos indirectos causados sobre la contaminación atmosférica en España como consecuencia de las acciones tomadas por el gobierno español para actuar sobre la COVID-19 se han tenido en cuenta los siguientes recursos y fuentes:

- Estaciones de medición de contaminantes atmosféricos de la ciudad de Madrid, Barcelona y Valencia (España) [10]. Las estaciones miden las principales fuentes contaminantes presentes en los entornos urbanos como los óxidos de azufre (SO₂) y de nitrógeno (NO, NO₂ y NO_x), monóxido de carbono (CO), Ozono (O₃), y partículas en suspensión en sus fracciones inferiores a 10 micras (PM₁₀) e inferiores a 2,5 micras (PM_{2,5}), y compuestos orgánicos (COVs, benceno, tolueno, xileno). Se toma una atención especial a los óxidos de nitrógeno (NO_x) y a las PM₁₀. La estación meteorológica

usada normalmente es el modelo denominado GAIA-A13. Las mediciones obtenidas son un valor promedio diario de lecturas realizadas cada hora.

- Demanda de energía eléctrica en España, según datos de Red eléctrica de España [11].

2. EL EFECTO DEL COVID-19 SOBRE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN ESPAÑA

Es evidente que la actividad humana es el principal factor en la contaminación ambiental de las ciudades, siendo los principales factores el consumo energético y el transporte de vehículos de combustión. Para ello se ha comparado tres de las principales ciudades españolas con mayor densidad de población (Madrid, Barcelona y Valencia). El efecto sobre la contaminación en las ciudades se pudo manifestar a partir de ciertas medidas de restricción decretadas por el gobierno español [12] para actuar contra la COVID-19:

Estado de alarma → Al decretar el estado de alarma, toda actividad económica y social descendió de forma notable. Este periodo fue marcado por la limitación de la mayoría de las actividades excepto realizar la compra de alimentos, medicamentos u otros productos de primera necesidad. Visita a entidades financieras y de seguros estaba permitido junto con el cuidado de mayores o personas con discapacidad.

Fase 0 → Paseos de niños y mayores con franjas horarias, realizar ejercicio al aire libre y velatorios de hasta 10 personas, con medidas de distanciamiento social. Apertura de restaurantes y bares con un aforo limitado y en cuanto al transporte, se incrementa progresivamente la frecuencia de este, pero con una limitación del servicio del 30%.

Fase 1 → Se permiten las reuniones de hasta 10 personas en domicilio o terrazas con una distancia de seguridad de 2 metros, Velatorios con un límite de 15 personas, si es al aire libre, y diez en espacios cerrados. En esta fase también se restringe la participación en el enterramiento o despedida para la cremación siendo un máximo de 15 personas entre familiares, allegados y oficiante. En cuan-

to a la circulación, ya se permite circular libremente dentro de la misma provincia. Los transportes públicos urbano e interurbano llegan a una ocupación de 80% y los transportes de media y larga distancia llegan a una limitación de 30%.

Fase 2 → En esta fase ya se permite que, hasta 15 personas, incluidos los menores, puedan pasear o hacer actividades deportivas no profesionales juntos. Las personas menores de 70 años pueden realizar actividades físicas en cualquier franja horario excepto 10:00 a 12:00 y entre 19:00 y 20:00 horas. Se permite abrir el interior de los locales con una ocupación de un 40% y garantías de separación y las terrazas llegan a una ocupación de 50%.

Fase 3 → ya se permite el contacto social para personas no vulnerables ni con patologías previas. Velatorios con un límite máximo de 50 personas si son al aire libre y 25 si se trata de espacios cerrados. En cuanto a los restaurantes ya se permite una ocupación de 50% de su aforo en el interior y una separación mínima de 2 metros. Las terrazas ya tienen un aforo de hasta 75% pero se mantiene "estrictas condiciones" de separación entre el público. Los servicios de transporte público ya recuperan el servicio al 100% por lo tanto, se ve un incremento de la ocupación en los transportes públicos como es el caso de autobuses o trenes.

Nueva normalidad → este periodo ya cuenta con una disminución de limitaciones, pero se sigue manteniendo el uso de las mascarillas tanto en espacios abiertos como en espacios cerrados. Se reduce la distancia de seguridad a 1,5 metros. Los restaurantes pasan a tener aforo de 75% y las terrazas ya recuperan el 100% de su aforo. Los transportes públicos recuperan su ocupación de 100% aunque con estrictas medidas de seguridad como el uso obligatorio de la mascarilla o la higiene de manos.

En la Figura 1 se muestran los periodos exactos de las fases de las diferentes ciudades.

Como consecuencia a las restricciones en desplazamientos, y muchas empresas o fábricas cerradas, usando menos energía, las emisiones de dióxido de nitrógeno han caído. Todo ello coincide con las medidas

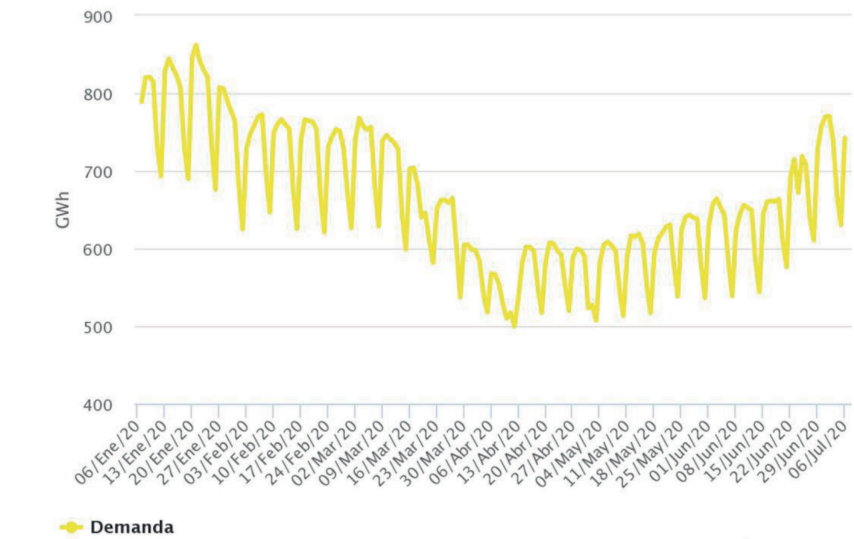


Figura 2: Demanda de energía electricidad en España desde Enero hasta 07/07/2020

adoptadas por el gobierno de España para evitar el avance de la enfermedad, que han provocado una reducción del tráfico y las actividades industriales.

En España, observando la demanda de electricidad a nivel nacional [11], se puede ver claramente que existe una evolución del consumo, como consecuencia de la parada de actividad, en donde se incide en un fuerte descenso en los meses entre marzo y mayo de 2020 debido a la parada económica por las medidas adoptadas por el gobierno español, tras decretarse el estado de alarma y restricción de los movimientos de los ciudadanos por parte del gobierno, así como las fases de la desescalada. En la figura 2 se puede observar la evolución de la demanda de energía eléctrica en diferentes días desde Enero a Julio de 2020 como consecuencia de la crisis producida por la pandemia y las acciones promovidas por el gobierno español. Si se observa la Figura 2, la demanda energética sufre una visible disminución de aproximadamente un 25% con respecto a Enero (Figura 2), se constata un valle en el consumo durante los meses de Marzo y Abril, produciéndose un aumento progresivo conforme se activaron las diferentes fases hasta llegar a la nueva normalidad. Esto implica menores emisiones de contaminantes como consecuencia de las centrales de producción de energía eléctrica, que sin duda afectan a la polución.

Si entramos en el contexto de los núcleos urbanos, se muestra la variación de contaminantes mediante las diversas estaciones de medición de contaminación atmosférica en tres ciudades de España: Valencia, Madrid y Barcelona, al ser estas ciudades las que poseen una contaminación alta.

Con las fases detalladas [12], se puede proceder al estudio en las ciudades de la contaminación y su variación, con datos recogidos de las estaciones de medición de contaminantes, donde se han recopilado información sobre NO₂ y PM₁₀ medidos en µg/m³. El NO₂ se origina por combinación del nitrógeno y oxígeno presentes en el aire como consecuencia de procesos de combustión, entre ellos tráfico rodado, mientras que las partículas PM₁₀ también se originan durante los procesos de combustión (partículas carbonosas, hollín) aunque también pueden ser de origen natural (arena fina y otras partículas) transportada por el viento. Se ha realizado la comparación de los niveles de contaminantes tomando como referencia mediciones del año 2019 (año sin COVID) y el 2020.

Comenzando por la ciudad de Valencia, se muestran los siguientes datos recopilados a través de la estación de medición de la Pista de Silla (Figura 3), según datos obtenidos de estaciones de medición de la contaminación [10].

FASES DESESCALADA						
	ESTADO ALARMA	FASE 0	FASE 1	FASE 2	FASE 3	NUEVA NORMALIDAD
VALENCIA	14 marzo	11 mayo	18 mayo	1 junio	15 junio	21 junio
MADRID	14 marzo	11 mayo	25 mayo	10 junio	21 junio	21 junio
BARCELONA	14 marzo	11 mayo	25 mayo	10 junio	18 junio	19 junio

Figura 1: Fases de la desescalada de las distintas ciudades hasta la nueva normalidad

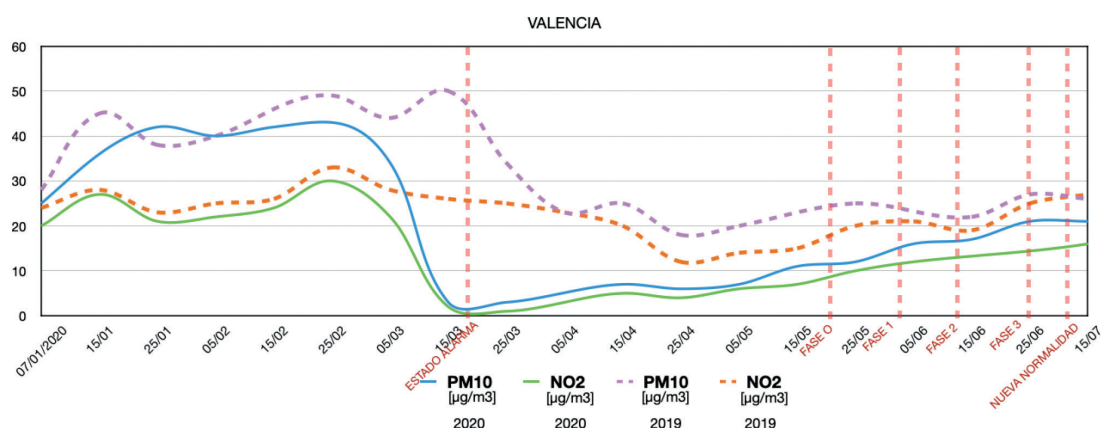


Figura 3: Gráfica de contaminantes del aire en Valencia (Estación de medición Pista de Silla) en diferentes periodos de tiempo desde el estado de alarma (14/03/2020), la fase 0 (11/05), la fase 1 (18/05), la fase 2 (01/06), la fase 3 (15/06) y la nueva normalidad (21/06) junto con los valores del año 2019 en los mismos periodos

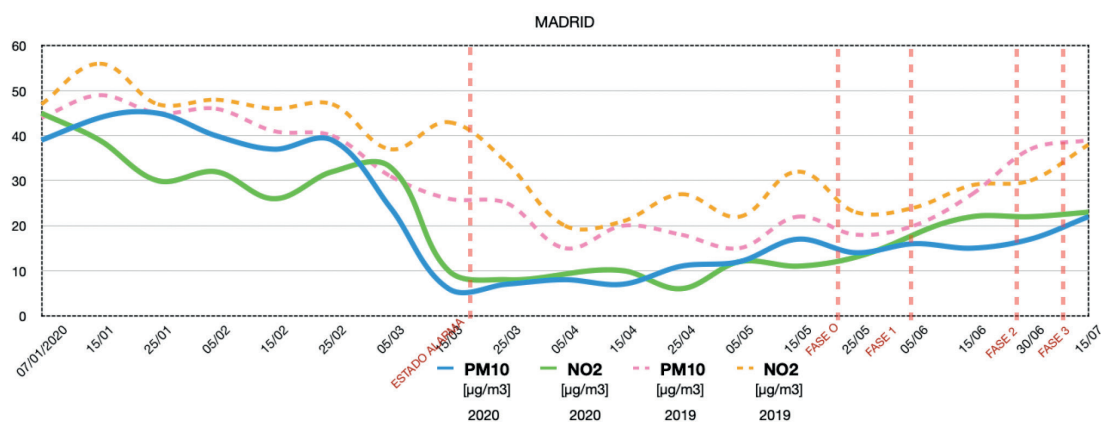


Figura 4: Gráfica de contaminantes del aire en Madrid (Estación de F. Ladreda) en diferentes periodos de tiempo desde el estado de alarma (14/03/2020), la fase 0 (11/05), la fase 1 (25/05), la fase 2 (10/06) y la fase 3 (21/06) junto con los valores del año 2019 en los mismos periodos

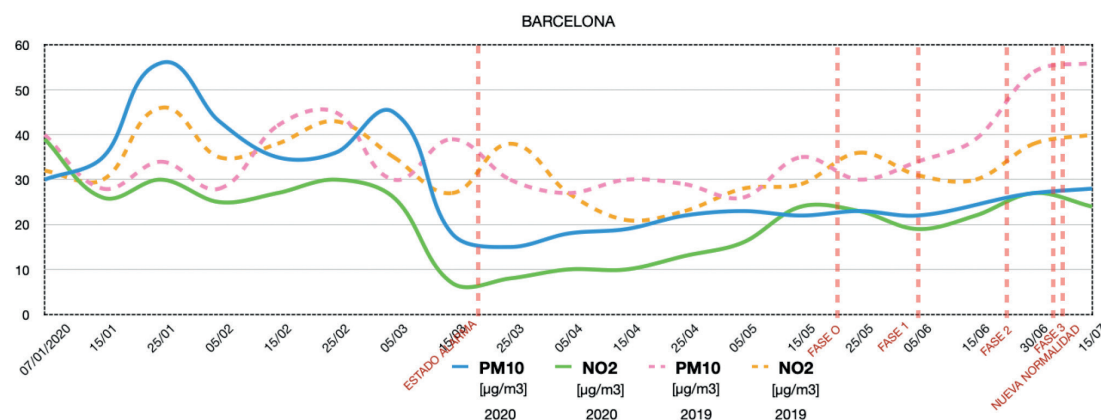


Figura 5: Gráfica de contaminantes del aire en Barcelona (Estación de L'Eixample) en diferentes periodos de tiempo desde el estado de alarma (14/03/2020), la fase 0 (11/05), la fase 1 (25/05), la fase 2 (10/06) y la fase 3 (18/06) y la nueva normalidad (19/06) junto con los valores del año 2019 en los mismos periodos

Se puede observar cómo existe una variación de los datos debido al efecto de la COVID-19 sobre la contaminación. El año 2019 muestra un inicio con cifras bajas, sin embargo, esas cifras aumentan de forma considerable debido a la frecuencia del tráfico y los movimientos en todo el territorio. Los descensos en el año 2019 son debidos a la poca actividad durante el periodo de verano o los días festivos. En cuanto al año 2020, se puede observar un comienzo similar al del año 2019 hasta mediados de marzo. El día 14 de Marzo se decreta el estado

de alarma, donde los movimientos fueron restringidos de forma estricta, como consecuencia se produce el descenso notable tanto de PM10 como de NO2, pasando de $43\mu\text{g}/\text{m}^3$ a $3\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el caso de PM10. En estado de alarma, como se ha mencionado anteriormente, es un periodo con escasos movimientos de tráfico, por lo que las cifras de los contaminantes se mantienen bajas. La fase 0 en la ciudad de Valencia llega el día 11 de mayo, y se puede observar un ligero aumento en las cifras debido a que las restricciones fueron eliminadas en ciertas

actividades, en esta fase comienzan los primeros aumentos de los valores de la contaminación desde el valor más bajo ocurrido el 14 de marzo. La fase 1 ocurre el 18 de mayo, donde se va aumentando el valor de los contaminantes, pero sin llegar a los valores previos a la COVID-19. La fase 2, que comienza el 1 de junio ya presenta menos restricciones al movimiento de los ciudadanos respecto a los periodos anteriores, por lo que los contaminantes ascienden hasta un valor de $12\mu\text{g}/\text{m}^3$. La fase 3 (15 de junio) presenta las mismas características, y fi-

nalmente la nueva normalidad, oficialmente iniciada en la Comunidad Valenciana el 21 de junio, presenta un aumento gradual con valores que alcanzan los $20\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tras realizar la comparativa, se puede contemplar claramente el impacto de la COVID-19 sobre la contaminación de la ciudad de Valencia, donde los valores son menores respecto al año 2019 y periodo anterior a la pandemia. Con los datos obtenidos, también se pueden contemplar los valores del mes de Julio que pertenece a la nueva normalidad, estos valores son mayores y con tendencia positiva respecto al inicio de confinamiento.

En cuanto a la ciudad de Madrid, se ha elegido a estación de medición de contaminantes Fernández Ladreda que muestra los siguientes datos (figura 4), según datos obtenidos de estaciones de medición de la contaminación [10].

Madrid es una de las ciudades españolas que posee un alto índice de contaminación y polución junto con Barcelona [13]. Comenzando por el año 2019, se pueden observar unos valores altos llegando a $56\mu\text{g}/\text{m}^3$, estas cifras se mantuvieron durante la primera mitad del año, sin embargo, después de verano las cifras descendieron, pero aún con valores mínimos de $20\mu\text{g}/\text{m}^3$. En cuanto al año 2020, el comienzo es similar al año 2019, sin embargo, el 14 de marzo, tras decretar el estado de alarma, las cifras pasan de $39\mu\text{g}/\text{m}^3$ a $6\mu\text{g}/\text{m}^3$, debido al cese de toda movilidad no esencial. En la ciudad de Madrid, la fase 0 tuvo lugar el 11 de mayo, donde vemos un aumento puntual de los contaminantes, no obstante, debido a ciertas restricciones de movilidad, la ciudad tuvo una alteración de los contaminantes. Finalmente, desde la fase 1 (25 de mayo) hasta la fase 3 (21 de junio) se produjo un ascenso gradual de los valores de los contaminantes, pasando de $12\mu\text{g}/\text{m}^3$ a $17\mu\text{g}/\text{m}^3$. La nueva normalidad en Madrid tuvo lugar el mismo 21 de junio debido a ciertas restricciones y medidas tomadas por el gobierno.

Otra ciudad analizada es la ciudad de Barcelona, la estación de medición elegida en este caso es la estación de L'Eixample que muestra los siguientes valores (Figura 5), según datos obtenidos de estaciones de medición de la contaminación [10].

Barcelona es una de las ciudades españolas con un elevado nivel de contaminación debido al tráfico y los movimientos en masa producidos diariamente. Esto indica claramente una baja calidad de aire para los residentes de la ciudad. Comenzando con el año 2019 las cifras se mantienen altas, ya que se llegaron a registrar

valores de PM_{10} de $50\mu\text{g}/\text{m}^3$. Estos valores altos se mantuvieron durante todo el año 2019 e incluso hasta el principio del año 2020. El año 2020 se inicia con valores altos llegando a $56\mu\text{g}/\text{m}^3$ de las partículas PM_{10} desde el mes de enero hasta el inicio del mes de marzo. Al decretar el estado de alarma, como ocurre en toda España, las cifras bajan bruscamente llegando de $45\mu\text{g}/\text{m}^3$ a $15\mu\text{g}/\text{m}^3$, lo cual indica una contaminación mucho menor debido a las restricciones de movimientos en todo el territorio. Durante el periodo de estado de alarma, Barcelona se ha mantenido con unos valores de mínimo 18 y máximo $20\mu\text{g}/\text{m}^3$. La fase 0 en la ciudad condal ocurre el 11 de mayo, y como muestra la figura 9, los valores de los contaminantes comienzan a incrementarse de forma gradual ya que aún existían restricciones de movimientos. En la fase 1 (25 de mayo), los valores se incrementan llegando a tener un máximo de $23\mu\text{g}/\text{m}^3$ y en cuanto a la fase 2 (10 de junio) los valores registrados son de máximo $25\mu\text{g}/\text{m}^3$, lo cual es debido a la eliminación de ciertas restricciones de movimiento y la reincorporación del transporte público. Finalmente la fase 3 y la nueva normalidad ocurren el día 18 y 19 de junio respectivamente, donde los contaminantes muestran un aumento pero nunca superar los valores del año pasado o el periodo previo a la pandemia.

4. DISCUSIÓN

Las medidas aplicadas sobre restricciones al transporte terrestre, la cancelación de vuelos y el cierre de fábricas y comercios con el fin de intentar evitar la expansión de la covid-19, ha causado un impacto positivo en el ambiente con una menor cantidad de dióxido de carbono liberada a la atmósfera y otros contaminantes.

En el caso de España, imágenes por satélite [7] muestran una reducción significativa de la polución atmosférica conforme avanzan las medidas de restricción de movimientos y concienciación de la ciudadanía, que hacen reducir al mínimo la concentración de contaminantes en las grandes ciudades españolas. Se detecta una bajada de la concentración de NO_2 y PM_{10} , así mismo como consecuencia de la reducción de la actividad se detecta un menor consumo de electricidad lo cual motiva de igual manera la reducción de emisiones por parte de centrales de generación eléctrica que utilizan combustibles fósiles.

Observando diferentes estaciones de medición de la contaminación atmosférica

en Madrid, y centrándonos en el casco urbano (Estación de medición Ladreda) [10], se constatan que durante varios escenarios observados, tras el decreto del gobierno español de restricción del movimiento a partir del 14 de Marzo de 2020 se mide una concentración de NO_2 de entre 10 a $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ el día (20/03/2020), un descenso de aproximadamente un 85% con respecto a los días anteriores a la puesta en marcha de la reducción de movimientos y parada parcial de la actividad económica (12/03/2020) donde se registraron valores entre 60 a $80\mu\text{g}/\text{m}^3$.

En la ciudad de Valencia (España), la reducción de contaminantes ha sido inmediata. Prestando atención especial a las mediciones en días festivos de los óxidos de nitrógeno (NO_2) y a las PM_{10} , los niveles de polución de NO_2 se reducen hasta un 90% en la Pista de Silla el día 22/03/2020 (día festivo tras el decreto de reducción de movimientos) donde se midieron $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ si lo referenciamos con otro día festivo anterior a la fecha de restricción de movimientos (8/03/2020) donde se midieron $12\mu\text{g}/\text{m}^3$. Esta diferencia es aún más significativa comparandola con un día festivo de Enero del 2020 donde se llegaron a medir $16\mu\text{g}/\text{m}^3$ (18/01/2020), cuando aún no se tenía especial conciencia ciudadana del problema de la pandemia.

En días laborables en la ciudad de Valencia, analizando las concentraciones de NO_2 , se observa una medición (valor promedio diario de lecturas realizadas cada hora) de $3\mu\text{g}/\text{m}^3$ del 20/03/2020 (día laboral tras el decreto de reducción de movimientos), teniéndose una reducción del 79% con respecto a semanas próximas anteriores (28/02/2020) donde se midieron valores de $14\mu\text{g}/\text{m}^3$, o una reducción del 85% en el mes de Enero (24/01/2020) $21\mu\text{g}/\text{m}^3$, cuando aún no se tenía especial conciencia ciudadana del problema de la pandemia.

En una semana en Valencia, las partículas en suspensión PM_{10} se han reducido hasta un 55% comparando en festivos, y hasta un 70% si comparamos con días laborables. Esta reducción es más significativa si se compara con respecto a días del mes de enero del 2020, o con respecto a las mediciones del año 2019.

Igual consideración a lo comentado sobre la ciudad de Valencia, se puede comentar con respecto a la ciudad de Barcelona, donde se ven unos descensos en días festivos de los óxidos de nitrógeno (NO_2) y PM_{10} . Los niveles de polución de NO_2 en días festivos se reducen de $22\mu\text{g}/\text{m}^3$ (18/01/2020) a $4\mu\text{g}/\text{m}^3$ (22/03/2020). Comparando el NO_2 en días laborables, se

pasa de 33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24/01/2020) a 9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (20/03/2020). Los niveles de PM_{10} en días festivos se reducen en Barcelona de 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (18/01/2020) a 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (22/03/2020). Comparando el PM_{10} en días laborables, se pasa de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24/01/2020) a 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (20/03/2020).

La restricción de movimientos a la población ha implicado un descenso en el tráfico de vehículos privados por las calles, uno de los principales factores de la polución urbana, lo que ha derivado, por tanto, en una caída significativa de los registros de partículas contaminantes en suspensión.

Los datos registrados han manifestado la reducción significativa de partículas contaminantes que se produjo el domingo 15 de marzo, primer día de cuarentena efectiva (se ordenó el confinamiento domiciliario), con respecto al domingo de la semana anterior. Sin que mediara ningún cambio sustancial en las condiciones meteorológicas de dispersión entre ambas fechas.

Este resultado refuerza el impacto significativo de la actividad humana en la calidad ambiental de las ciudades [14-16], y destaca la importancia de buscar fórmulas para hacer más sostenible el entorno donde vivimos [17-20], combinando la libertad de movilidad con el respeto ambiental.

4. CONCLUSIONES

El efecto mundial de la pandemia provocada por la COVID-19 ha provocado la restricción de movimientos a la población que ha implicado un descenso en el tráfico de vehículos privados por las calles, uno de los principales factores de la polución urbana, lo que ha derivado, por tanto, en una caída significativa de los registros de partículas contaminantes en suspensión.

En España el efecto indirecto producido por esta pandemia sobre la contaminación atmosférica en las ciudades se redujo en una media del 80% teniendo en cuenta fechas posteriores a la declaración de alarma y restricción de movimientos por el gobierno español (14/03/2020), en referencia a días anteriores a dicha fecha.

La demanda de energía eléctrica como consecuencia de la crisis producida por la pandemia y las acciones promovidas por el gobierno español ha ido evolucionando reduciéndose considerablemente. Se observa una disminución de aproximadamente un 25% con respecto a enero, en referencia a la semana después de aplicarse el estado de alarma (14/03/2020). Así mismo, la parada de la actividad eco-

nómica implica menores emisiones de contaminantes como consecuencia de las centrales de producción de energía eléctrica al haber menor demanda energética.

Se observa que una vez que se reactiva la economía, conforme avanzan las fases de desescalada, los niveles de contaminación vuelven a subir. Sin embargo, esta situación muestra un aspecto positivo, evidenciando que si se toman las medidas necesarias es posible disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y la contaminación ambiental en las grandes ciudades.

Los beneficios de los cambios en la contaminación del aire provocados indirectamente por la pandemia no tienen en cuenta otros efectos negativos que se pueden producir sobre la economía y los cambios sociales que esto implicará.

Esta pandemia provocada por la COVID-19, nos muestra una importante lección, que el cambio de usos en el transporte y el efecto humano inciden de una manera muy significativa en la calidad del aire que se puede tener en las ciudades, por lo tanto, conseguir una mejora medio ambiental es posible si se toman las acciones adecuadas.

REFERENCIAS

- [1] Farrow, A., Miller, K.A. & Myllyvirta, L. Toxic air: The price of fossil fuels. Seoul: Greenpeace Southeast Asia. 44 pp. February 2020. <https://es.greenpeace.org/es/wp-content/uploads/sites/3/2020/02/TOXIC-AIR-Report-110220.pdf> (accessed on 16/03/2020).
- [2] New Virus Discovered by Chinese Scientists Investigating Pneumonia Outbreak. Available online: <https://www.wsj.com/articles/new-virus-discovered-by-chinese-scientists-investigating-pneumoniaoutbreak-11578485668> (accessed on 16/03/2020).
- [3] New-type coronavirus causes pneumonia in Wuhan: Expert. Available online: http://www.xinhuanet.com/english/2020-01/09/c_138690570.htm (accessed on 18/03/2020).
- [4] Novel 2019 coronavirus genome. Available online: <http://virological.org/t/novel-2019-coronavirus-genome/319> (accessed on 20/03/2020).
- [5] WHO. World Health Organization. Available online: URL: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/situation-reports/>. (accessed on 20/03/2020).
- [6] United States Environmental Protection Agency: Office of Air and Radiation. The benefits and costs of the Clean Air Act from 1990 to 2020. Disponible en: https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/fullreport_rev_a.pdf (2011) [Consultado 19 de Marzo de 2020].
- [7] ESA/Copernicus. Available online: URL: <https://www.esa.int/esearch?q=covid-19>. (accessed on 20/03/2020).

- [8] SEPAR. Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica. Available online: <https://www.separ.es/>. (accessed on 22/03/2020).
- [9] El comercio. Available online: URL: <https://www.elcomercio.com/tendencias/aislamiento-covid19-reduccion-contaminacion-ambiente.html>. (accessed on 20/03/2020)
- [10] Air Quality Historical Data Platform. Available online <https://aqicn.org/data-platform/covid19/> (accessed on 22/06/2020).
- [11] REE. Red Eléctrica de España. Available online. <https://www.ree.es/es/actividades/demanda-y-produccion-en-tiempo-real>. (accessed on 22/06/2020).
- [12] Gobierno de España, ministerio de Sanidad. <https://www.mscbs.gob.es/en/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov-China/documentos/PlanTransicionNuevaNormalidad.pdf> (consultado el 04/06/2020)
- [13] Ayuntamiento de Madrid. Portal calidad del aire. Available online: <http://www.mambiente.madrid.es/sica/scripts/index.php>. (accessed on 22/03/2020).
- [14] Grow Green project. Green cities for climate and water resilience, sustainable economic growth, healthy citizens and environments. Available online: <http://growgreenproject.eu/>. (accessed on 21/04/2020).
- [15] Condereff project. Construction & demolition waste management policies for improved resource efficiency. Available online: <https://www.interregeurope.eu/condereff/>. (accessed on 21/04/2020).
- [16] Gómez, F.; Valcuende, M.; Matzarakis, A.; & Cárcel-Carrasco, J. Design of natural elements in open spaces of cities with a Mediterranean climate, conditions for comfort and urban ecology. *Environmental Science and Pollution Research*. 2018. 25.26: 26643-26652.
- [17] Peñalvo-López, E.; Cárcel-Carrasco, J.; Alfonso-Solar, D.; Valencia-Salazar, I., & Hurtado-Pérez, E. Study of the Improvement on Energy Efficiency for a Building in the Mediterranean Area by the Installation of a Green Roof System. *Energies*. 2020. 13.5: 1246.
- [18] Cárcel-Carrasco, Javier; Cárcel-Carrasco, José Antonio; Peñalvo-López, Elisa. Factors in the Relationship between Maintenance Engineering and Knowledge Management. *Applied Sciences*. 2020. 10.8: 2810.
- [19] Peñalvo-López, E.; Pérez-Navarro, Á.; Hurtado, E.; & Cárcel-Carrasco, F. J. Comprehensive Methodology for Sustainable Power Supply in Emerging Countries. *Sustainability*. 2019. 11.19: 5398.
- [20] Peñalvo-López, E.; Cárcel-Carrasco, F. J.; Devece, C.; & Morcillo, A. I. A methodology for analysing sustainability in energy scenarios. *Sustainability*. 2017. 9.9: 1590.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue respaldado por el programa Interreg Europe financiado por la Comisión Europea en el proyecto Condereff project (Ref. PGI05560-Condereff) Construction & demolition waste management policies for improved resource efficiency.