

04-050

ANALYSIS OF RESOURCES FOR AIR QUALITY CONTROL IN LOW EMISSION ZONES. CASE STUDY OF THE PROVINCE OF CÁDIZ

Pastor Fernández, Andrés ⁽¹⁾; Otero Mateo, Manuel ⁽¹⁾; Cerezo Narváez, Alberto ⁽¹⁾; Ramírez Peña, Magdalena ⁽¹⁾; Ballesteros Pérez, Pablo ⁽²⁾

⁽¹⁾ Universidad de Cádiz, ⁽²⁾ Project Management, Innovation and Sustainability Research Centre (PRINS), Universitat Politècnica de València

One of the major novelties of the Spanish Royal Decree 1052/2022 for regulating Low Emission Zones (LEZ) is the establishment of new requirements in municipalities with more than 50.000 residents. Regarding air quality (AQ), this regulation establishes different monitoring and control processes so that vehicle access limitation, circulation and establishment in the LEZs become effective. This study analyses the regulatory compliance of LEZs in the province of Cadiz and the general criteria that must be considered in this type of projects. Additionally, we study the existence and location of AQ control stations in the same province. Our results evidence an urgent need to define LEZs in several municipalities and the need to allocate more resources to achieve a higher level of AQ control in LEZs.

Keywords: Low Emissions Zone (LEZ); Air Quality (AQ); control station

ANÁLISIS DE RECURSOS PARA CONTROLAR LA CALIDAD DEL AIRE EN ZONAS DE BAJAS EMISIONES. ESTUDIO EN LA PROVINCIA DE CÁDIZ

Una de las grandes novedades del Real Decreto 1052/2022 por el que se regulan las Zonas de Bajas Emisiones (ZBE) es el establecimiento nuevos requisitos en poblaciones de más de 50.000 habitantes. En el ámbito relacionado con la calidad del aire (CA), esta normativa establece diferentes restricciones que serán monitorizadas de manera que las limitaciones de acceso, circulación y estacionamiento de vehículos en ZBE sean realmente efectivas. En este trabajo se analiza el cumplimiento normativo de las ZBE en la provincia de Cádiz y los criterios generales que deben ser contemplados en este tipo de proyectos. Además, se estudia la existencia y ubicación de las estaciones para el control de los parámetros básicos de CA en la misma provincia. Nuestros resultados evidencian la necesidad urgente de la definición de ZBE en algunos municipios de la provincia y también la necesidad de asignar mayores recursos materiales para conseguir el control de CA en ZBE.

Palabras clave: Zona de bajas Emisiones (ZBE); Calidad del Aire (CA); estación de control

Agradecimientos: Al Departamento de Ingeniería Mecánica y Diseño Industrial de la Escuela Superior de Ingeniería de Cádiz y al Grupo de Investigación TEP955-Ingeniería y Tecnología para la Prevención de Riesgos Laborales (INTELPREV), de la Universidad de Cádiz.



© 2023 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

Uno de los grandes problemas a nivel mundial es el alto nivel de contaminación del planeta y el alto porcentaje de enfermedades relacionadas con el medio ambiente (Prüss-Üstün et al., 2016 p.12). Según el informe del Director General de la 71ª Asamblea Mundial de la Salud de 2018, la contaminación en del aire provoca unos 6,5 millones de muertes al año (World Health Organization, 2018).

Por otro lado, desde la publicación de la Agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) (United Nations, 2018), los países han ido elaborando un marco legislativo para conseguir un mejor planeta desarrollando mecanismos para salvaguardar la salud de las personas y persiguiendo actuaciones que garanticen la sostenibilidad.

Muchos de los aspectos de la citada Agenda se vieron sacudidos por la pandemia por COVID-19 (Sapaico Del Castillo et al., 2021). Según la alocución realizada por el Director General de la Organización Mundial de la Salud (OMS) en la rueda de prensa celebrada el 17 de marzo de 2023, mencionó que desde la declaración de emergencia sanitaria mundial, en enero de 2020 hasta ahora, se han notificado casi 7 millones de muertes, aunque indicó que "...sabemos que el número real de fallecidos es mucho mayor" (World Health Organization, 2023).

Aunque las consecuencias del COVID-19 han sido claramente negativas para la salud de personas (Clemente-Suárez et al., 2021), física, mental y socialmente (Rajkumar, 2020), la actividad en el planeta estuvo prácticamente paralizada. También hay que resaltar que se redujeron notablemente las emisiones de CO₂ a la atmósfera durante esta etapa (Le Quéré et al., 2020), llegando a concentraciones que jamás se habían dado en siglo XXI y la calidad del aire (CA) sufrió temporalmente una mejora.

La CA, además de tener connotaciones directas en la salud de las personas y su calidad de vida (Darçın, 2014), tiene una relación intrínseca con la gestión medioambiental y la sostenibilidad del planeta (Costa, 2011). Influye directamente en calidad del aire interior (CAI) en los espacios habitables al ser elemento de entrada en los espacios interiores. Hay investigaciones relativas a la CAI y factores relacionados con la ventilación, la humedad y la temperatura y otros contaminantes (Pastor-Fernández et al., 2022).

Desde la firma en 2016 del Acuerdo de París (United Nations, 2016), han ido incorporándose diferentes tratados y protocolos en las Conferencias sobre Cambio Climático (COPs), siendo la última "COP27" celebrada en noviembre de 2022 en Sharm (Egipto). Tenía como punto de partida la "COP26" celebrada en Glasgow entre octubre y noviembre de 2021. Desde entonces, se han firmado acuerdos para eliminar progresivamente el uso de combustibles fósiles y disminuir las emisiones de contaminantes (Zysk et al., 2019) para tener un aire limpio (Y. Liu et al., 2022) y conseguir así una mejor CA. Esto impacta en el sector automovilístico al restringir el uso de vehículos que no sean "de emisiones cero" (Piracha & Chaudhary, 2022).

Con objeto de lograr una mejor CA en los núcleos urbanos de más de 50.000 habitantes o de 20.000 habitantes con niveles de contaminación elevados, se ha desarrollado el concepto de Zona de Baja Emisión (ZBE) (Boletín Oficial del Estado, 2022), en los cuales las actividades de acceso a los vehículos estarán restringidas y monitorizadas, evitando así niveles perjudiciales para la salud de las personas y una recuperación del medio ambiente.

Entre las 19 Comunidades y Ciudades Autónomas (CC.AA), existen 151 municipios con un censo superior a los 50.000 habitantes. Todos deberían cumplir desde el 1 de enero de 2023

la norma para implantar las ZBEs y solo se tienen constancia de que 11 ciudades lo han realizado (un porcentaje inferior al 7,3% en España) (El Correo, 2023).

Puesto que uno de los requisitos en las ZBEs es la monitorización continua de las concentraciones de varios contaminantes, los municipios deben contar con recursos a tal efecto. En esta investigación, focalizada en la provincia de Cádiz, se expondrán los medios actuales, propios del sistema de vigilancia y control (SVC) de la CA en Andalucía, y se analizará el cumplimiento normativo, aplicando los requisitos para los municipios superiores a 50.000 habitantes y para los de más de 20.000 habitantes con actividades industriales que exijan la implantación de una ZBE.

Tras la introducción desarrollada, el trabajo se estructura presentando los objetivos generales y específicos, los aspectos materiales y legislativos de referencia en materia de CA, la metodología desarrollada y su aplicación al caso de estudio de la Provincia de Cádiz. Tras esta fase, se presentarán los resultados del trabajo y su discusión, finalizando con la exposición de las conclusiones principales y las líneas futuras de investigación.

2. Objetivos

Los objetivos que se persiguen en este trabajo son varios, unos de tipo general y otros específicos correspondientes al caso de estudio.

En primer lugar, y dada la extensa normativa en materia de CA, se fija como objetivo conocer la de aplicación en España y más concretamente en Andalucía.

Por otro lado, se desarrollará un estudio de los recursos existentes en Andalucía para la gestión relacionada a la CA en las ZBEs y se analizará el caso de la provincia de Cádiz, pudiendo evaluar la adecuación de los recursos a las necesidades relativas a la CA en las ZBEs. Subsidiariamente, se pondrá de manifiesto qué municipios necesitan incorporar nuevos recursos para controlar la CA.

3. Materiales

En este apartado, tras presentar los factores que influyen en la CA, se expondrán las principales normas de aplicación, poniendo el foco en las nacionales y las aplicables en Andalucía. Tras ello, se expondrán los recursos públicos que han sido utilizados en el desarrollo del trabajo de investigación que son gestionados por la Junta de Andalucía (JA).

3.1. Factores

Varios investigadores han determinado que los factores que influyen sobre la CA son de diversos. Están los fenómenos naturales (H. Liu et al., 2017), las actividades humanas incluyendo las emisiones de vehículos (Agarwal & Mustafi, 2021) y fuentes industriales, y los relacionados con la química atmosférica (D'Ambro et al., 2021).

Entre los naturales, están los de fuerza mayor (los huracanes, erupciones volcánicas, incendios,...) que impactan negativamente en la CA al generar altas cantidades de contaminantes y partículas, generando enfermedades respiratorias y cardíacas (Vallero, 2014).

En relación con las humanas, y sin ser exhaustivas, están las del transporte (McCaffery et al., 2021), de personas y mercancías (Ziółkowski et al., 2022), los procesos industriales y los de generación de energía. Este último, ha sido el gran caballo de batalla de las últimas actuaciones a nivel mundial. Con entrada en vigor del protocolo de Kyoto en 2005 y posterior la enmienda en Doha en 2014, se fijó un acuerdo internacional de la CMNUCC, fijando

objetivos, entre los que está el de reducir las emisiones de los principales gases de efecto invernadero (United Nations, 2022).

Respecto a la repercusión sobre la composición de la atmósfera, la CA desempeña un papel esencial. Las reacciones químicas entre los diferentes contaminantes y otros compuestos de la atmósfera pueden generar compuestos perjudiciales como, por ejemplo, el ozono troposférico y las partículas. Según Ebi & McGregor (Ebi & McGregor, 2008), tener un control de los mismos, mejoraría la salud de las generaciones actuales y futuras. Otro aspecto para tener en cuenta en relación con la CA es el patrón meteorológico (Lai & Cheng, 2009; Zhang et al., 2016) en los que se movilizan grandes masas de aire a temperaturas y presiones uniformes.

Tal y como se ha ido indicando, numerosos investigadores (Global Air Quality and Health Co-Benefits of Mitigating near-Term Climate Change through Methane and Black Carbon Emission Controls, 2012; Jacob & Winner, 2009; Kinney, 2008) han establecido una relación entre el cambio climático, la CA, la concentración de contaminantes y el efecto sobre la salud de las personas. Entre los diferentes contaminantes, se destacan las emisiones antropogénicas de CO₂ y su redistribución entre la atmósfera, el océano y la biosfera. Según las investigaciones de Friedlingstein et al. (Friedlingstein et al., 2022), pueden fomentar políticas que busquen la mejora del clima y consecuentemente, ser una buena base poder proyectar el cambio climático.

3.2. Requisitos legales.

A nivel mundial existen diferentes normas relacionadas con la CA. La OMS ha publicado Directrices mundiales sobre la CA con objeto de proteger la salud mediante la reducción de las concentraciones de contaminantes en el aire (World Health Organization, 2021)

En un contexto nacional y europeo, se encuentran las principales referencias legislativas:

- Directiva 2008/50/CE (Directive 2008/50/EC, 2008) y la Directiva 2004/107/CE (Directive 2004/107/EC, 2004), ambas transpuestas al ordenamiento jurídico español a través del Real Decreto 102/2011 (Real Decreto 102/2011, de 28 de Enero, Relativo a La Mejora de La Calidad Del Aire, 2011).
- Directiva 2015/1480/CE (Directive (EU) 2015/1480, 2015), transpuesta al ordenamiento jurídico español a través del R.D. 39/2017 (Real Decreto 39/2017, Relativo a La Mejora de La Calidad Del Aire, 2017).
- Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de CA y protección de la atmósfera. En su art. 16.4 establece que "...las entidades locales, con el objeto de conseguir los objetivos de esta Ley, podrán adoptar medidas de restricción total o parcial del tráfico..."
- En este sentido, se han trasladado los principios de protección ambiental marcados en el Reglamento 2018/1999 del Parlamento Europeo y del Consejo, (REGULATION (EU) 2018/1999 on the Governance of the Energy Union and Climate Action, 2018), el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico de España, 2021) y la Estrategia de Descarbonización a 2050 (Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico de España, 2020) a la Ley 7/2021 de cambio climático y transición energética (Boletín Oficial del Estado, 2021) y se ha realizado el desarrollo legislativo correspondiente al Real Decreto 1052/2022, por el que se regulan las ZBEs en el territorio nacional (Boletín Oficial del Estado, 2022).
- En el marco de regulación del tráfico, el art. 7.g del Real Decreto Legislativo 6/2015, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial, otorga a los municipios "la competencia de restringir la circulación a determinados vehículos en vías urbanas por motivos medioambientales" y el art. 18, "de

acordar por los mismos motivos la prohibición total o parcial de acceso a partes de la vía, bien con carácter general o para determinados vehículos, así como el cierre de determinadas vías, lo cual está alineado con los Planes de Seguridad Vial de los entes públicos responsables de la gestión del tráfico, en los que se contemplan tanto restricciones a la circulación como limitaciones de velocidad”.

Todas estas normas son el soporte legal para la implantación de las ZBEs en el territorio nacional. Además, existe normativa Autonómica en materia de CA, ya que la competencia de la gestión en materia de protección del medio ambiente corresponde a la CC.AA (art. 148.1. 9ª Constitución Española). Por ello, se han desarrollado normas autonómicas, como la Ley 7/2007 relativa a la Gestión Integrada de la Calidad Ambiental, el Decreto 239/2011 que regula la calidad del medio ambiente atmosférico y se crea el Registro de Sistemas de Evaluación de la CA en Andalucía o el Decreto 231/2013 por el que se aprueban los planes de mejora de la CA en determinadas zonas de Andalucía.

3.3. Principales contaminantes en las ZBE.

Los proyectos de ZBE establecen que es necesario monitorizar los contaminantes relacionados con el tráfico, como son las partículas en suspensión (PM10 y PM2,5) y Dióxido de nitrógeno (NO₂), así como otros relacionados con el cambio climático como es el Ozono troposférico (O₃) y el Dióxido de azufre (SO₂). Las redes de evaluación de CA envían en tiempo real los datos al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Los datos se pueden completar, cuando es necesario, con técnicas de modelización, por ejemplo con el sistema PronoCaire.And en Andalucía. Con base en la concentración de los contaminantes, se define el Índice de Calidad del Aire (ICA). En la Figura 1 se muestra de manera resumida la evaluación del ICA en función de las concentraciones de los contaminantes en µg/m³.

Figura 1: Calidad del Aire (ICA).

CATEGORÍA DEL ÍNDICE	MENSAJES PARA LA SALUD	SO ₂	PM2,5	PM10	O ₃	NO ₂
Buena	Calidad del aire satisfactoria	0-100	0-10	0-20	0-50	0-40
Razonablemente Buena	Calidad del aire aceptable, la contaminación no supone un riesgo para la salud	101-200	11-20	21-40	51-100	41-90
Regular	La calidad del aire probablemente no afecte a la población general pero puede presentar un riesgo moderado para los grupos de riesgo	201-350	21-25	41-50	101-130	91-120
Desfavorable	Toda la población puede experimentar efectos negativos sobre la salud y puede tener efectos mucho más serios en los grupos de riesgo	351-500	26-50	51-100	131-240	121-230
Muy Desfavorable	Condiciones de emergencia para la salud pública, la población entera puede verse seriamente afectada	501-750	51-75	101-150	241-380	231-340
Extremadamente Desfavorable	Condiciones de emergencia para la salud pública, la población entera puede verse gravemente afectada	751-1250	76-800	151-1200	381-800	341-1000

Fuente: (Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico de España, 2021a)

3.4. Recursos.

En Europa existe un servicio para medir el índice europeo de CA (European Environment Agency, 2023). Existen más de 2000 estaciones, tal y como se muestra en la Figura 2. Esta iniciativa de la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) y la Comisión Europea, permite conocer la CA en toda Europa, pudiendo filtrarse la información por cada país de la AEMA.

Figura 2: Red de estaciones para determinar el índice de CA.



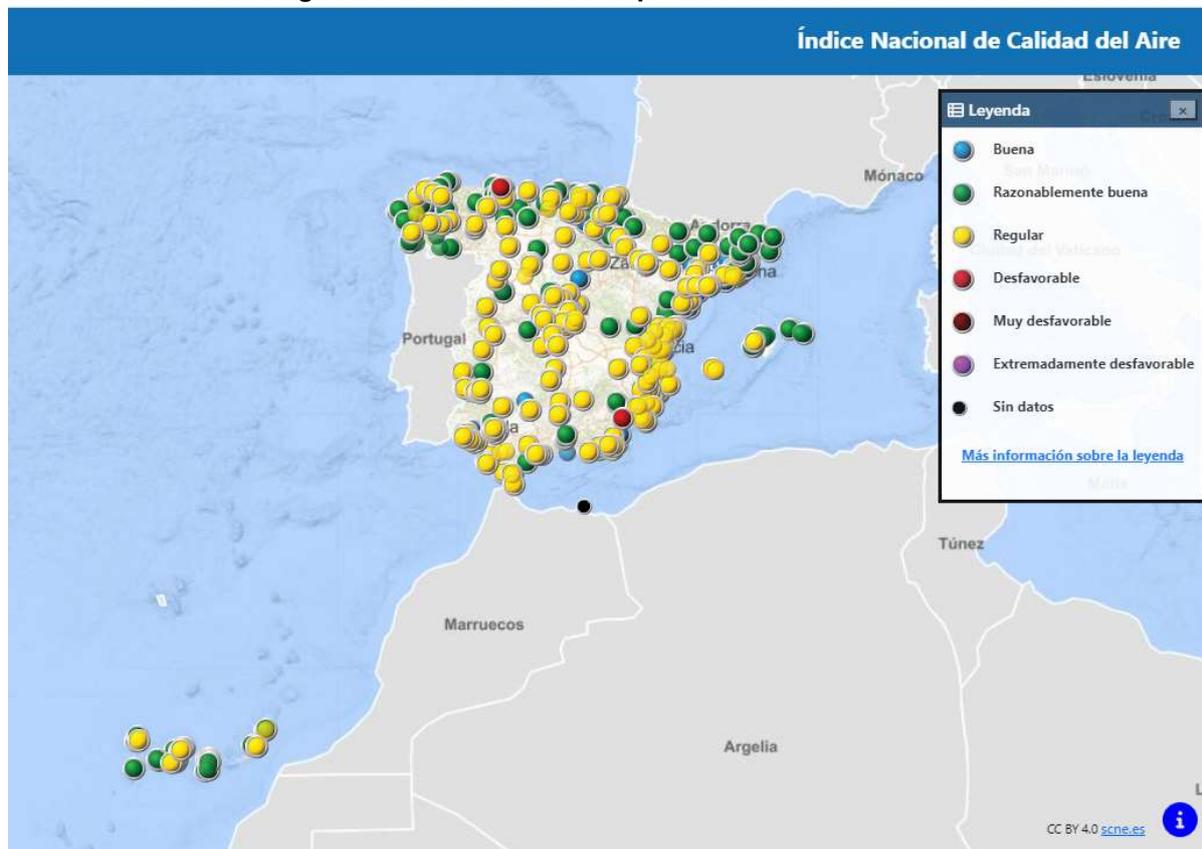
Fuente <https://airindex.eea.europa.eu/>. Fecha de consulta 23-marzo-2023

La legislación española (Real Decreto 102/2011, de 28 de Enero, Relativo a La Mejora de La Calidad Del Aire, 2011) clasifica las estaciones según dos criterios, el tipo de área y según las fuentes de emisión predominantes. Según el primero, se dividen en urbanas cuando es una zona con edificaciones continuas, suburbanas cuando las zonas continuas de edificios están separadas con zonas no urbanizadas (pequeños lagos, bosques, tierras agrícolas,) y las rurales cuando no son de los tipos anteriormente mencionados. Cuando se clasifican según la fuente de emisión predominante, están las estaciones de tráfico que sirven para evaluar el nivel de contaminación procedente de las emisiones de los vehículos de una calle, carretera o conjunto de carreteras próximas, las estaciones industriales localizadas para monitorizar el nivel de contaminación que proviene de una actividad industrial y las estaciones de fondo que tienen como objetivo evaluar zonas en las que no se manifiesta ninguna fuente contaminante de emisión específicamente predominante.

En España, hay una red de 600 estaciones automáticas de medición fija distribuidas según los criterios establecidos en los anexos IV y V del RD 102/2011 y más de 4.000 analizadores. Se ubican en puntos singulares para obtener la mejor información de los contaminantes presentes en el aire. Algunas estaciones, como las ubicadas en torres o zonas de gran afluencia de tráfico, se localizan en puntos dónde se busca obtener los valores máximos.

Otras se ubican en puntos que no tengan incidencia directa y están en zonas más reservadas de los contaminantes locales. En la Figura 3 se muestran todas las estaciones fijas en España.

Figura 3: Red de estaciones para determinar el índice de CA.



Nota: Fuente <https://ica.miteco.es/> (datos consultados el 21-mayo-2023)

Tras la Ley 7/2007, las competencias de gestión fueron transferidas a las CC.AA. En Andalucía, actualmente es la Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul la encargada de los asuntos relativos a la gestión de la RVCCAA. Está compuesta por los sistemas de evaluación existentes en la CC.AA de Andalucía. Los medios que cuenta esta red son:

- Redes de muestreo auxiliares, en la que se cuenta con los siguientes medios:
 - Red de fondo de captadores difusivos (RFCD), para estimar la CA de fondo en el entorno rural. Existen 94 puntos repartidos en toda Andalucía, de los cuales 26 son estaciones fijas y 68 puntos de apoyo. La información está disponible en el catálogo de datos a través de Rediam(Consejería de Sostenibilidad Medio Ambiental y Economía Azul de la Junta de Andalucía, 2012). Los últimos datos corresponden a campañas realizadas entre los años 2000 y 2012 mediante el método de interpolación Inverse Distance Weighted (IDW) (Hakan Tecer & Tagil, 2013).
 - Red de BTEX de captadores difusivos que están en las infraestructuras actuales y en otras localizaciones, principalmente en los municipios que no disponen de estaciones fijas donde recogen datos de numerosos contaminantes. Según los últimos datos disponibles, en el año 2012 en Andalucía existían más de 2300 puntos de recogida.
- Las subredes y estaciones integradas en la Red de Vigilancia y Control que corresponden a diferentes medios usados para determinar la CA. Se dividen en las siguientes subredes:
 - Red Automática (RA) de CA, compuesta por estaciones de medida de la CA. En junio de 2022 había 96 estaciones operativas en Andalucía.

En Andalucía, se dispone de un sistema de información global diaria que también incluye el pronóstico de la CA para 72 horas. APronoCaire.And (Junta de Andalucía, 2022) ofrece datos en tiempo real y el pronóstico para los varios contaminantes además del índice de CA actual y su previsión para 72 horas.

- La RAEA está constituida por unos sensores de medida localizados en focos de instalaciones industriales que transmiten los datos en tiempo real al Centro de Datos de la JA. En el año 2021, la red de emisiones de Andalucía controlaba 643 parámetros.
- Red de captadores manuales, principalmente son gravimétricos de partículas y se usan para analizar partículas (PM_{2,5} o PM₁₀, así como metales e hidrocarburos aromáticos. La JA dispone de 56 equipos, 23 para PM_{2,5} y el resto para PM₁₀.

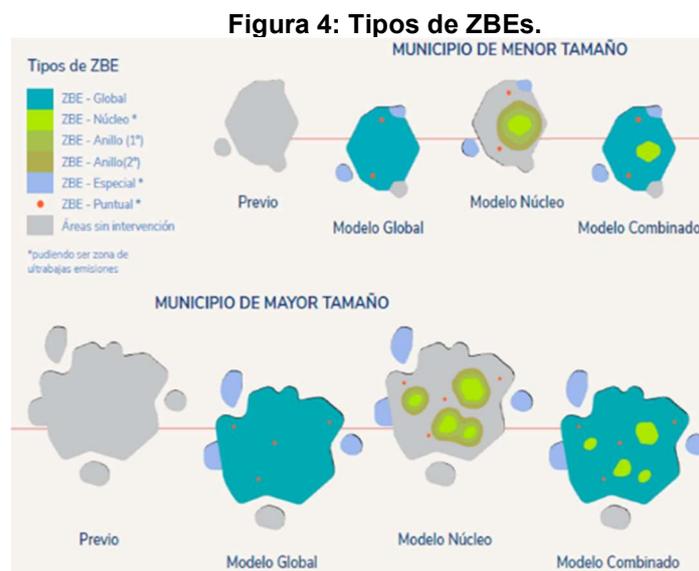
En Andalucía hay tres unidades móviles de inmisión. Una atiende a los municipios que no tienen estaciones fijas y a las denuncias que son formuladas por la ciudadanía en materia de CA. Otra se usa como patrón para la calibración y mantenimiento de los analizadores de las estaciones fijas, realizando también estudios de intercomparación. La tercera se usa solo para el mantenimiento y calibración de los equipos de PM_{2,5} y PM₁₀.

3.5. Las ZBE

Están catalogadas en los siguientes tipos:

- Núcleo, cuando se delimita un área o áreas concretas del municipio.
- Especiales, son áreas con características singulares por la gran atracción de desplazamientos en automóvil. Por ejemplo, los parques empresariales, polígonos industriales o campus universitarios, ámbitos sanitarios o educativos.
- Anillo, mediante la delimitación de una o varias zonas de transición de las ZBE Núcleo o Especial, con aplicación de medidas graduales que permitan evitar un posible efecto frontera.
- Puntual: enfocados a grupos de población vulnerables.
- Zonas de ultrabajas emisiones, con restricciones que superan en exigencia a las de su entorno.

La configuración final de la ZBE puede ser una combinación de los diferentes tipos, tal y como se muestra en la Figura 4:



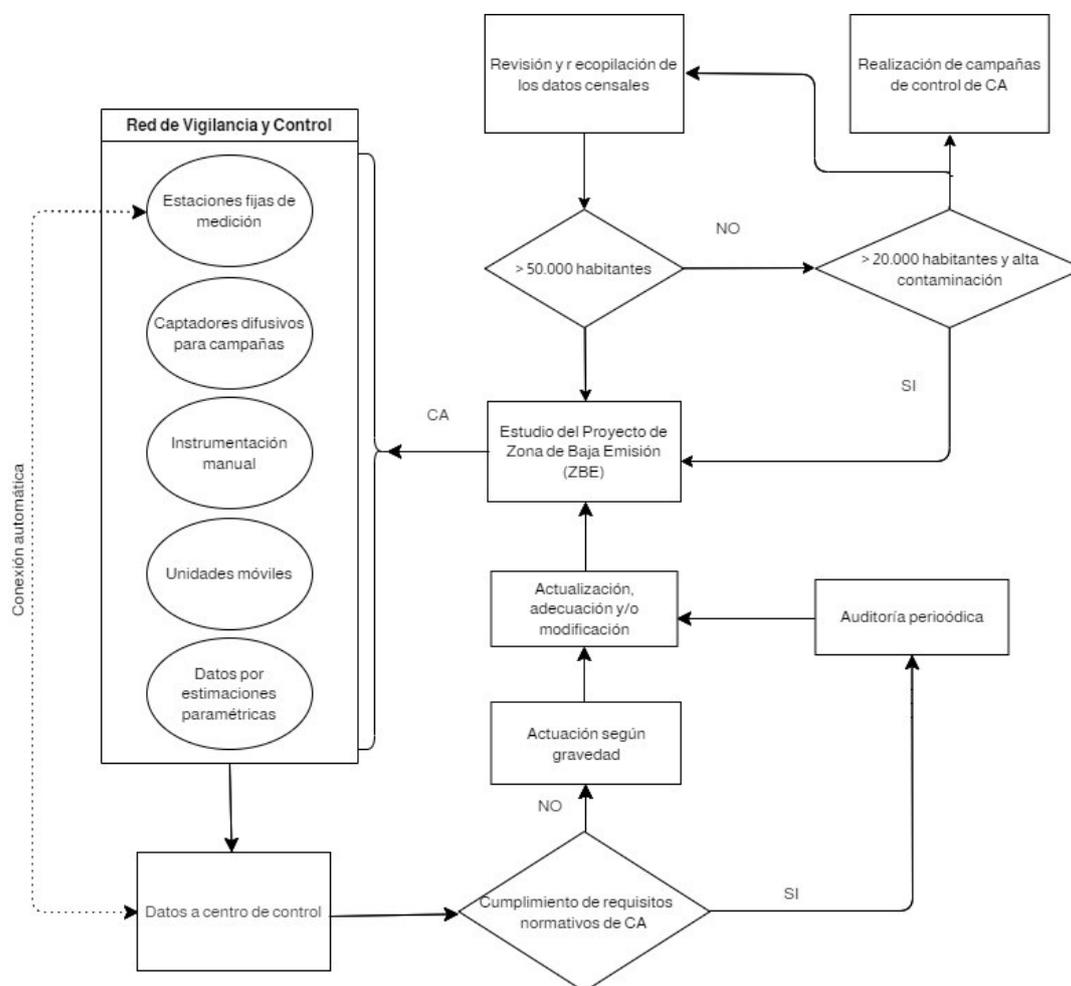
Fuente (Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico de España, 2021a)

4. Metodología

Para el desarrollo de esta investigación, se ha desarrollado la siguiente metodología basada en las siguientes fases. En primer lugar, se ha realizado una recopilación de los datos censales. Por otro lado, se ha realizado el análisis del proyecto de ZBE (cuando se dispone de la información) y su tipología, tanto para municipios españoles de más de 50.000 habitantes como los de más de 20.000 que superen niveles máximos de contaminación. Tras ello, se han inventariado los recursos disponibles el control de la CA en el municipio con objeto de poder determinar el cumplimiento normativo para las SBE que establecen los requisitos en materia de CA. Complementariamente, se han verificado los medios usados según la información disponible a la ciudadanía en la página web del Ayuntamiento y por último, se han planteado propuestas, a corto y medio plazo para lograr el objetivo de monitorización y control de CA en las ZBEs.

Gráficamente se representa mediante la Figura 5:

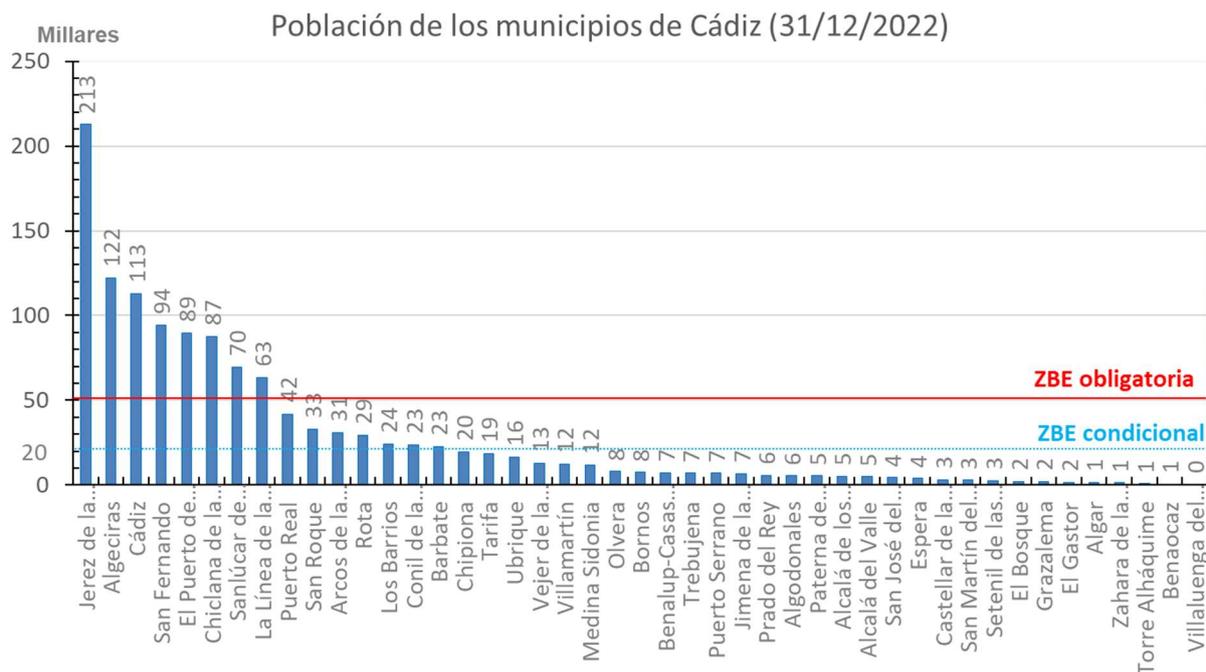
Figura 5: Metodología de la investigación.



5. Caso de estudio

La provincia de Cádiz (WikipediaA, 2023) está compuesta por 45 municipios, Según los datos del INE 2022, la población total era de 1.260.730 habitantes, cuyo reparto es el que se representa en la Figura 6.

Figura 6. Datos del censo de los municipios de la provincia de Cádiz.



En la Figura 6 se están todos los municipios de la provincia. Los de más de 50.000 habitantes que obligatoriamente tienen que disponer de ZBE, los que superan los 20.000 y en estos hay que analizar si las concentraciones de contaminantes les obligan a tener ZBE y el resto de las poblaciones.

Respecto a los recursos, el catálogo existente en la provincia de Cádiz es el siguiente:

- Captadores correspondientes a la RFCD difusivos y a la Red de BTEX. En la provincia de Cádiz se disponen de 396 puntos en los que se controlan 9 tipos de contaminantes. Los últimos datos disponibles de en REDIAM son del año 2012. Están en 44 de los 45 municipios de la Provincia, quedando excluido San Martín del Tesorillo. De los contaminantes que se necesitan monitorizar en las ZBEs están solamente SO₂ y NO₂.
- Los recursos manuales y móviles mencionados en el apartado 2.3 están a disposición de todo el territorio andaluz, pero es destacable que en el Campo de Gibraltar se ha establecido una unidad móvil de vigilancia ambiental dedicada en exclusiva para labores de control y toma de muestras por motivos de la intensa actividad industrial.
- La RA de CA en la provincia de Cádiz, compuesta por 28 estaciones. Cuatro de ellas están ubicadas en torres y las restantes estaciones estándar. En REDIAM se ofrece la información para todas estas estaciones, indicando el municipio, las coordenadas UTM, los parámetros que monitoriza automáticamente y envía en tiempo real, vía GPRS o por internet al Centro de Datos de CA.
- La RAEA, en el año 2019 se disponían de 43 localizaciones en las que se monitorizaban 246 puntos para 23 contaminantes, entre los cuales no estaban PM_{2,5}, PM₁₀ ni O₃.

6. Análisis de resultados y discusión

En relación con la implantación de proyectos de ZBE, tras realizar consulta en la información pública que ofrecen los Ayuntamientos sus webs, en ningún municipio de la provincia de Cádiz se ha implantado, a fecha de 14 de abril de 2023 ningún proyecto de ZBE.

Tras estudiar el censo en la provincia de Cádiz, hay 8 poblaciones que superan los 50.000 habitantes. Son Jerez de la Frontera, Algeciras, Cádiz, San Fernando, El Puerto de Santa

María, Chiclana de la Frontera, Sanlúcar de Barrameda y La Línea de la Concepción. Todas ellas deberían tener diseñado e implantado el proyecto de ZBE desde el 01 de enero de 2023.

Referente a los recursos necesarios para monitorizar con un sistema continuo la CA, los municipios de Jerez de la Frontera, Algeciras, Cádiz, San Fernando y La Línea de la Concepción disponen de estaciones para el control continuo. El Puerto de Santa María, Chiclana de la Frontera y Sanlúcar de Barrameda, deben adecuar su sistema a lo indicado en el Art. 12.1 del RD 1052/2022, permitiendo el seguimiento continuo basado en mediciones de las concentraciones, siendo recomendable una estación fija.

Respecto a las poblaciones con alto nivel de contaminación por las actividades industriales, el SVC tiene recursos en los municipios afectados. Se monitorizan las concentraciones con la RAEA en Jerez, Arcos de la Frontera, los Barrios y San Roque, estos dos últimos están enmarcados en el Campo de Gibraltar donde se sitúa la unidad móvil especial.

Otros municipios superiores a 20.000 habitantes, como son Barbate y Conil, al no tener actividades contaminantes, no están obligadas a desarrollar el proyecto de ZBE. El resto de los municipios, al no superar los 20.000 habitantes, no requieren de ninguna actuación especial.

En cuanto a los datos obtenidos en las estaciones de fondo que provienen de campañas realizadas entre los años 2012 al 2019, aun siendo representativos de la provincia, es necesario realizar una nueva campaña de manera urgente para poder actualizar la información y así desarrollar mejores predicciones.

En la provincia de Cádiz hay infraestructuras de interés general como son los aeropuertos, autopistas y puertos, algunas en el centro de la ciudad. Según el Art. 25. del R.D. 102/2011, es obligación de los gestores estatales establecer mecanismos de cooperación para incorporar medidas que mejoren la CA, requerimiento que se alinea con las ZBEs.

7. Conclusiones

En relación con la normativa de aplicación, se ha realizado un extenso desarrollo que debe ayudar a los entes municipales en la realización de actuaciones para implantar las ZBEs y más concretamente, los recursos necesarios para monitorizar continuamente la CA.

Tras el análisis realizado se ha puesto de manifiesto que en la actualidad que ningún municipio de la provincial de Cádiz tiene vigente el proyecto completo de ZBE, existiendo en España ciudades de referencia.

Tal y como se ha indicado, existen varios municipios con poblaciones superiores a los 50.000 habitantes y no disponen de los recursos para monitorizar de forma continua la CA. La alternativa a corto plazo es continuar con los pronósticos, pero realmente deben actuar de forma inmediata para monitorizarlos como se indica en la norma.

En esta investigación se han varias fuentes como son los de la JA, los del Instituto Nacional de Estadística (INE) y los portales webs de los Ayuntamientos. En relación al catálogo nacional de ZBE, aunque en la DGT existe un portal donde se indica que existe esta información, el acceso es exclusivamente para los Ayuntamientos. Por lo tanto, no está accesible a la ciudadanía, y no posible determinar con base en fuentes oficiales, las ZBEs que realmente están administrativamente dadas de alta. Esto incurre frontalmente con lo establecido en la Ley 19/2013 de transparencia, acceso a la información pública y buen gobierno.

Por último, mencionar, que es necesario revertir el incumplimiento normativo generalizado en los municipios de poblaciones superiores a 50.000 habitantes. En la abril de 2023, el 93,7% de las poblaciones españolas que están obligadas a cumplir la normativa, no tienen implantado el proyecto de ZBE, por lo que España necesita un gran impulso en esta materia.

Todo ello redundará en la mejora de la CA, la sostenibilidad del planeta y en el cumplimiento de varias metas planteadas en los ODS de la Agenda 2030.

Como líneas futuras de investigación, se establecen preferentemente dos. Una dedicada a la comparación de los datos de las estaciones fijas y los obtenidos en las campañas de medición en el municipio. Esto ayudará a conocer la incertidumbre de las medida. Por otro lado, siendo conscientes de la obsolescencia de las campañas de las estaciones de la RFCD, se realizará una investigación de campo para actualizar esta información e incorporar los datos correspondientes a los contaminantes PM10 y PM2,5.

8. Referencias

- Agarwal, A. K., & Mustafi, N. N. (2021). Real-world automotive emissions: Monitoring methodologies, and control measures. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 137). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110624>
- Global air quality and health co-benefits of mitigating near-term climate change through methane and black carbon emission controls, 120 *Environmental Health Perspectives* 831 (2012). <https://doi.org/10.1289/ehp.1104301>
- Boletín Oficial del Estado. (2021). *Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética*.
- Boletín Oficial del Estado. (2022). *Real Decreto 1052/2022, por el que se regulan las zonas de bajas emisiones*. <https://www.boe.es>
- Clemente-Suárez, V. J., Navarro-Jiménez, E., Moreno-Luna, L., Saavedra-Serrano, M. C., Jimenez, M., Simón, J. A., & Tornero-Aguilera, J. F. (2021). The impact of the covid-19 pandemic on social, health, and economy. *Sustainability (Switzerland)*, 13(11). <https://doi.org/10.3390/su13116314>
- Consejería de Sostenibilidad Medio Ambiental y Economía Azul de la Junta de Andalucía. (2012). *REDIAM*. https://portalrediam.cica.es/descargas/index.php/s/mxHMWXyHfrCxyNK?path=%2F05_CALIDAD_AMBIENTAL%2F01_ATMOSFERA%2F01_CALIDAD_AIRE
- Costa, D. (2011). Air quality in a changing climate. In *Environmental Health Perspectives* (Vol. 119, Issue 4). <https://doi.org/10.1289/ehp.1103649>
- D'Ambro, E. L., Pye, H. O. T., Bash, J. O., Bowyer, J., Allen, C., Efstathiou, C., Gilliam, R. C., Reynolds, L., Talgo, K., & Murphy, B. N. (2021). Characterizing the Air Emissions, Transport, and Deposition of Per- And Polyfluoroalkyl Substances from a Fluoropolymer Manufacturing Facility. *Environmental Science and Technology*, 55(2), 862–870. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c06580>
- Darçın, M. (2014). Association between air quality and quality of life. *Environmental Science and Pollution Research*, 21(3), 1954–1959. <https://doi.org/10.1007/s11356-013-2101-3>
- Ebi, K. L., & McGregor, G. (2008). Climate change, tropospheric ozone and particulate matter, and health impacts. In *Environmental Health Perspectives* (Vol. 116, Issue 11, pp. 1449–1455). <https://doi.org/10.1289/ehp.11463>
- El Correo. (2023, April 5). *These are the cities that are already applying Low Emission Zones*. <https://www.elcorreo.com/Motor/Dgt/Dgt-Ciudades-Con-Zonas-Bajas-Emisiones-Semana-Santa-20230405084625-Nt.html?Ref=https%3A%2F%2Fwww.Google.Com%2F>
- European Environment Agency. (2023, March 27). *European Air Quality Index*. <https://airindex.eea.europa.eu/Map/AQI/Viewer/>
- Friedlingstein, P., O'sullivan, M., Jones, M. W., Andrew, R. M., Gregor, L., Hauck, J., Le Quéré, C., Luijkx, I. T., Olsen, A., Peters, G. P., Peters, W., Pongratz, J., Schwingshackl, C., Sitch, S., Canadell, J. G., Ciais, P., Jackson, R. B., Alin, S. R., Alkama, R., ... Zheng, B. (2022). Global Carbon Budget 2022. *Earth System Science Data*, 14(11), 4811–4900. <https://doi.org/10.5194/essd-14-4811-2022>

- Hakan Tecer, L., & Tagil, S. (2013). Spatial-Temporal Variations of Sulphur Dioxide Concentration, Source, and Probability Assessment Using a GIS-Based Geostatistical Approach. In *J. Environ. Stud* (Vol. 22, Issue 5).
- Jacob, D. J., & Winner, D. A. (2009). Effect of climate change on air quality. *Atmospheric Environment*, 43(1), 51–63. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.09.051>
- Junta de Andalucía. (2022, March 12). *PronoCaire.And*. 15/04/2023 <https://pronocaire.meteosim.com/daily-global-info-ca>
- Kinney, P. L. (2008). Climate Change, Air Quality, and Human Health. In *American Journal of Preventive Medicine* (Vol. 35, Issue 5, pp. 459–467). <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2008.08.025>
- Lai, L. W., & Cheng, W. L. (2009). Air quality influenced by urban heat island coupled with synoptic weather patterns. *Science of the Total Environment*, 407(8), 2724–2733. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.12.002>
- Le Quéré, C., Jackson, R. B., Jones, M. W., Smith, A. J. P., Abernethy, S., Andrew, R. M., De-Gol, A. J., Willis, D. R., Shan, Y., Canadell, J. G., Friedlingstein, P., Creutzig, F., & Peters, G. P. (2020). Temporary reduction in daily global CO₂ emissions during the COVID-19 forced confinement. *Nature Climate Change*, 10(7), 647–653. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0797-x>
- Liu, H., Fang, C., Zhang, X., Wang, Z., Bao, C., & Li, F. (2017). The effect of natural and anthropogenic factors on haze pollution in Chinese cities: A spatial econometrics approach. *Journal of Cleaner Production*, 165, 323–333. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.127>
- Liu, Y., Tong, D., Cheng, J., Zhang, Q., Davis, S. J., Yu, S., Phd, C., Zhang, Q., Liu, Y., Tong, D., Cheng, J., Davis, S. J., Yu, S., Yarlagadda, B., Clarke, L. E., Brauer, M., Cohen, A. J., Kan, H., & Xue, T. (2022). Role of climate goals and clean-air policies on reducing future air pollution deaths in China: a modelling study. In *Articles Lancet Planet Health*. www.thelancet.com/
- McCaffery, C., Zhu, H., Tang, T., Li, C., Karavalakis, G., Cao, S., Oshinuga, A., Burnette, A., Johnson, K. C., & Durbin, T. D. (2021). Real-world NO_x emissions from heavy-duty diesel, natural gas, and diesel hybrid electric vehicles of different vocations on California roadways. *Science of the Total Environment*, 784. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147224>
- Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, Pub. L. No. 102 (2011). https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/RD%20102-2011_tcm30-187912.pdf
- Real Decreto 39/2017, relativo a la mejora de la calidad del aire, (2017). https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/rd39_2017mod102_2011_tcm30-376805.pdf
- Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico de España. (2020). *Estrategia de Descarbonización a largo plazo 2050*.
- Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico de España. (2021). *PLAN NACIONAL INTEGRADO DE ENERGÍA Y CLIMA 2021-2030*. https://www.miteco.gob.es/images/es/pnieccompleto_tcm30-508410.pdf
- Pastor-Fernández, A., Cerezo-Narváez, A., Montero-Gutiérrez, P., Ballesteros-Pérez, P., & Otero-Mateo, M. (2022). Use of Low-Cost Devices for the Control and Monitoring of CO₂ Concentration in Existing Buildings after the COVID Era. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(8). <https://doi.org/10.3390/app12083927>
- Piracha, A., & Chaudhary, M. T. (2022). Urban Air Pollution, Urban Heat Island and Human Health: A Review of the Literature. *Sustainability (Switzerland)*, 14(15). <https://doi.org/10.3390/su14159234>
- Prüss-Ustün, A., Corvalán, C. (Carlos), Bos, R., Neira, M., & World Health Organization. (2016). Preventing disease through healthy environments: a global assessment of the burden of disease from environmental risks. In *Preventing disease through healthy*

environments: a global assessment of the burden of disease from environmental risks (Vivien Stone, pp. 12–12).

- Rajkumar, R. P. (2020). COVID-19 and mental health: A review of the existing literature. *Asian Journal of Psychiatry*, 52. <https://doi.org/10.1016/j.ajp.2020.102066>
- Sapaico Del Castillo, C. A., Martínez Puma, E., & Gonzales Portugal, N. (2021). Pandemia por COVID-19 y Objetivos de Desarrollo Sostenible al 2020 COVID-19. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(2), 1627–1641. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i2.373
- Directive 2004/107/EC, (2004). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004L0107&from=ES>
- Directive 2008/50/EC, (2008). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0050&from=en>
- Directive (EU) 2015/1480, (2015). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015L1480&from=ES>
- REGULATION (EU) 2018/1999 on the Governance of the Energy Union and Climate Action, (2018).
- United Nations. (2016). *PARIS AGREEMENT*. https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf
- United Nations. (2018). *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. A New Era in Global Health. <https://doi.org/10.1891/9780826190123.ap02>
- United Nations. (2022). *Doha amendment to the Kyoto Protocol CHANGE*.
- Vallero, D. (2014). Respiratory Effects of Air Pollutants. In *Fundamentals of Air Pollution* (pp. 247–256). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-401733-7.00009-8>
- World Health Organization. (2018). *Health, environment and climate change. Report by the Director-General (A71/10)*. www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/preventing-disease/en/
- World Health Organization. (2021). *WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Executive summary*.
- World Health Organization. (2023, March). *WHO Director-General's opening remarks at the media briefing – 17 March 2023*. <https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing--17-march-2023>
- Zhang, Y., Ding, A., Mao, H., Nie, W., Zhou, D., Liu, L., Huang, X., & Fu, C. (2016). Impact of synoptic weather patterns and inter-decadal climate variability on air quality in the North China Plain during 1980-2013. *Atmospheric Environment*, 124, 119–128. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.05.063>
- Ziółkowski, A., Fuć, P., Jagielski, A., & Bednarek, M. (2022). Analysis of Emissions and Fuel Consumption in Freight Transport. *Energies*, 15(13). <https://doi.org/10.3390/en15134706>
- Zysk, J., Olkuski, T., Kogut, K., Szurlej, A., & Surówka, M. (2019). Assessment of the impact of the implementation of air protection programs, anti-smog resolutions and the 'Clean Air' program on CO2 emission. *Polityka Energetyczna*, 22(2), 133–154. <https://doi.org/10.33223/epj/109817>

Comunicación alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

