

REVISTA

# CIENCIA Y UNIVERSIDAD

## REVISTA DE ECONOMÍA

Julio - Diciembre 2021 Num. 43



U N I V E R S I D A D   A U T Ó N O M A   D E   S I N A L O A

**FINANCIACIÓN: UN ANÁLISIS POR MEDIO DE LOS CRÉDITOS EDUCATIVOS EN MÉXICO PARA EL PERIODO 2000-2021.**

FAUSTINO VEGA MIRANDA.

**¿ES RELEVANTE LA ESTRUCTURA EMPRESARIAL PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE? EL CASO DE MEXICALI, BAJA CALIFORNIA.**

ANA ELENA ANDERE REYES, JESÚS ARMANDO RÍOS-FLORES.

**SEGREGACIÓN DE GÉNERO EN EL MERCADO LABORAL MEXICANO, 2005-2020.**

LORENA GUADALUPE CORRALES BORBOA, ARTURO RETAMOZA LÓPEZ.

**LA MIGRACIÓN INTERNA FORZADA EN LA ZONA SERRANA DE SINALOA, MÉXICO (2010-2018).**

OMAR LIZARRAGA, DAVID ARAMBURU LIZARRAGA.

**EVALUACIÓN DE PROGRAMA DE FOMENTO EMPRESARIAL EN MICROEMPRESAS BENEFICIARIAS MICHOACANAS**

SAÚL ALFONSO ESPARZA-RODRÍGUEZ, GABINO GARCÍA TAPIA, JAIME APOLINAR MARTÍNEZ-ARROYO, FERNANDO ÁVILA CARREÓN.

**COMPARACIÓN DEL ÍNDICE DE LA CALIDAD DEL AIRE: EL CASO DE MÉXICO, RUSIA, ESTADOS UNIDOS, UNIÓN EUROPEA Y CHINA.**

ABRIL YURIKO HERRERA RÍOS, ALEXANDER BAGIN.

ISSN 0185-6618

# COMPARACIÓN DEL ÍNDICE DE LA CALIDAD DEL AIRE: EL CASO DE MÉXICO, RUSIA, ESTADOS UNIDOS, UNIÓN EUROPEA Y CHINA

**ABRIL YURIKO HERRERA RÍOS**

Universidad Autónoma de Sinaloa:  
Correo electrónico: [yurikoherrera@uas.edu.mx](mailto:yurikoherrera@uas.edu.mx)

**ELSA CALDERÓN ALTAMIRANO**

Higher School of Economics:  
Correo electrónico: [abagin@hse.ru](mailto:abagin@hse.ru)

**Resumen:** La contaminación del aire es un problema cada vez más grave, que afecta a la salud pública y a la naturaleza, por esta razón es importante conocer los niveles de contaminación que son manejados en cada zona para poder controlar las emisiones contaminantes. Actualmente, en la mayoría de los países a nivel mundial, se asumen políticas para mejorar la calidad del aire, pero en varios países no han sido suficientes para lograr proporcionar a la población una calidad de aire adecuada. La información sobre el índice de calidad de aire a nivel mundial se concentra en la página del World Air Quality Project. En este estudio se utilizó un análisis comparativo de las emisiones de la Ciudad de Nueva York, Ciudad de México, Madrid, Moscú y Shanghai en agosto de 2022, encontrando que las tasas más altas de contaminación del aire de acuerdo con el índice AQI se ubican en Shanghai, a pesar de que sus políticas de mitigación son más estrictas.

**Palabras clave:** Calidad del aire, Contaminación, Política ambiental

**Abstract:** *Air pollution is an increasingly serious problem that affects public health and nature, for this reason it is important to know the levels of pollution that are managed in each area to control polluting emissions. Currently, in most countries worldwide, policies to improve air quality are assumed, but in several countries, they have not been sufficient to provide the population with adequate air quality. Information on the global air quality index can be found on the World Air Quality Index project website. This study used a comparative analysis of emissions from New York City, Mexico City, Madrid, Moscow, and Shanghai in August 2022, finding that the highest rates of air pollution according to the AQI are in Shanghai, despite its stricter mitigation policies.*

**Keywords:** *Air quality, Pollution, Environmental policy.*

## INTRODUCCIÓN

La calidad del medio ambiente tiene un impacto directo en nuestra calidad de vida, así como en la subsistencia de todos los seres vivos que dependen del aire como el principal factor para sobrevivir: en la mayoría de los casos, el cerebro humano sufriría un daño cerebral irreversible después de 3 minutos sin oxígeno y alrededor de 8 a 21 días sin agua y sin comida (Kottusch et al. 2009). Las ventajas de tener un ambiente limpio van desde una condición física óptima hasta una mejor salud mental. Una razón para hacer de la contaminación del aire un tema separado de investigación es aplicar un enfoque integrado que cubra toda la cadena de efectos sociales y económicos que conlleva el aire limpio.

Aunque el aire es una rica mezcla de gases y aerosoles que componen la atmósfera que rodea la Tierra, los principales gases que constituyen el aire incluyen al nitrógeno (78%) y al oxígeno (21%), que juntos constituyen más del 99% de la atmósfera inferior (EEA, 2013). El nitrógeno es inactivo y no afecta a la mayoría de los organismos vivos; sin embargo, todos los seres vivos necesitan oxígeno para sobrevivir. La calidad del aire puede verse afectada por causas naturales como: volcanes, incendios forestales, tormentas de polvo y niebla salina marina, pero principalmente por actividades humanas como: hogares, transportes, centrales eléctricas, industria, agricultura y tratamiento de residuos.

El aire ambiente se refiere al aire exterior, considerado uno de los elementos clave de los ecosistemas naturales, igualmente para la sobrevivencia de los humanos y todos los seres vivos. La composición de este tipo de aire puede variar de un lugar a otro dependiendo de las condiciones climáticas de una región, así como de un tipo y escala de actividades económicas, pero en general, los estándares de aire ambiente (concentración máxima permitida) deben ser aproximadamente los mismos en todas partes en relación con las características sanitarias y epidemiológicas básicas.

La contaminación del aire no es solo un problema al aire libre. El aire en espacios cerrados también puede estar comprometido por los mismos contaminantes emitidos en el interior, especialmente debido a la cocción, como en aquellos contaminantes que han penetrado en el exterior.

## EL IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN LA ACTUALIDAD.

La contaminación atmosférica es un grave problema que afecta tanto a la salud pública como a la naturaleza. Es una de las principales causas de muerte en el mundo, la cual daña significativamente la biodiversidad, generando alteraciones en el clima, afectando a la agricultura, a la industria alimentaria y causando daños indirectos al propagar la contaminación al agua y al suelo. Por lo cual es tratada como una tarea prioritaria por las Naciones Unidas (ONU), la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y muchas otras organizaciones internacionales. La OMS hizo un intento de medir las consecuencias negativas de la contaminación del aire para la salud humana; la tabla 1 presenta hechos y cifras.

Tabla 1: Hechos y cifras de la contaminación atmosférica.

Hechos		Figuras
Salud pública	Muertes prematuras en el mundo	8 millones de muertes en 2018 (atribuibles a la contaminación del aire ambiente)
	Bronquitis	En 2019 ocasionó 3,23 millones de defunciones.
	Asma	3,6 millones de niños de 5 a 19 años
	Días de trabajo perdidos	1 240 millones de días
	Costo anual	Hasta 18,9% del PIB en países como Serbia, 12,9% China y 1,7% EUA
Natural eza	Cambio en la masa glaciaria	889 milímetros menos por año del año 2000 al 2020
	Número de especies amenazadas	28% de las especies amenazadas o en peligro de extinción son asociadas al cambio climático

Fuente: Elaboración propia con datos de Vohra et al (2021), WHO (2022), Worldbank (2021), Lindsey (2020).

Los impactos nocivos de la contaminación del aire en la salud pública y la naturaleza también causan altos costos económicos. Enfermedades derivadas de la contaminación ambiental como: asma, enfermedades cardiovasculares y cáncer de pulmón a mediano/largo plazo requiere gastos extras en tratamiento hospitalario, mientras que en

---

<sup>1</sup>Una investigación de Harvard y otras universidades encontró que más de 8 millones de personas murieron en 2018 a causa de la contaminación por combustibles fósiles, aproximadamente 1 de cada 5 muertes en todo el mundo (Vohra et al 2021).

los sectores de la economía el costo de las jornadas laborales perdidas podría medirse por pérdidas en el nivel de producción y reducción de la productividad laboral. En realidad, en 2015, la OCDE estimó los costos de atención médica de la contaminación del aire exterior en USD 21 mil millones, aunque en el informe "Las consecuencias económicas de la contaminación del aire exterior" los expertos de la OCDE dividieron la cifra en costos de mercado y no de mercado, estimando que los impactos totales en el mercado suman USD 330 mil millones en 2015; y los impactos no relacionados con el mercado (como las muertes prematuras, los costos del dolor y el sufrimiento por enfermedad) suman USD 3440 mil millones (OCDE, 2016). Pero estas estimaciones pueden variar debido a que se concentran en la mortalidad, la morbilidad y la agricultura, excluyendo otros impactos en la salud y las pérdidas en la biodiversidad, mismas que también tienen implicaciones económicas tanto para el gobierno como para las empresas.

En el caso de los Estados Unidos, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, mejor conocida como EPA (por sus siglas en inglés), evaluó en 2011 los beneficios y costos de las regulaciones establecidas por la Ley de Aire Limpio de 1990, analizando las perspectivas en comparación con lo que se cree que ocurrió en caso de no aplicación de estas regulaciones. Encontraron que implementan las enmiendas de la Ley de Aire Limpio de 1990 que no sean: reducciones de emisiones, mejoras en la calidad del aire, mejoras en la salud y mejoras en la visibilidad; también en miles de millones de dólares existen beneficios netos positivos en comparación con los costos de implementación del programa. Mientras que se espera que el costo asociado con la implementación de la Ley de Aire Limpio en los Estados Unidos oscile un valor anual de USD 65 mil millones para 2020, el valor económico de estas mejoras se proyecta en casi USD 2 billones para el mismo año (EPA, 2011).

Además, la contaminación del aire se relaciona con el cambio climático, porque algunos contaminantes del aire, tales como: partículas, ozono, óxido nitroso y metano, también se convierten en impulsores a corto plazo del calentamiento global. Viceversa, estudios recientes muestran que las condiciones climáticas cambiantes también influyen en las concentraciones de contaminación del aire, por lo que existe una relación mutua: el cambio climático perturba la calidad del aire y viceversa (SOER, 2015). Las características suplementarias (hasta cierto punto) de los procesos de contaminación y cambio climático abogan

por un enfoque común (o integrado) en el monitoreo y la notificación de contaminantes y emisiones de GEI. Por ejemplo, el gobierno federal de los Estados Unidos ha estado atendiendo legalmente la contaminación del aire mediante la Ley de Aire Limpio y la regulación de las emisiones de gases de efecto invernadero consideradas desde 1990 (EPW, 2004); también la Comisión Europea en 2010 escribió un informe que considera la combinación de políticas sobre la contaminación del aire y el cambio climático, ya que proporciona mayores beneficios a los esfuerzos a mediano plazo implementados para regular la contaminación del aire, lo que ayudaría a las estrategias a largo plazo sobre el cambio climático (Ley, 2010).

La contaminación del aire comprende consecuencias locales y regionales, debido a las concentraciones de contaminantes resultantes que varían en el espacio, también porque la fracción de energía solar redirigida desde la Tierra hacia el espacio (efecto albedo) produce que la tierra se caliente cuando las superficies son oscuras en lugar de claras, esto provoca que la radiación absorbida sea mayor (Yamamoto y Tanaka, 1972). Pero también es un problema mundial porque la contaminación atmosférica no respeta las fronteras, razón suficiente para considerar soluciones globales, en las cuales los países deben trabajar en conjunto para crear políticas eficaces con el objetivo de reducir los niveles de contaminación, y cambiar servicios energéticos fiables, sostenibles y modernos. Al mismo tiempo que los países desarrollados realizan un esfuerzo para consolidar tecnologías contra los contaminantes.

Dentro de los problemas ambientales en los que los países necesitan trabajar juntos podemos encontrar: la destrucción de la capa de ozono, las grandes cantidades de partículas en el ambiente y el cambio climático. Dado que es un problema global, diferentes organizaciones internacionales y nacionales han abordado la contaminación ambiental como un área prioritaria, con numerosos intentos de valorar la contaminación del aire mediante el análisis de costo-beneficio para sus gobiernos, así como el costo de reducción de la contaminación para la industria. Uno de los mayores esfuerzos que se ha realizado es "La agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible" de las Naciones Unidas que incluye 17 objetivos y 169 metas, de los cuales, 4 objetivos fueron incluidos para mejorar la calidad del aire (ONU, 2015):

Figura 1. Objetivos de la agenda 2030 para el desarrollo sostenible relacionados con la contaminación atmosférica.



Fuente: Elaboración propia con datos de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (ONU, 2015).

Los tres primeros objetivos anteriores están relacionados con todo tipo de contaminación y desarrollo urbano, pues esta agenda estipula un enfoque integrado para mejorar la calidad del medio ambiente, por lo que contempla la contaminación del aire, el agua y el suelo, que se ha generado debido a la actividad humana que introdujo contaminantes peligrosos para la seguridad y la salud de los seres humanos y el medio ambiente. Porque, aunque el mundo ha estado experimentando mejoras en la esperanza de vida y en la salud, estos avances desaparecen por una amplia variedad de peligros ambientales. El crecimiento de la población y en consecuencia de la actividad económica aumenta de manera dramática dando más presión sobre los recursos y sistemas naturales, causando una alta degradación.

Igualmente, el cambio climático también ha sido causado por actividades humanas que resultan de la emisión de gases de efecto invernadero, especialmente por la producción de energía sobre la base de combustibles fósiles, lo que también conlleva la aparición de enfermedades infecciosas y epidémicas, debido a las precipitaciones monzónicas excesivas y la alta humedad identificada como una influencia importante. Al respecto, los agentes infecciosos potenciadores varían mucho en tamaño, tipo y modo de transmisión. Un ejemplo es la malaria que ha mostrado incrementos de alrededor de cinco veces en el año posterior a un evento de El Niño, pues ahora el mosquito se está reproduciendo y sobrevive. El mismo caso ocurre con el dengue, chikungunya y zika. Otros ejemplos de enfermedades son: esquistosomiasis, helmintiasis, cólera de río, cólera, leishmaniasis cutánea, entre otras

(OMS, 2003). De hecho, en el informe realizado por la OMS en 2003 sobre el cambio climático y las enfermedades infecciosas, se muestra un modelo de malaria que demuestra cómo los pequeños aumentos de temperatura pueden afectar en gran medida el potencial de transmisión; un aumento de la temperatura de 2 ° C o 3 ° C a nivel mundial, aumentaría el número de personas que están en riesgo de malaria en alrededor del 3 al 5 por ciento y también, la duración estacional del paludismo aumentaría en muchas zonas endémicas. El cambio climático también afecta a la agricultura, porque es altamente dependiente del clima, las temperaturas y precipitaciones más extremas pueden inhibir el crecimiento de los cultivos y, como se ha visto en los últimos años, los eventos extremos como inundaciones y sequías dañan los cultivos y reducen los rendimientos según el IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). En suma, estos objetivos se han atendido de manera integrada y se esperaría obtener mejores resultados que conduzcan al desarrollo sostenible.

En cumplimiento de estos objetivos se han establecido una serie de metas para ser monitoreadas. Los que están más directamente relacionados con la contaminación del aire se enumeran a continuación (ONU, 2015):

3.9: Para 2030, reducir sustancialmente el número de muertes y enfermedades causadas por productos químicos peligrosos y la contaminación del aire, el agua y el suelo.

11.6: Para 2030, reducir el impacto ambiental adverso per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y los desechos municipales y de otro tipo.

12.4: Para 2020, lograr la gestión ambientalmente racional de los productos químicos y todos los desechos a lo largo de su ciclo de vida, y reducir significativamente su liberación al aire, el agua y el suelo.

12.c: Racionalizar los subsidios ineficientes a los combustibles fósiles, incluso mediante la reestructuración de los impuestos y la eliminación gradual de esos subsidios perjudiciales, cuando existan, para reflejar sus impactos ambientales.

13.b: Promover mecanismos para aumentar la capacidad de planificación y gestión eficaces relacionadas con el cambio climático en los países menos adelantados y los pequeños Estados insulares en desarrollo.

Existen otros objetivos que también inciden en la calidad del aire, como los relacionados con la mejora de la eficiencia energética, el cambio climático, el desarrollo urbano (ciudades sostenibles) y los sistemas de transporte, debido a su íntima relación con la contaminación del aire, su acuerdo contribuye a mejorar los índices de calidad del aire.

Aunque los objetivos de desarrollo sostenible no son jurídicamente vinculantes, los países deben tomar posesión y establecer un marco nacional para alcanzar los objetivos que se revisará utilizando un conjunto de indicadores globales, tales como: los países deben implementar e informar sobre las cuentas de los Sistemas de Contabilidad Económica Ambiental (SEEA), informar la contaminación media del aire urbano de las partículas, proporcionar un aspecto transparente y detallado, estrategia de descarbonización profunda, fiable con el presupuesto global de carbono de 2°C, y con objetivos de emisiones de GEI para 2020, 2030 y 2050, entre otros (ONU, 2015).

Sin embargo, para lograr los objetivos de mejora sobre la contaminación del aire, los países tienen diferentes herramientas. Las regulaciones son uno de los utensilios más importantes, ya que pueden aplicarse a individuos, empresas, gobierno, instituciones sin fines de lucro u otros. Algunas regulaciones básicas que se han introducido para reducir la contaminación del aire por transporte son: eliminar el ralentí de larga duración; la inspección y el mantenimiento continuos en vehículos en carretera; el cambio de transporte de mercancías del transporte de camiones al transporte ferroviario; el reemplazo de camiones, el cambio de combustible, y para las plantas industriales, una de las principales tareas es proporcionar una reducción de las emisiones de los principales contaminantes como el CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> y PM.

Para garantizar que se cumplen los requisitos medioambientales, en algunos lugares, como la Unión Europea, se han establecido sanciones, como la multa coercitiva por exceso de emisiones que establece que el fabricante tiene que pagar una prima por exceso de emisiones por cada coche matriculado; 5 € por el primer g/km de superación, pero 95 € por el cuarto g/km y posteriores (EEA, 2015). En México el

transporte urbano que no se corresponda con la verificación vehicular, tiene que pagar alrededor de USD 70 (SEDEMA, 2016). En China las sanciones oscilan entre €1,500 y €7,000 por infracción, y existe una tasa de cumplimiento superior al 99 por ciento en todo el esquema de comercio de emisiones (Swartz, 2016). Por otro lado, en los Estados Unidos, Detroit Diesel por violaciones de la Ley de Aire Limpio tuvo que pagar una multa civil de USD 14 millones por vender motores Diesel de servicio pesado que no estaban certificados por la EPA y no cumplían con los estándares de emisión aplicables (EPA, 2016). En cambio, en Rusia, las tasas de contaminación están sujetas a permisos ambientales; se imponen para 214 contaminantes atmosféricos, entre fuentes móviles, pero los automóviles privados, los mayores contribuyentes a la contaminación del aire en las zonas urbanas, fueron excluidos del sistema (OCDE, 2006).

Lo importante de esta agenda es que los objetivos sean universales y se apliquen a todos los países, además los objetivos abarcan las tres dimensiones del desarrollo sostenible: crecimiento económico, inclusión social y protección del medio ambiente, proporcionando políticas y acciones concretas para apoyar su implementación. Esta agenda resuelve que entre 2016 y 2030 se debe de asegurar la protección permanente del planeta y sus recursos naturales, considerando las diferentes realidades, capacidades y niveles de desarrollo nacionales, asimismo respetando las políticas y prioridades nacionales que involucran a los países desarrollados y en desarrollo (ONU, 2015).

### **POLÍTICAS Y PROGRAMAS PARA LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN LOS ESTADOS UNIDOS, LA UNION EUROPEA, MÉXICO, CHINA Y RUSIA.**

No existe un procedimiento único para reducir los impactos de la contaminación del aire, ya que existen grandes diferencias entre los países en términos de contaminantes y fuentes predominantes. Visto que si bien se aplica el compromiso con "La Agenda de Desarrollo Sostenible" y los Acuerdos Ambientales Multilaterales (AMUMA) consideran diferentes políticas para la calidad del aire en cada país o región, en cada caso hay diferentes: estándares de calidad del aire, estándares de emisiones de automóviles, estándares de calidad de combustibles, e impuestos a las emisiones, y diferentes regulaciones para controlarlos. Por ello, con el fin de contrastar las políticas que se están implemen-

tando para reducir la contaminación ambiental en diferentes partes del mundo, este estudio analizará el paquete de políticas implementadas, así como los avances obtenidos de su implementación en 5 regiones: Estados Unidos de América (EUA), México (MX), Unión Europea (UE), China (CHN) y Rusia (RUS).

En la siguiente tabla, puede verse cómo estas 5 regiones implementaron programas ambientales. Estados Unidos fue uno de los pioneros con la ejecución de la Ley de Aire Limpio en 1970. En comparación con Estados Unidos, la Unión Europea, México, China y Rusia llegaron tarde a la regulación de los contaminantes atmosféricos; en la Unión Europea los Valores Límite de Calidad del Aire (AQLV) comenzaron una década después, y 8 años después, en México, mientras que en China la preocupación por la contaminación del aire es un tema más reciente, pero con políticas más estrictas. Sin embargo, los Estados Unidos habían actuado anteriormente como el principal impulsor de la adopción de políticas ambientales y la mayoría de los acuerdos ambientales multilaterales desde la década de 1970. Con la Unión Europea siguiendo en gran medida el liderazgo de los Estados Unidos, en los últimos años, los Estados Unidos se han quedado atrás de en su ratificación e implementación de los AMUMA. Para una mejor comprensión de los desafíos, políticas y programas implementados en cada región, se muestra un resumen en la Tabla 2. Es importante considerar que para la implementación de programas ambientales Estados Unidos, México y la Unión Europea combinaron salud pública y naturaleza a diferencia de Rusia donde es una tarea aparte.

Tabla 2. Programas y desafíos en emisiones en Estados Unidos, Unión Europea, México, China y Rusia.

Rubrica	Estados Unidos	Unión Europea	México	Rusia	China
Legislación medioambiental	1969 <sup>a</sup>  Ley Nacional de Protección Ambiental (NEPA)  Ley de Aire Limpio de 1970	1980 <sup>b</sup>  Directiva sobre la calidad del aire (Directiva 2008/50/CE)  1996  Directiva marco sobre la calidad del aire	1988 <sup>c</sup>  Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA)	2002 <sup>d</sup>  Sobre la protección del medio ambiente	1979 <sup>e</sup>  Ley de Protección Ambiental  Plan de Protección Ambiental en Cinco Años desde 2001
Autoridad	Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA)	Autoridades nacionales	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)	Ministerio de Recursos Naturales y Medio Ambiente de la Federación de Rusia-Servicio Federal de Supervisión del Uso de los Recursos Naturales (Rosprodnadzor)	Ministerio de Protección Ambiental (MEP) y la Administración Estatal de Protección Ambiental (SEPA)
Normas actuales	Normas Nacionales de Calidad del Aire Ambiente (NAAQS) <sup>f</sup>	Valores límite de calidad del aire (AQLV)	Normas Ambientales Oficiales Mexicanas (NOM)	Concentraciones máximas permitidas (PDK)	Estandar de calidad del aire ambiente

Techos de emisión	<b>Co</b> <b>NO<sub>2</sub></b> <b>SO<sub>2</sub></b> <b>Los<sub>s</sub></b> <b>PM<sub>2.5</sub></b> <b>PM<sub>10</sub></b> <b>Pb</b>	<b>PM<sub>2.5</sub></b> <b>PM<sub>10</sub></b> <b>SO<sub>2</sub></b> <b>NO<sub>2</sub></b> <b>Pb</b> <b>Co</b> <b>Como</b> <b>CD</b> <b>Ni</b> <b>Los<sub>s</sub></b> <b>C<sub>60-98</sub> a.m.</b> <b>HAP</b>	<b>SO<sub>2</sub></b> <b>Co</b> <b>NO<sub>2</sub></b> <b>Los<sub>s</sub></b> <b>PM<sub>2.5</sub></b> <b>PM<sub>10</sub></b> <b>Pb</b> <b>Cucharadita</b>	<b>PM<sub>2.5</sub></b> <b>PM<sub>10</sub></b> <b>SO<sub>2</sub></b> <b>NO<sub>2</sub></b> <b>Pb</b> <b>Co</b> <b>Como</b> <b>CD</b> <b>Ni</b> <b>Los<sub>s</sub></b> <b>C<sub>60-98</sub> a.m.</b> <b>HAP</b>	<b>PM<sub>2.5</sub></b> <b>Los<sub>s</sub></b> <b>Co</b> <b>SO<sub>2</sub></b> <b>NO<sub>2</sub></b> <b>PM<sub>10</sub></b>
Objetivos	Reducir el transporte interestatal de partículas finas y la contaminación por ozono para ayudar a los estados a cumplir con el nuevo NAAQS de ozono y partículas finas de 8 horas.	Por lo tanto, parte del desafío para la UE ha sido armonizar no solo las normas AQ, sino también los sistemas nacionales establecidos para evaluar y monitorear AQ.	El 25% reduce sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y contaminantes climáticos de vida corta (bajo BAU) 2030. Este compromiso supone una reducción del 22% de los	Reducir el 15 por ciento del territorio del país sufre de exposición a altos niveles de contaminación ambiental. En muchos centros industriales las	Reducir las concentraciones medias anuales de PM <sub>10</sub> , SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , PM <sub>2.5</sub> en el aire en un 10%, 10%, 7% y 5% respectivamente, en
Tipos de acciones de ejecución	<b>Acciones Administrativas Civiles</b> <b>Acciones Judiciales Civiles</b> <b>Acciones penales</b>	<b>Acciones civiles</b> <b>Sanciones penales</b> <b>(Las directivas generalmente dejan la forma de sanción a la discreción de los Estados miembros) <sup>h</sup></b>	<b>Acciones civiles</b> <b>Acciones penales</b> <b>Acciones administrativas</b>	<b>Responsabilidad civil</b> <b>Responsabilidad disciplinaria</b> <b>Responsabilidad penal</b>	<b>Sanción más estricta<sup>1</sup></b> <b>Acciones civiles</b> <b>Sanciones penales</b>
ECOinnovation	El competitivo Programa Estatal de Subvenciones para la Innovación proporciona fondos para ayudar a los Estados a explorar enfoques innovadores en tres áreas de interés mutuo, a saber, permisos ambientales, sistemas de gestión ambiental y programas de liderazgo basados en el desempeño.  La Ley de Política Energética autorizó \$ 5 mil millones durante cinco años en incentivos fiscales	Un Fondo Fiduciario Europeo para el Emprendimiento Ecológico  Una plataforma tecnológica para la industria de recursos ligeros  Un programa de renovación profunda para edificios existentes en Europa <sup>k</sup>	El gobierno mexicano ha estado ofreciendo a las empresas créditos fiscales para I + D desde 1998. Las empresas ahora obtienen un crédito fiscal equivalente al 30 por ciento de su gasto anual de IDT, independientemente del tamaño o el sector industrial <sup>l</sup>		El Grupo Directivo del Consejo de Estado para la Ciencia, la Tecnología y la Educación es un mecanismo de coordinación de alto nivel, que se reúne de dos a cuatro veces al año para tratar cuestiones estratégicas. <sup>1</sup>

Fuente: AEPW (2004), <sup>B</sup> EEA (2016), <sup>C</sup> Ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente de México (2016), <sup>D</sup> OECD (2016), <sup>E</sup> Horiba (2013), <sup>F</sup> EPA (2016), <sup>G</sup> INECC (2016), <sup>H</sup> European Commission (2015), <sup>I</sup> Goldman Sachs Global Investment Research (2015), <sup>J</sup> OECD (2008), <sup>K</sup> European Parliament (2009).

Existen controles generales de contaminación para mantener un estándar de pureza del aire, como la implementación de programas de control de contaminantes, por ejemplo, políticas de Comando y Control (CAC) que se basan en regulaciones como el permiso, la aplicación y la prohibición y se toman para el control de la contaminación del aire en la mayoría de los países. En el caso de los Estados Unidos, cada

estado está obligado a desarrollar un plan sobre cómo controlarán la contaminación del aire dentro de su jurisdicción. En este caso, un método comúnmente utilizado para el cumplimiento de las regulaciones ambientales y NAAQS, comienza con el establecimiento, revisión y revisión de los estándares, continúa determinando si las áreas cumplen con los estándares y termina cuando se alcanza y mantienen los estándares, pero hay otros enfoques como: incentivos basados en el mercado, iniciativas voluntarias y enfoques híbridos. En la Unión Europea y México existe un marco integrado para estas intervenciones políticas que combina medidas de mando y control, instrumentos basados en el mercado y sensibilización. Pero en los últimos 20 años, especialmente en la última década, Estados Unidos y el resto de los países con legislación ambiental comenzaron a utilizar una gama mucho más amplia de herramientas para gestionar la calidad ambiental, como los incentivos económicos basados en el mercado debido a las ventajas percibidas y la efectividad. Estos incentivos pueden ser cargos por contaminación, tarifas, impuestos, sistemas de depósito-reembolso, programas comerciales, subsidios para el control de la contaminación, enfoques de responsabilidad, divulgación de información y programas voluntarios. Este enfoque brinda la oportunidad de abordar las fuentes de contaminación que no se controlan fácilmente con las formas tradicionales de regulación, además de proporcionar una razón para que los contaminadores mejoren los requisitos reglamentarios existentes (EPA, 2001).

Pero dado que la contaminación del aire no es la misma en todas partes, diseñar e implementar políticas para abordar esta complejidad no son tareas fáciles, de manera que existen diferentes legislaciones dentro de las regiones mencionadas. En el caso de la Unión Europea, los países están obligados a desarrollar planes locales o regionales compatibles con la legislación europea vigente de calidad del aire. En los Estados Unidos, cada Estado debe desarrollar un plan sobre cómo controlarán la contaminación del aire, estos planes se denominan Plan Estatal de Implementación (SIP) y son armoniosos con su jurisdicción. En el caso de México la normativa es nacional, pero los Estados tienen la facultad de formular y dirigir programas regionales ecológicos. En China, con el fin de prevenir la contaminación del aire, el Ministerio de Protección Ambiental está a cargo, a diferencia de la contaminación del agua y la desintoxicación de la basura, que es el consejo de Estado responsable.

Para ello se ha designado en cada región una autoridad con el fin de encargarse de la ejecución de estos programas ambientales, como la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) en Estados Unidos, la Agencia Europea del Medio Ambiente (EEA) en la Unión Europea (aunque cada país tiene su propia autoridad nacional), la Administración Estatal de Protección Ambiental (SEPA) en China y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en México. Si bien las políticas ambientales generalmente se establecen a nivel nacional, la ejecución y aplicación de las políticas se suelen delegar a nivel estatal en países federales como Estados Unidos y México. En el caso de la Unión Europea, aparte de la legislación ambiental europea, para lograr esto, la AEMA trabaja en estrecha colaboración con los Puntos Focales Nacionales (PFN), generalmente agencias nacionales de medio ambiente o ministerios de medio ambiente en los países miembros.

De conformidad con los programas de control de contaminantes en cada región existen Estándares de Calidad del Aire (AQS) que tienen que ser complementados a nivel federal para no afectar el medio ambiente de una región, y el aire siga siendo bueno para la salud pública, para la protección de plantas y animales y para la visibilidad, por lo que están diseñados específicamente para cada región. Sin embargo, para lograr estos objetivos se sustentan en metas concretas a nivel estatal en México y Estados Unidos y a nivel de país dentro de la Unión Europea. Los AQS son similares en las regiones observadas, y en todos los casos existen techos de emisión para los criterios de contaminantes atmosféricos reconocidos por la EPA, en México además se monitorean las Partículas Totales En Suspensión (TSP) y en la Unión Europea también se observan los niveles de: Arsénico, Cadmio, Níquel, Benceno e Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos.

### **INFORMES DE CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR ESTACIONES DE MONITOREO EN ESTADOS UNIDOS, UNIÓN EUROPEA, MÉXICO, CHINA Y RUSIA**

Como una de las medidas para reducir la contaminación atmosférica, es importante conocer los niveles de contaminación que se manejan en cada zona, para cuantificar y poder controlar las emisiones de contaminantes. Debido al gran interés en estas regiones, así como en muchos otros países del mundo, existen estaciones de monitoreo del aire en 3000 ciudades y pueblos, siendo el proyecto Índice Mundial

de Calidad del Aire (WAQI) el sitio que concentra esta información, la cual es proporcionada por la Agencia de Protección Ambiental respectiva de cada país (pero no publican datos de calidad del aire basados en sensores de bajo costo de aficionados, excepto con fines de investigación, pero, incluso, no se mezcla con el conjunto de datos oficial). Esos datos oficiales se monitorean utilizando estaciones profesionales de monitoreo de calidad del aire bam y TEOM.

La figura 2 muestra los resultados de cada estación de monitoreo que informa al WAQI en los Estados Unidos, México, la Unión Europea, Rusia y China. El Índice de Calidad del Aire (AQI) comienza con un buen nivel que es verde y termina con un nivel peligroso con granate, teniendo que verde y amarillo se consideran aceptables para la población, naranja y rojo ya representan peligro para un nivel de la población, considerados grupos sensibles, y el violeta y granate ya representa un riesgo para toda la población, como se aprecia en la figura 3.

Figura 2. AQI: Estados Unidos, México, Unión Europea, Rusia y China.



Fuente: The World Air Quality Project: Mapa de la calidad del aire.

FIGURA 3. Significado colores índice AQI para la contaminación por ozono y partículas.

Color diario AQI	Niveles de preocupación	Valores de índice	Descripción de la calidad del aire
Verde	Bueno	0 a 50	La calidad del aire es satisfactoria y la contaminación del aire presenta poco o ningún riesgo.
Amarillo	Moderado	51 a 100	La calidad del aire es aceptable. Sin embargo, puede haber un riesgo para algunas personas, particularmente aquellas que son inusualmente sensibles a la contaminación del aire.
Naranja	Insalubre para grupos sensibles	101 a 150	Los miembros de grupos sensibles pueden experimentar efectos en la salud. El público en general es menos probable que se vea afectado.
Rojo	Insalubre	151 a 200	Algunos miembros del público en general pueden experimentar efectos en la salud; los miembros de grupos sensibles pueden experimentar efectos de salud más graves.
Violeta	muy poco saludable	201 a 300	Alerta de salud: El riesgo de efectos en la salud aumenta para todos.
Granate	Peligroso	301 y superior	Advertencia sanitaria de condiciones de emergencia; todos tienen más probabilidades de verse afectados.

<sup>2</sup>El NAAQS es un término acuñado por la EPA, para los 6 contaminantes atmosféricos "criterios": ozono a nivel del suelo (O<sub>3</sub>), material particulado (PM<sub>10, 2.5</sub>), monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>).

Teniendo en cuenta estas consideraciones y debido a la diversidad de los datos, se decidió hacer un estudio simultáneo de la contaminación del aire en una ciudad representativa de cada región. Se llevó a cabo para los 6 contaminantes considerados en los NAAQS (Estándares Nacionales de Calidad del Aire <sup>2</sup>Ambiente).

Para el análisis se utilizó una de las ciudades que fuera de las principales metrópolis de los países seleccionados. En el caso de Estados Unidos, se consideró a Nueva York; para México, Ciudad de México; en la Unión Europea, Madrid; en Rusia, Moscú y en China, Shanghái. Observando que las tasas más altas de contaminación se encuentran en Shanghái, según el AQI Promedio, seguido de Moscú que ya tiene una calidad del aire insalubre para grupos sensibles y esto se debe principalmente por su PM<sub>2.5</sub>. El resto de las ciudades se encuentra en un nivel moderado, por lo cual es necesario prender la alerta antes de que su situación se complique. Para el caso de Ciudad de México, el nivel de O<sub>3</sub> puede convertirse en un problema grave en el corto plazo, como se puede ver en la Tabla 3. A pesar de que Madrid y la Ciudad de México se encuentran en la clasificación moderada del índice de calidad del aire, esto implica que solo hay impactos en la salud de las personas que son extraordinariamente sensibles, pero Shanghái logra un AQI poco saludable lo que ya implica que todos pueden comenzar a experimentar efectos en la salud.

Tabla 3. Contaminación del aire: índice de calidad del aire en tiempo real (AQI) al 22 de agosto de 2022.

Contaminantes atmosféricos	Rusia (Moscú-15:00)		España (Madrid-14:00)		México (Ciudad de México-12:00)		Estados Unidos (Nueva York-7:00)		China (Shanghái-21:00)	
	Min	Máximo	Min	Máximo	Min	Máximo	Min	Máximo	Min	Máximo
PM <sub>2.5</sub>	52	163	55	112	34	119	28	76	91	212
PM <sub>10</sub>	13	65	20	65					49	136
O <sub>3</sub>	0	7	1	30	2	82	1	22	5	85
SO <sub>2</sub>	2	2	1	1	2	16			8	57
NO <sub>2</sub>	2	15	15	41	4	39	3	24	31	102
CO	1	20	0	0	5	16	2	9	8	19
AQI promedio	144		65		74		67		198	

Fuente: Elaboración propia con datos The World Air Quality Project.

Las partículas son uno de los principales contaminantes que se controlan debido al gran daño que genera a la salud pública. Se cataloga según su tamaño y las dos medidas que se utilizan son: PM<sub>10</sub>, para referirse a las partículas de mayor volumen que son las que se retienen en las vías respiratorias y afectan al sistema respiratorio, y PM<sub>2.5</sub> son las partículas finas que tienen la capacidad de pasar al torrente sanguíneo por lo que pueden dañar la mayoría de nuestros órganos. Los límites que se han establecido para este contaminante pretenden ser estrictos, en el caso de Estados Unidos y México los límites para PM<sub>2.5</sub> se han fijado en 12.0 µg/m<sup>3</sup>, mientras que en la Unión Europea tiene 20 µg/m<sup>3</sup>. Para el día analizado es el contaminante que presenta un mayor riesgo para la salud, teniendo que para Shanghái todo el tiempo se ubica dentro de un nivel insalubre o muy insalubre para el Índice de Peligrosidad para el Índice de Calidad del Aire para PM<sub>2.5</sub>, Madrid tiene niveles máximos de PM<sub>2.5</sub> pero generalmente tiene efectos moderados sobre la salud. Nueva York alcanza niveles poco saludables para los grupos sensibles, pero la mayoría de las veces tiene efectos moderados. La Ciudad de México para PM<sub>2.5</sub> maneja un AQI entre bueno y moderado y en Moscú no hay riesgos potenciales para la salud de este contaminante. En el caso de PM<sub>10</sub> en los EUA se utiliza el límite de 150 µg/m<sup>3</sup> por día y la UE ha establecido el estándar de calidad del aire en 50 µg/m<sup>3</sup> por día y en 40 µg/m<sup>3</sup> por año. El límite para el PM<sub>10</sub> anual es el mismo, y por día es de 75 µg/m<sup>3</sup>, en los datos analizados no hay información para Nueva York para este contaminante, pero en el caso del PM<sub>10</sub> de Moscú los resultados muestran que este contaminante no genera impactos en la salud para el período estudiado. En la Ciudad de México y Madrid hay un nivel moderado de problemas de salud debido a este contaminante, y en Shanghái se alcanza un AQI insalubre para los grupos sensibles.

El ozono, también conocido como ozono troposférico, se produce como una reacción entre los óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles que afecta principalmente a las vías respiratorias, aunque anteriormente era un problema grave para la salud mundial (OMS, 2003). El 8 de diciembre de 2016 Nueva York, Madrid, Ciudad de México y Moscú presentaban en general un buen índice de calidad del aire para este criterio contaminante, solo para Shanghái se observa que el ozono va de bueno a moderado, donde solo se vieron afectadas personas extremadamente sensibles. El límite para este contaminante en Estados Unidos y México es de 0.070 ppm para un máximo anual de

la media móvil de 8 horas, en la Unión Europea el límite es de 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para un máximo de 8 horas.

El dióxido de azufre se distingue principalmente como un componente de la lluvia ácida cuando reacciona con la humedad, pero también tiene graves efectos en la salud, como enfermedades respiratorias y oculares; el dióxido de azufre en grandes cantidades puede incluso causar un paro cardíaco. A la fecha observada, no hay información para Nueva York, pero en Madrid, Moscú y Ciudad de México se encuentran en una pequeña proporción en la atmósfera. Solo en Shanghái alcanzó el nivel moderado de contaminación del aire. Los límites establecidos por Estados Unidos son 75 ppb por hora y 0.5 ppm por 3 horas, en México los límites son de 0.200 ppm por 8 horas y 0.110 ppm por día y en la Unión Europea es de 350  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  por hora y 125  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  por día.

El dióxido de nitrógeno es causado esencialmente por los automóviles y afecta principalmente al sistema respiratorio, pero también puede causar quemaduras en la piel y los ojos (OMS, 2003). En Moscú y Nueva York, para el período analizado, se observó un nivel adecuado de  $\text{NO}_2$  en el aire, pero en Madrid y en la Ciudad de México los niveles variaron entre buenos y moderados, y en Shanghái se extendieron a insalubres para grupos sensibles. Dado que el techo de emisiones de este contaminante en Estados Unidos es de 100ppb por hora, 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en la Unión Europea y 0.210ppm en la Ciudad de México.

El óxido de carbono también es causado principalmente por vehículos con motores de gasolina y es peligroso ya que se combina rápidamente con la hemoglobina, lo que puede provocar la anemia y la falta de oxígeno en los tejidos. Pero debido a la mortalidad generada por este contaminante, se ha controlado en las 4 ciudades monitoreadas. Con los datos disponibles reportados, se observa un buen AQI, por lo que no representa un peligro para la salud en estas áreas (para Moscú no hay datos disponibles). Los techos de emisión para este contaminante, como promedio móvil de 8 horas, son de 9ppm en los Estados Unidos, 10 $\text{mg}/\text{m}^3$  para la Unión Europea y 11.0ppm para la Ciudad de México.

Debido a la falta de algunos datos no se puede llegar a un resultado concluyente, pero de acuerdo con las estaciones de monitoreo observadas y la fecha estudiada, en mayor medida existe un Índice de Calidad del Aire que representa un peligro moderado para la salud, especialmente en relación con las partículas, por lo que debe haber más medidas de control para garantizar que estos contaminantes no conti-

núen superando los techos de emisión establecidos para cada región. Shanghái es la ciudad que tiene mayores problemas, porque expone más a su población a riesgos para la salud.

También vale la pena mencionar que este estudio solo se realizó durante un tiempo específico para una sola ciudad por región, por lo que se desconoce si este es el comportamiento general de estas zonas, ya que, en contraste con la información disponible sobre las partículas de los países miembros de la OCDE, los registros muestran que los niveles de PM<sub>2.5</sub> en Rusia están por encima del promedio de estos países, incluyendo: México, España y Estados Unidos. En promedio, las concentraciones de PM<sub>2.5</sub> son de 14.05 microgramos por metro cúbico en los países de la OCDE. En el caso de Shanghái, no hay información para comparar porque no reporta datos a la OCDE (OCDE, 2015).

Según la información disponible en la OCDE, los niveles promedio anuales de PM<sub>2.5</sub> son menores en Estados Unidos con 10.7 microgramos por metro cúbico, seguido de España con 11.6 microgramos por metro cúbico, México con 11.9 microgramos por metro cúbico y Rusia con 14.2 microgramos por metro cúbico. En contraste en la muestra tomada, se encuentran niveles más altos de PM<sub>2.5</sub> en Madrid, seguidos de Shanghái, Nueva York, Ciudad de México y Moscú. Por lo tanto, para obtener resultados concluyentes con respecto a un área, se sugiere monitorear durante diferentes períodos. En este sentido, una de las recomendaciones para lograr y mantener niveles adecuados de calidad del aire para la salud humana es mejorar los mecanismos de rendición de cuentas y mejorar el proceso de establecimiento de prioridades.

## CONCLUSIONES

Una combinación óptima de enfoques específicos y un enfoque integrado en la regulación y el control es necesario para alcanzar niveles óptimos de calidad del aire, ya que aunque algunas emisiones han podido presentar los techos de emisión por no afectar al medio ambiente, en relación con las partículas y el dióxido de carbono, todavía queda un largo camino por recorrer teniendo en cuenta que una de las principales causas de los problemas de salud pública son las partículas y el carbono. El dióxido de carbono es el principal agente del calentamiento global por lo que sigue siendo importante establecer regulaciones y políticas para combatir la contaminación ambiental, con el propósito de proteger la salud y el medio ambiente, pues la contaminación del

aire compromete la salud general de las generaciones presentes y futuras. Como primer paso hacia esto, en las 5 regiones analizadas, ya existe una legislación ambiental que establece responsabilidades ambientales para cada país.

Se ha demostrado que el uso adecuado de CAC (políticas de comando y control) e incentivos basados en el mercado en un marco integrado son las políticas más eficientes para la reducción de emisiones, por consiguiente es necesario enfocarse en alcanzar niveles óptimos de calidad del aire. Debido a los esfuerzos realizados por Estados Unidos, Unión Europea, México, China y Rusia, se puede considerar que sus orientaciones han mostrado ventajas en términos del impacto en la salud de las personas en estas regiones, pero los niveles establecidos en los Estándares de Calidad del Aire aún no se han alcanzado.

Debido a las graves consecuencias que tiene la contaminación del aire, ahora es cada vez más importante en el plano internacional. Un ejemplo de esto es "La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible" que ha sido apoyada por todos los miembros de las Naciones Unidas, y se espera que según lo programado por la agenda, para 2030 se reduzca la contaminación del aire y las consecuencias que conlleva. Para ello, es necesaria información que permita monitorear los niveles de calidad del aire en cada región, así como estudios que permitan conocer la evolución de las emisiones por región para poder disminuir los efectos negativos que está causando la contaminación del aire, como: muertes prematuras, enfermedades respiratorias, pérdida de productividad laboral, reducción de rendimientos y cambios en la biodiversidad.

Como una recomendación, debe tomarse en cuenta en estos países que, para tener niveles óptimos de calidad del aire, es importante el fomento de la prevención de la contaminación, la eficiencia energética y las energías renovables; debido a que los niveles más altos de emisiones están relacionados con el uso del transporte, es necesario apoyar la planificación de escenarios de transporte y uso de la tierra e integrar la planificación de la calidad del aire en el uso de la tierra, planes de transporte y desarrollo municipal. Además, como se mencionó, es importante combinar las políticas de contaminación del aire con las políticas de cambio climático para obtener mejores resultados.

Finalmente, para poder lograr todo esto, se recomienda ofrecer incentivos para enfoques voluntarios e innovadores de uso de la tierra, energía y transporte y desarrollar plataformas para reducir la demanda pública de actividades contaminantes. Por otro lado, para futuras investigaciones, se recomienda hacer un análisis exhaustivo de la política de México, España y China, considerando que en el caso español se ha alcanzado una mejoría considerable en los últimos 5 años respecto de su calidad del aire.

## BIBLIOGRAFÍA

- EEA (2013). Every breath we take. Denmark, 2013: We breathe from the moment we are born until the moment we die. Copenhagen, Denmark. Retrieved from the web at: <http://www.eea.europa.eu/downloads/6docbo06a6ddd4b2aa5b3f1a28a4009f9/1464912640/every-breath-we-take.pdf>
- EEA (2015). Reducing CO<sub>2</sub> emissions from passenger cars. Retrieved from the web at: [http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars\\_en](http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars_en)
- EEA (2016). Air pollution. European Union Policies. Copenhagen, Denmark. Retrieved from the web at: <http://www.eea.europa.eu/themes/air/intro>
- EPA (2001). The United States Experience with Economic Incentives for Protecting the Environment. Washington, DC. U.S. Environmental Protection Agency-National Center for Environmental Economics. January 2001.
- EPA (2011). The benefits and costs of the Clean Air act from 1990 to 2020. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation, March 2011. Retrieved from the web at: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/summaryreport.pdf>
- EPA (2016). Detroit Diesel Corp. to Pay Penalty and Reduce Exposure to Harmful Diesel Exhaust to Resolve Clean Air Act Violations. Washington, June 10, 2016. News Releases, Julia P. Valentine. Retrieved from the web at: <https://www.epa.gov/newsreleases/detroit-diesel-corp-pay-penalty-and-reduce-exposure-harmful-diesel-exhaust-resolve>
- EPW (2004). Clean Air Act. United State Congress, Washington, D.C. Retrieved from the web at: <http://www.epw.senate.gov/envlaws/cleanair.pdf>
- Harvard (2021). Fossil fuel air pollution responsible for 1 in 5 deaths worldwide
- Horiba (2013). The Trends in Environmental Regulations in China. Technical Reports. English Edition No.41 November 2013.
- Kottusch, P., Tillman, M., & Püschel, K. (2009). Survival time without food and drink. Archiv für Kriminologie.
- Law, K. (2010). Air pollution and climate change. Science for Environment Policy. November 2010. France. Retrieved from the web at: [http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/24si\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/24si_en.pdf)
- Lindsey, R (2020). Climate Change: Mountain glaciers, Climate.gov, PUBLISHED FEBRUARY 14, 2020. Retrieved from the web at: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-mountain-glaciers#:~:text=Worldwide%2C%20most%20glaciers%20are%20shrinking,the%20top%20of%20each%20glacier.>

- OECD (2006). Environmental Policy and Regulation in RUSSIA: THE IMPLEMENTATION CHALLENGE. Paris, France. Retrieved from the web at: <http://www.oecd.org/env/outreach/38118149.pdf>
- OECD (2015). Environment. OECD Better Life Index. Retrieved from the web at: <http://www.oecdbetterlifeindex.org/topics/environment/>
- OECD (2016). The economic consequences of outdoor air pollution, June 2016, Paris.
- SEDEMA (2016). Verificación y hoy no circula. Secretaría del Medio Ambiente. Retrieved from the web at: <http://data.sedema.cdmx.gob.mx/sedema/index.php/verificacion-hoy-no-circula/verificacion-vehicular/vehiculos-con-multas>
- SOER (2015). European briefings present the state, recent trends and prospects in 25 key environmental themes. Copenhagen, Denmark. Retrieved from the web at: <http://www.eea.europa.eu/soer-2015/europe/the-air-and-climate-system>
- Swartz, J. (2016). China's National Emissions Trading System: Implications for Carbon Markets and Trade. ICTSD Global Platform on Climate Change, Trade and Sustainable Energy. March 2016. Geneva, Switzerland.
- UN (2015). Transform our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. General Assembly. Resolution adopted by the General Assembly on September 25, 2015. Seventy-fifth session. New York, October 21, 2015.
- Vohra, K., Vodonos, A., Schwartz, J., Marais, E., Sulprizio, M. & Loretta J. Mickley. (2021). Global mortality from outdoor fine particle pollution generated by fossil fuel combustion: Results from GEOS-Chem, Environmental Research, Volume 195, 2021, 110754, ISSN 0013-9351, <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110754>
- WAQI (2016). Air Pollution in the World: Real time air quality index. Retrieved from the web at: <http://waqi.info/>
- WHO (2003). Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide. Bonn, Germany. 13-15 January 2003. Retrieved from the web at: [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0005/112199/E79097.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/112199/E79097.pdf)
- WHO (2003). Climate change and human health: risks and responses: summary.
- WHO (2014). 7 million premature deaths annually linked to air pollution. Press release, Geneva 2014. Retrieved from the web at: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/en/>
- WHO (2022). Chronic obstructive pulmonary disease (COPD). Retrieved from the web at: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/chronic-obstructive-pulmonary-disease-\(copd\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/chronic-obstructive-pulmonary-disease-(copd))
- Yamamoto, G., & Tanaka, M. (1972). Increase of global albedo due to air pollution. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 29(8), 1405-1412.

Ciencia y Universidad, número 43.  
Editada por la Universidad Autónoma de Sinaloa  
a través de la  
Facultad de Ciencias Económicas y Sociales,  
se terminó de imprimir en el mes de Diciembre de 2021,  
en la imprenta Universitaria.  
Culiacán, Sinaloa México.  
Se tiraron 1000 ejemplares.



**FACULTAD DE CIENCIAS  
ECONÓMICAS Y SOCIALES**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE SINALOA**