

# La costumbre al envenenamiento: El caso de los contaminantes atmosféricos de la ciudad de Guadalajara, México

## The Habit of Poisoning: The Case of Air Pollutants in the City of Guadalajara, Mexico

Salvador Peniche-Camps<sup>1</sup>, Mauro Cortez-Huerta<sup>2</sup>

[Recibido: 10 de enero 2020, Aceptado: 13 de marzo 2020, Corregido: 18 de marzo 2020, Publicado: 1 de julio 2020]

### Resumen

[**Introducción**]: “La sociedad de riesgo” estableció un marco teórico útil para comprender la percepción de la sociedad contemporánea y cómo afronta el modelo político ambiental de México, a través del desarrollo urbano de la ciudad. El problema, de la “normalización de los niveles tóxicos en el aire” está presente en la mayoría de las ciudades importantes de Latinoamérica. [**Objetivo**]: Analizar el caso de la incidencia de enfermedades pulmonares en la ciudad de Guadalajara, Jalisco, México y su correlación con los niveles de contaminación del aire, criticando el alcance y el sentido de la política de control de polución atmosférica. [**Metodología**]: Se delimitó el área de estudio, donde el Comité Estatal de Vigilancia Epidemiológica (CEVE) del estado de Jalisco, registró el mayor caso de incidencia de Infecciones Respiratorias Agudas (IRAs) en las primeras 26 semanas del 2018, las cuales perjudicaron principalmente, a niños y adultos mayores; se analizaron por medio del modelo de regresión múltiple, mediante datos obtenidos del Sistema de Monitoreo Atmosférico de Jalisco (SIMAJ), los cuales cuentan con las concentraciones de los contaminantes, criterios que regula la Normatividad Mexicana (NOM). [**Resultados**]: Se obtuvo una correlación significativa (valor  $p < 0.05$ ) para el monóxido de carbono (CO) = 0.007, de ozono (O<sub>3</sub>) = 0.037 y partículas menores a 10 micras (PM<sub>10</sub>) = 0.003, las cuales interfieren en mayor manera a las IRAs. [**Conclusión**]: Ignorar la posibilidad real de las afectaciones en la salud pública de la población urbana, derivadas de la concentración de agentes contaminantes en el aire, constituye una limitante de la política ambiental y de salud pública. Con base en la teoría de la sociedad del riesgo de Beck.

**Palabras clave:** Contaminación del aire; enfermedades pulmonares; sociedad de riesgo.

### Abstract

[**Introduction**]: “The risk society” established a useful theoretical framework to understand contemporary society’s perception and the way it addresses Mexico’s environmental and political model through the city’s urban development. This situation is present in the most important cities in Latin America. [**Objective**]: to analyze the case of the incidence of lung diseases in the city of Guadalajara, Jalisco, Mexico, and its correlation with air pollution levels, criticizing the scope and meaning of the air pollution control policy. [**Methodology**]: The study area was delimited where the State Committee of Epidemiological Surveillance (SCES) of the state of Jalisco recorded the highest incidence of Acute Respiratory Infections (ARIs) in the first 26 weeks of 2018, which harm mainly to children

- 1 Profesor Investigador Titular C del Departamento de Economía del Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas (CU-CEA), Universidad de Guadalajara, Jalisco, México; [speniche@ucea.udg.mx](mailto:speniche@ucea.udg.mx); <https://orcid.org/0000-0001-8490-4178>
- 2 Alumno de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería Química (FIQ), Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México; [mauro.cortez@alumno.buap.mx](mailto:mauro.cortez@alumno.buap.mx); <https://orcid.org/0000-0001-8968-6405>



and older adults. These infections were analyzed using the multiple regression model through data obtained from the Jalisco Atmospheric Monitoring System (JAMS), which have the concentrations of the pollutants' criteria that regulate the Mexican Normativity (NOM). [Results]: A significant correlation was obtained ( $p$ -value  $< 0.05$ ) for carbon monoxide (CO) = 0.007, ozone (O<sub>3</sub>) = 0.037, and particles smaller than 10 microns (PM<sub>10</sub>) = 0.003, which interfere in greater way to the ARIs. [Conclusions]: Ignoring the real possibility of public health effects of the urban population arising from the concentration of pollutants in the air constitutes a limitation of the public health and environmental policy. Based on Beck's risk society theory.

**Keywords:** Air pollution; lung diseases; risk society.

## 1. Introducción

Pocas situaciones reflejan la naturaleza de la sociedad contemporánea como el tema de la contaminación del aire en las ciudades. El trabajo fundacional de Beck "La sociedad del riesgo" (1998) estableció un marco teórico útil para comprender algunos de los nuevos desarrollos que la caracterizan: la teoría del sociólogo norteamericano implica la aceptación cultural de los efectos perniciosos del deterioro como la nueva normalidad. El autor definió una nueva percepción en la sociedad contemporánea, como un espacio cultural en el cual el riesgo es percibido como una realidad universal posible. La nueva coyuntura se caracteriza por la internalización en la conciencia social de la posibilidad del riesgo universal a partir de procesos de destrucción del medio (Chonchol, 1998).

El modelo de gobernanza ambiental en México ha normalizado la contaminación del aire. La acción gubernamental se circunscribe, básicamente, a informar sobre los niveles de toxicidad y en casos de "emergencia", recomendar acciones a la población y aplicar políticas marginales de contingencia ambiental. Para efectos prácticos, la estrategia de erradicación de la contaminación atmosférica existe sólo en el discurso político. Junto a la normalización del envenenamiento colectivo, la ineficiencia de los mecanismos de inspección, la laxitud en las leyes sobre los límites permitidos de contaminación o el esquema de pago de las multas por contaminar (derecho a contaminar), son prácticas cotidianas y parte de la costumbre de la vida urbana.

La "normalidad del envenenamiento" se presenta, entre otras cosas, porque no existen, en el marco normativo, mecanismos efectivos de control, herramientas para la determinación de responsabilidades sobre las afectaciones, ni medios legales de restitución de los daños. A esto hay que añadir la falta de certidumbre científica sobre la causalidad de las afectaciones de la salud derivadas de la exposición a sustancias tóxicas. El nivel de complejidad del problema es tal que es necesaria la elaboración de un nuevo paradigma en la ciencia médica que exprese el conjunto de relaciones causales, ambientales, sociales, genéticas y económicas, etc., que expliquen tanto los efectos de los cocteles de contaminantes en la salud, como la predisposición de los diversos tipos de individuos a presentar afectaciones relacionadas con la exposición a los patógenos.

El desarrollo urbano de la ciudad de Guadalajara ha significado un desencuentro permanente con el medio natural. Si bien la fundación de la ciudad en el valle de Atemajac se justificó por las inmejorables condiciones biogeofísicas para el desarrollo de una gran ciudad, la evolución económica y social de la región ha sido la historia de la destrucción de su medio ambiente.



Según Regalado (2015, p. 44), “el tipo de relaciones que (los habitantes de la metrópoli han establecido) históricamente han sido y son de control, dominio, explotación y destrucción”.

El resultado ha sido la desintegración del “cordón natural” que permitió la sustentabilidad de la urbe. Nos referimos a la sobreexplotación del lago de Chapala, la muerte de la cuenca del río Santiago y el lago de Cajititlán, la acelerada pérdida de las zonas de recarga de agua de los bosques de la Primavera y el Nixticuil, y la transformación de la hidrogeomorfología de la región, el medio que permitió la estabilidad climática y la abundancia de agua en la zona. Por su parte, se tiene el crecimiento en flecha de la zona urbana. Durante los últimos años se ha dado un proceso acelerado de concentración demográfica y productiva en los alrededores de la ciudad, proceso que se deriva de la ausencia de una política de desarrollo regional en el occidente del país. El crecimiento urbano desordenado y acelerado ha sido el factor más importante del deterioro socio ambiental de la zona de estudio.

Con la firma del Tratado de Libre Comercio (TLC), se consolidó el fomento de las actividades productivas de exportación como la industria maquiladora y la agricultura, la cosecha de agave tequilero y, más recientemente, el cultivo de bayas, todas ellas caracterizadas por ser factores de gran depredación ambiental. Debido al dinamismo de las empresas exportadoras asentadas en la zona, el flujo migratorio se ha incrementado desde las diversas regiones del Estado y el occidente del país, hacia la metrópoli. El libre comercio y crecimiento desordenado de la ciudad ha generado un aumento en flecha de su huella ecológica y la sobreexplotación de sus recursos naturales.

El crecimiento urbano descontrolado se ha caracterizado por el fomento de los programas federales de impulso a la vivienda popular periurbana y por el incremento del parque vehicular. La principal consecuencia socioambiental de este proceso es el aumento de la concentración de contaminantes en el aire y el incremento de la morbilidad de la población derivada de la exposición a los contaminantes atmosféricos (Venegas, Medina, & Castañeda, 2016).

A pesar de la evidencia diaria de los altos niveles de contaminación del aire y del incremento de la incidencia de malestares y enfermedades respiratorias en la ciudad, no ha habido una reacción en la academia, ni entre la población afectada o grupos ciudadanos, ni en el gobierno, ni desde los sectores productivos. Se observa una visión conformista y de aceptación de una nueva normalidad que no se aprecia en otros casos de afectaciones a la salud, derivadas del colapso ambiental en la zona, como es el caso del de la contaminación en los cuerpos de agua o en las cuencas del Estado.

En la investigación se presentan datos sobre las afectaciones en la salud pública derivadas de las condiciones atmosféricas en las que se encuentra la ciudad de Guadalajara. Se considera que uno de los más importantes obstáculos en el camino de la seguridad de la población frente al flagelo de la contaminación del aire consiste en la falta de validación de los métodos que permiten asignar responsabilidades y subsanar daños. En otras palabras, no existen mecanismos institucionales que establezcan relaciones de causalidad entre el empeoramiento de la contaminación y el incremento de la incidencia de enfermedades respiratorias.

El trabajo se divide en tres partes. En el primer apartado se elabora una propuesta teórica del riesgo ambiental; en el segundo se aborda el tema de la contaminación del aire y sus efectos



en la salud; en el tercero se presenta el modelo estadístico de evaluación y la discusión sobre los resultados. El trabajo presenta al final las conclusiones del estudio.

## 2. Marco teórico

Beck describe la sociedad del riesgo de la siguiente manera:

Hasta ahora, todo el sufrimiento, toda la miseria, toda la violencia que unos seres humanos causaban a otros se resumía bajo la categoría de los «otros»: los judíos, los negros, las mujeres, los refugiados políticos, los disidentes, los comunistas, etc. Había, por una parte, vallas, campamentos, barrios, bloques militares, y, por otra parte, las cuatro paredes propias; fronteras reales y simbólicas tras las cuales podían retirarse quienes en apariencia no estaban afectados. Todo esto ya no existe desde Chernóbil. Ha llegado el *final de los otros*, el final de todas nuestras posibilidades de distanciamiento, tan sofisticadas; un final que se ha vuelto palpable con la contaminación atómica. *Se puede dejar fuera la miseria, pero no los peligros de la era atómica.* Ahí reside la novedosa fuerza cultural y política de esta era. Su poder es el poder del peligro que suprime todas las zonas protegidas y todas las diferenciaciones de la modernidad (Beck, 1998, p. 11).

El riesgo, en la sociedad contemporánea, es un producto de la modernidad. Junto a la riqueza, la era industrial *produce* el riesgo. Las implicaciones de lo anterior son numerosas y de gran relevancia para el estado de ánimo, la conciencia y el comportamiento social. En cierto sentido, marcan el sello de nuestros tiempos.

Para el tema analizado en este trabajo, la normalización de la indefensión y desesperanza ante el riesgo es de gran importancia. Como han documentado los filósofos de la posmodernidad, el ambiente cultural de esta forma social se caracteriza por la frustración y el desencanto. La nueva situación ha afectado el modo en que se percibe la realidad, relativizándola. Tal es la conclusión de Vattimo (1985) y Lyotard (1987).

Por su parte, Luhmann (1992, p. 46) considera que el riesgo es una propiedad emergente del sistema social de la posmodernidad.

El trasfondo de esta posición —a pesar de ser en primer término una controversia teórica— una mejor comprensión del alcance del problema, inspirada sobre todo por los problemas tecnológicos y ecológicos de la sociedad moderna. Con ello, sin embargo, se plantea la cuestión de quién o cuál es la instancia que decide si un riesgo ha de tenerse en cuenta o no.

La idea planteada por Luhmann es de gran alcance teórico. Nos lleva a considerar críticamente el papel de la gestión del medio ambiente y las funciones de los programas institucionales de remediación del cambio ambiental. La gestión ambiental en el mundo y en nuestro país es un espacio relativamente reciente con respecto a otras áreas de la gestión pública como la





salud, la educación o la vivienda. Por lo tanto, no es de extrañar que se encuentre en proceso de evolución. Según Provencio, el modelo se caracteriza por tener grandes carencias tanto en sus aspectos formales como en su fundamentación científica (Provencio, 2004).

En particular, podemos identificar que en la política pública los imperativos ambientales están supeditados a los proyectos de desarrollo económico y social, como si los segundos no dependieran de los primeros. Según la teoría de la política pública, el esquema de gestión ambiental es transaccional y no dominante, no cumple ciclos, sino que se presenta como una serie de acciones coyunturales (Salazar, 2010). En resumen, para la gestión gubernamental, los riesgos ambientales no se perciben como amenazas reales. Lo anterior es particularmente grave, si consideramos las asimetrías existentes en los tres niveles de gestión del gobierno y la desestimación gubernamental de los impactos del colapso ambiental, lo que ha sido una realidad a escala federal y estatal, en los municipios donde la visión distorsionada de la problemática ambiental es más evidente.

Según los resultados de la presente evaluación, los logros de la política ambiental mexicana durante la última década han sido mixtos. Se han superado fuertes rezagos y establecidas bases para responder ante los retos que como economía emergente enfrentamos. Estos esfuerzos se han reflejado en renovadas instituciones, crecientes flujos presupuestales e innovadores instrumentos para conservar la naturaleza y promover un desarrollo sustentable. No obstante, la ausencia de sistemas más robustos de monitoreo y evaluación complica la elaboración de mejores diagnósticos y controles sobre la efectividad de las políticas ambientales frente a las alternativas disponibles. Atender esta carencia es urgente en un país como México, que además de ser una de las principales economías del mundo, es responsable de salvaguardar uno de los acervos más importantes de biodiversidad en el planeta. Es urgente fortalecer las instituciones mexicanas en materia ambiental, particularmente a nivel local, para mejorar el cumplimiento de la legislación ambiental, la planeación adecuada y la participación social (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE], 2012, p. 5).

El resultado de este tipo de “intervención” ambiental, por parte del gobierno, es, como regla, la afectación de los sectores más pobres y vulnerables de la sociedad. Como afirma Martínez (2002, p. 314):

El conflicto entre economía y medio ambiente no sólo se manifiesta en los ataques en los remanentes de naturaleza prístina sino también en la creciente demanda de materias primas y de sumideros para los residuos en zonas habitadas por seres humanos y en el planeta en su conjunto. El hecho de que las materias primas y su transporte sean baratos y que los sumideros tengan precio cero no es señal de abundancia sino el resultado de una cierta distribución de derechos de propiedad, del poder y de los ingresos”.





Lo anterior se debe a la relativización de valores morales y humanos detrás de las evaluaciones económicas que determinan las decisiones en materia de política ambiental: la totalidad de las estrategias, instrumentos y programas de gestión ambiental de la actualidad están fundamentados en la microeconomía neoclásica y, como es sabido, el principio rector de la teoría económica dominante:

...el mercado “maximizará la satisfacción del consumidor”, o podríamos decir más neutralmente “la satisfacción humana”. Algunos podrían decir que esto no difiere mucho de la “maximización de la utilidad”, transparentando así los antecedentes utilitaristas de la teoría económica moderna” (Van Deer y Pierce, 1997, p. xix).

Esto nos lleva a un tema de gran importancia: la identidad planteada entre utilidad económica y bienestar humano como fundamento de la economía neoclásica en la gestión ambiental. Es sabido que, para la teoría económica dominante, el lenguaje de valoración que fundamenta el sentido de las decisiones en general, y en particular en materia de medio ambiente, es el de los costos y beneficios económicos. De esta manera, los proyectos, programas y regulaciones ambientales se derivan de la suma aritmética entre los dos factores mencionados, sean éstos tangibles (como los flujos y acervos de recursos) como intangibles (como la salud). La economía ambiental dedica gran parte de sus desarrollos metodológicos al cálculo económico de los bienes y servicios intangibles, en particular, por ejemplo:

[Los precios sombra] permiten estimar el precio de un bien público a partir del efecto positivo o negativo en el bienestar subjetivo de la persona” Lo anterior para otorgarles un lugar cuantificable en las valoraciones y decisiones en la política ambiental y así justificar científicamente el sentido de la política ambiental (Gómez y Ortiz, 2015, pp. 32-33).

Sin embargo, a partir de los trabajos de economistas como Buchanan (1968) y Downs (1973), la imparcialidad científica de los tomadores de decisiones se presenta como un factor de alta subjetividad. Con base en sus estudios sobre la elección pública, los autores han propuesto una interpretación económica de las decisiones, aplican la propia microeconomía neoclásica a los mecanismos que utilizan los tomadores de decisiones para decidir sobre la gestión del medio ambiente. Se concluye que, en este contexto, ‘la acción racional’ es aquella que está eficientemente ideada para lograr los objetivos políticos o económicos deliberadamente elegidos por el sujeto. Es decir, según esta teoría económica, la política ambiental es un acto eminentemente político con implicaciones de distribución social de los costos y beneficios.

Considerando lo anterior, los gobiernos han sabido construir un discurso ambiental, donde presenta un escenario que expresa una visión particular del problema que enfatiza la alarma sobre el colapso ambiental. Por medio de las políticas públicas se ha ensanchado lo que Searle (1997) denomina “la brecha entre los hechos brutos y los hechos institucionales” borrando, con



esto, la perspectiva de la remediación. Lo anterior ha generado una inconciencia social ante el riesgo real que consiste en respirar y convivir cotidianamente con una gran cantidad de tóxicos.

## 2.1 Contaminación del aire y sus efectos en salud

Estudios hechos en los últimos años han evaluado el comportamiento de los contaminantes atmosféricos y cómo éstos interfieren, de manera directa e indirecta, en las enfermedades respiratorias y afectan a la población, en gran medida (Boletín de la Academia Nacional de Medicina de México [ANMM], 2015; Karimi, Shirmardi, Hadei, Birgani, Neisi, Takdastan, Goudarzi, 2019; Ubilla & Yohannessen, 2017; Xie, Gu, Cen, Li, Chen, 2019).

El tema es igual de grave en las principales ciudades del mundo y de América Latina.

Se prevé que la contaminación del aire se convertirá en la causa ambiental principal de mortalidad prematura, por encima de aguas insalubres y falta de saneamiento” con “una proyección de que se duplique en el mundo el número de muertes prematuras derivadas de la exposición a material particulado, pasando de más de 1 millón hoy en día, aproximadamente 3.6 millones al año en 2050” (OCDE, 2012, p. 3).

Al respecto, la evaluación de la situación en América Latina es igualmente preocupante.

La mala calidad del aire se constituye en una amenaza para la salud, el bienestar social y el desarrollo económico a nivel mundial y en la región de América Latina y el Caribe (ALC). Concentraciones de contaminantes nocivos del aire están excediendo, en muchos casos excesivamente, las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) a lo largo de la región ALC. Las altas concentraciones de contaminantes del aire tienen impacto en los ciudadanos al disminuir su calidad de vida y al causar muertes prematuras y enfermedad, así como al dañar ecosistemas; mientras que a su vez afectan directamente las economías nacionales de los países latinoamericanos y su desarrollo económico y social” (Green y Sánchez, 2013, p. 11).

El diagnóstico de la situación realizado por el *Clean Air Institute* señala que existe una disparidad notable en las estrategias con las cuales los diversos países abordan la problemática. Los estándares de calidad y las metodologías de monitoreo y control varían de país en país y el resultado es un contexto inadecuado para la elaboración de políticas de intervención. En los hechos, a pesar de las declaraciones oficiales y la aplicación de programas de mitigación, la contaminación del aire aumenta en toda la región.

En el 2013, el país con mayores decesos relacionados con la deficiente calidad del aire fue Brasil, con más de 23 mil decesos, le siguió México con 15 mil muertes y en tercer lugar se encuentra Argentina con aproximadamente 10 mil. Las ciudades más afectadas fueron Monterrey, ciudad de México y Guadalajara, las cuales se situaron por encima de Medellín, Bogotá,



Montevideo, San Pablo y San Salvador (Ureste, 2013). En el año 2019, cinco países latinoamericanos (Perú, Chile, México, Brasil y Colombia) se encortaron entre los peores 50 lugares del mundo en relación con la deficiente calidad del aire (Paz, 2019).

En Guadalajara, Jalisco, existe una gran problemática en cuanto a contaminación atmosférica y se presentó un solo día a la semana como aceptable, según la Norma Oficial Mexicana (NOM) para la calidad del aire.

En los primeros cinco meses del 2018, el Sistema de Monitoreo Atmosférico de Jalisco (SIMAJ) analizó y determinó que sólo diecisiete días dentro de los meses de enero-mayo cumplieron con los estándares establecidos por la normatividad mexicana; hubo, así, siete contingencias atmosféricas durante estos meses. Datos del Comité Estatal de Vigilancia Epidemiológica (CEVE) del Estado de Jalisco, declaran las infecciones respiratorias agudas (IRAs) como el grupo con más casos atendidos de enfermedades respiratorias del Estado, donde la ciudad de Guadalajara resulta la de mayores brotes de estas enfermedades. Las IRAs afectan principalmente a los grupos vulnerables tales como niños y niñas, y personas adultas mayores.

### 2.1.1 Contaminantes atmosféricos

La contaminación atmosférica es la presencia en la atmósfera de sustancias en una cantidad que implique molestias o riesgo para la salud de las personas y el resto de los organismos vivos (Martínez & Díaz de Mera, 2004). En el **Cuadro 1** se muestran los principales contaminantes, criterio en los cuales se establecen los límites máximos de concentración en la atmósfera, según las normas mexicanas. Para reducir los contaminantes atmosféricos es necesario reducir las fuentes de emisión, en particular aquellas con una mala combustión, las cuales utilizan los combustibles fósiles o éstos son su fuente principal.

**Cuadro 1.** Contaminantes criterios regulados por las Normas Oficiales Mexicanas  
*Table 1. Pollutant regulatory criteria by the Official Mexican Standards*

| Contaminantes regulados por la normatividad mexicana  | Evaluación                | Valor límite                               | Norma             |
|---|---------------------------|--|-------------------|
| Ozono (O <sub>3</sub> ): Se forman a nivel de la atmósfera cuando los óxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> ) se rompen por la interacción que tienen con la radiación solar | Promedio móvil de 8 horas | 0.070 ppm                                  | NOM-020-SSA1-2014 |
| Dióxidos de azufre (SO <sub>2</sub> ): Estos están formados por la combustión del carbón, por ejemplo, la combustión que realizan los automotores                           | Promedio de 24 horas      | 0.110 ppm                                  | NOM-022-SSA1-2010 |
| Monóxido de carbono (CO): Este contaminante es el principal precursor de las malas combustiones de los vehículos, ya sean de combustión de gasolina o de gas                | Promedio móvil de 8 horas | 11 ppm                                     | NOM-021-SSA1-1993 |
| Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> ): Estas partículas son emitidas por las industrial y automóviles principalmente  | Promedio por hora         | 0.210 ppm                                  | NOM-023-SSA1-1993 |
| Partículas menores a 10 y 2.5 micras: El material particulado tiene varias fuentes, la principal son los vehículos e industrias, seguido de las fuentes naturales           | Promedio de 24 horas      | 75 µg/m <sup>3</sup> -45 µg/m <sup>3</sup> | NOM-025-SSA1-2014 |

Partes por millón (ppm), Microgramos sobre metro cúbico (µg/m<sup>3</sup>)





### 2.1.2 Enfermedades infecciosas respiratorias agudas

Las (IRAs) forman parte del grupo de enfermedades del sistema respiratorio, éstas son causadas por diversos factores en los cuales se encuentran los virus y bacterias. Las IRAs comienzan de forma repentina y duran un par de semanas. Este tipo de enfermedad es de las más comunes a nivel mundial y, por ende, es importante su estudio en cada país. Este tipo de enfermedad inicia con un cuadro de resfriados leves, pero esta situación se puede tornar más difícil y puede llegar a convertirse en una neumonía (Organización Panamericana de la Salud [OPS], 1992).

## 3. Metodología

### 3.1 Área de estudio

La ciudad de Guadalajara es la capital del Estado de Jalisco y forma parte de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), ubicada en la región “Centro” del Estado, en las coordenadas 20° 36’ 40” a los 20° 45’ 00” de altitud norte y 103° 16’ 00” a los 103° 24’ 00” de longitud oeste, a una altura de 1 580 msnm. Limita al norte con Zapopan e Ixtlahuacán del Río, al oriente con Tonalá y Zapotlanejo, al sur con Tlaquepaque y al poniente con Zapopan (Figura 1).

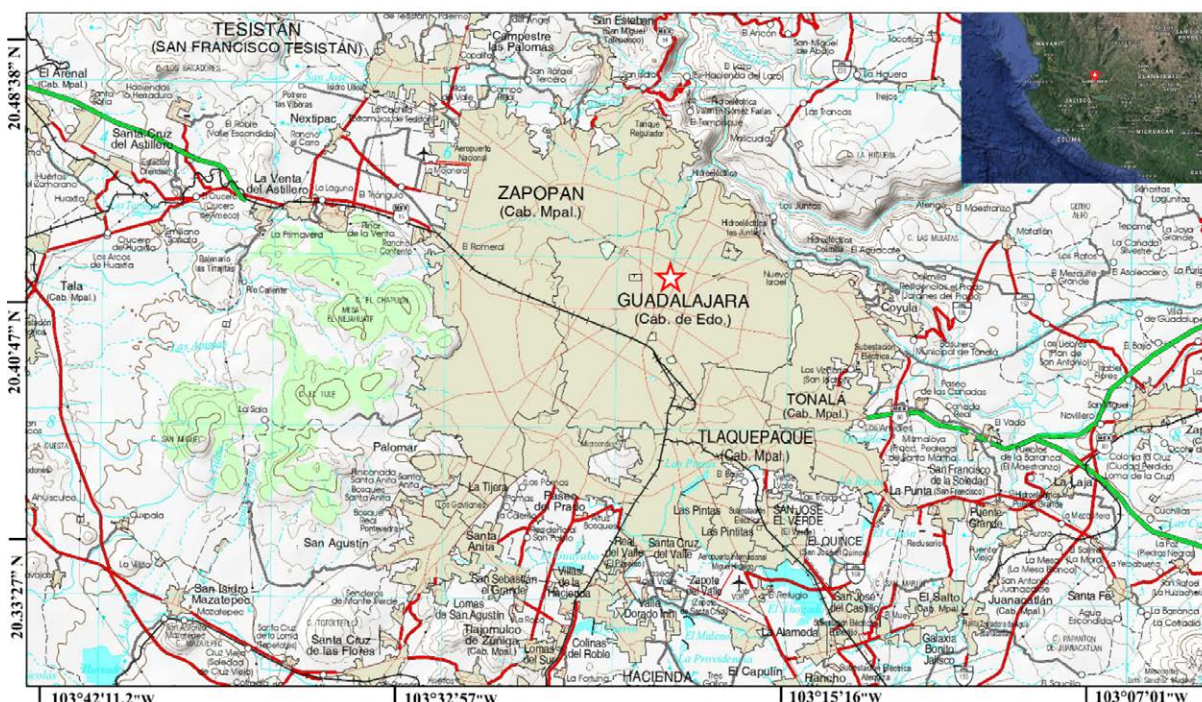


Figura 1. Localización de la ciudad de Guadalajara.

Figure 1. Location of the city of Guadalajara.



### 3.2 Recopilación de datos

La ciudad de Guadalajara tiene una estación de monitoreo atmosférico dentro del SIMAJ (**Cuadro 2**) de las cuales se toman las primeras 26 semanas del 2018 (enero-junio), ya que el CEVE del Estado de Jalisco dejó de reportar los casos de IRAs a partir de estos meses. La estación de monitoreo cuenta con datos de carbón negro, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, dirección y velocidad del viento, humedad relativa, monóxido de carbono, óxido nítrico, óxidos de nitrógeno, ozono, partículas menores a 10 y 2.5 micras, precipitación pluvial, radiación ultravioleta, radiación solar y temperatura. De contaminantes atmosféricos que la estación monitorea solo se toman los contaminantes regulados por la normatividad mexicana.

**Cuadro 2.** Descripción de la estación de monitoreo de la ciudad de Guadalajara

*Table 2. Description of the monitoring station of the city of Guadalajara*

| Estación: Centro (CEN) | Descripción  |
|------------------------|--|
| Sistema de monitoreo   | Jalisco (JAL)  |
| Red de monitoreo       | Guadalajara (GDL)  |
| Tipo de estación       | Automática   |
| Dirección postal       | Colonia: Centro, Estado de Jalisco, Municipio de Guadalajara |
| Coordenadas            | 20.67 N, 103.33 O  |
| Altitud                | 1 582 m s.n.m.   |
| Zona horaria           | Tiempo del Centro, UTC-6 (UTC-5 en verano)                   |

El Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire (SINAICA) cuenta con una serie de programas informáticos a disposición del público; dicho sistema está asociado, de manera directa, con el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). Este sistema contiene los datos crudos de la calidad del aire, así como las variables meteorológicas en tiempo real a nivel nacional. Con los datos almacenados de la estación de monitoreo de Guadalajara y los datos epidemiológicos del CEVE, se realizó el **Cuadro 3**, el cual se usa para hacer un análisis estadístico y así analizar la relación entre las IRAs y los contaminantes atmosféricos criterio en Guadalajara.



**Cuadro 3.** Registro de casos por IRAs y de concentración de contaminantes atmosféricos  
**Table 3.** Record of cases by ARIs and concentration of air pollutants

| Semanas    | Casos IRA | CO (ppm) | O <sub>3</sub> (ppm) | SO <sub>2</sub> (ppm) | NO <sub>2</sub> (ppm) | PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) | PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) |
|------------|-----------|----------|----------------------|-----------------------|-----------------------|--|---------------------------------------|
| 31/12/2017 | 10 695    | 0.7941   | *                    | *                     | 0.0258                | 40.5486                                | 64.6805                               |
| 07/01/2018 | 12 463    | *        | 0.029                | *                     | 0.0296                | 40.5119                                | 78.1109                               |
| 14/01/2018 | 15 262    | 0.8110   | 0.0251               | 0.0023                | 0.0257                | 38.7844                                | 69.0833                               |
| 21/01/2018 | 15 262    | 0.4700   | 0.0257               | 0.0022                | 0.0209                | 31.0297                                | 52.0595                               |
| 28/01/2018 | 12 517    | 0.1579   | 0.0256               | 0.0013                | 0.0124                | 14.4457                                | 28.8229                               |
| 04/02/2018 | 9 941     | 0.8511   | 0.0185               | 0.0002                | 0.0284                | 28.1711                                | 38.9285                               |
| 11/02/2018 | 10 068    | 0.6953   | 0.0309               | 0.0002                | 0.0245                | 26.8896                                | 44.3395                               |
| 18/02/2018 | 9 183     | 0.8322   | 0.0272               | 0.0002                | 0.0171                | 23.9761                                | 37.2976                               |
| 25/02/2018 | 7 902     | 0.8529   | 0.0355               | 0.0021                | 0.0168                | 26.7500                                | 43.5059                               |
| 04/03/2018 | 7 380     | 0.6185   | 0.0322               | 0.0019                | 0.0179                | 24.2299                                | 40.3333                               |
| 11/03/2018 | 8 734     | 0.7794   | 0.0315               | 0.0021                | 0.0182                | 23.3157                                | 40.2903                               |
| 18/03/2018 | 7 380     | 0.7627   | 0.0377               | 0.0021                | 0.0176                | 25.5892                                | 45.738                                |
| 25/03/2018 | 6 430     | 0.7330   | 0.0384               | 0.0020                | 0.0150                | 26.9277                                | 44.3035                               |
| 01/04/2018 | 8 151     | 0.7740   | 0.0294               | 0.0016                | 0.0117                | 18.2013                                | 35.2500                               |
| 08/04/2018 | 7 446     | 0.8282   | 0.0393               | 0.0021                | 0.0141                | 25.7285                                | 43.7797                               |
| 15/04/2018 | 7 135     | 0.7344   | 0.0423               | 0.0018                | 0.0117                | 21.4479                                | 42.5357                               |
| 22/04/2018 | 6 459     | 0.8104   | 0.0392               | 0.0020                | 0.0133                | 25.5000                                | 39.0535                               |
| 29/04/2015 | 5 964     | 0.7068   | 0.0410               | 0.0016                | 0.0122                | 29.5138                                | 36.7847                               |
| 06/05/2018 | 5 612     | 0.6554   | 0.0530               | 0.0015                | 0.0129                | 24.0952                                | 26.0535                               |
| 13/05/2018 | 5 862     | 0.5856   | 0.0472               | 0.0019                | 0.0128                | 29.5688                                | 36.5745                               |
| 20/05/2018 | 5 982     | *        | 0.0405               | 0.0023                | 0.0142                | 32.5357                                | 43.9345                               |
| 27/05/2018 | 5 476     | *        | 0.0385               | 0.0020                | 0.0107                | 39.7569                                | 50.3300                               |
| 03/06/2018 | 5 331     | *        | 0.0383               | 0.0015                | 0.0089                | 25.3055                                | 33.9939                               |
| 10/06/2018 | 5 333     | *        | 0.0218               | 0.0017                | 0.0076                | *                                      | 15.7125                               |
| 17/06/2018 | 5 297     | 0.3868   | 0.0253               | 0.0022                | 0.0096                | *                                      | 17.8095                               |
| 24/06/2018 | 5 297     | 0.3464   | 0.0273               | 0.0022                | 0.0110                | 15.0461                                | 18.5654                               |

\* Sin datos de monitoreo del SIMAJ.

### 3.3 Análisis de datos

#### 3.1.1 Modelo de regresión múltiple

En un modelo de regresión pueden intervenir tanto datos cualitativos como cuantitativos. Los factores cuantitativos son aquellos que se pueden asociar a un rango principalmente numérico; mientras que los factores cualitativos son aquellos que no se pueden asociar de manera numérica o de magnitud (Carrasquilla, Chacón, Núñez, Gómez, Valverde, Guerrero, 2016).



El modelo de regresión múltiple es un modelo complemento de la regresión lineal simple, el cual tiene varias variables independientes  $k$  que pueden influir en una variable dependiente  $y$ . La **Ecuación 1** de la regresión múltiple se puede expresar de la siguiente manera:

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon \quad (\text{E. 1})$$

Donde:

$y$  = Variable de respuesta o independiente

$\beta_k X_k$  = Variables explicativas o independientes

$\varepsilon$  = Error que se presenta al interactuar las diversas variables

## 4. Resultados y discusión

### 4.1 Análisis de varianza

El análisis de regresión múltiple, a diferencia del simple, se aproxima más a situaciones reales de fenómenos naturales o antropogénicos, por definición, más complejos y, por ello, deben ser explicados en mejor medida por la serie de variables que interfieren. Para esto el análisis de varianza (**Cuadro 4**) determina el nivel de asociación entre las variables dependientes (contaminantes atmosféricos) y la variable dependiente (total de casos de IRAs).

**Cuadro 4.** Análisis de varianza

**Table 4.** Variance analysis

| Fuente                                 | GL        | SC Ajust.          | MC Ajust.  | Valor F | Valor $p$ |
|--|-----------|--------------------|------------|---------|-----------|
| Regresión                              | 6         | 138 653 566        | 23 108 928 | 13.61   | 0.000     |
| CO (ppm)                               | 1         | 17 838 709         | 17 838 709 | 10.50   | *0.007    |
| O <sub>3</sub> (ppm)                   | 1         | 9 290 284          | 9 290 284  | 5.47    | *0.037    |
| SO <sub>2</sub> (ppm)                  | 1         | 6 310 392          | 6 310 392  | 3.72    | 0.078     |
| NO <sub>2</sub> (ppm)                  | 1         | 1 270 270          | 1 270 270  | 0.75    | 0.404     |
| PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) | 1         | 10 631             | 10 631     | 0.01    | 0.938     |
| PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )  | 1         | 23 683 907         | 23 683 907 | 13.95   | *0.003    |
| Error                                  | 12        | 20 379 001         | 1 698 250  |         |           |
| <b>Total</b>                           | <b>18</b> | <b>159 032 567</b> |            |         |           |

\*Los valores muestran un nivel de significancia del 95 % ( $p < 0.05$ ).

Se compara el valor  $p$  (nivel de significancia), para ver el impacto que las variables tienen con un porcentaje de correlación del 95 %, esto indica que hay un riesgo del 5 % de error entre las asociaciones de las variables. Tienen un valor  $p$  para el monóxido de carbono (CO) = 0.007, de ozono (O<sub>3</sub>) = 0.037 y partículas menores a 10 micras (PM<sub>10</sub>) = 0.003 como más significantes de este modelo.





## 4.2 Ecuación de regresión

El modelo de regresión múltiple empleado en esta investigación presenta características idóneas para poder abordar el tratamiento del fenómeno de la contaminación del aire y los impactos en un aspecto de la salud pública. El modelo arrojó resultados que apuntan hacia la existencia de una correlación entre las variables independientes significativas. Además del análisis de varianza, podemos obtener el estadístico de bondad del ajuste ( $R^2$ ,  $R^2$  ajustado,  $R^2$  predictivo), donde se comparan los resultados obtenidos mediante la ecuación de regresión (**Cuadro 5**).

**Cuadro 5.** Bondad del ajuste y ecuación de regresión

*Table 5. Goodness of fit and regression equation*

| S       | R-cuad. | R-cuad.<br>(ajustado) | R-cuad.<br>(pred) |
|---------|---------|-----------------------|-------------------|
| 1303.17 | 87.19 % | 80.78 %               | 61.91 %           |

\*Total de casos de IRAs =  $13\ 316 - 6\ 742\ \text{CO (ppm)} - 147\ 520\ \text{O}_3\ \text{(ppm)} - 2\ 875\ 023\ \text{SO}_2\ \text{(ppm)} + 104\ 060\ \text{NO}_2\ \text{(ppm)} + 10\ \text{PM}_{2.5}\ \text{(}\mu\text{g/m}^3\text{)} + 209.9\ \text{PM}_{10}\ \text{(}\mu\text{g/m}^3\text{)}$

\*Los coeficientes nos indican el número de unidades que aumenta o disminuye (+, -) la variable dependiente por cada unidad de variable independiente.

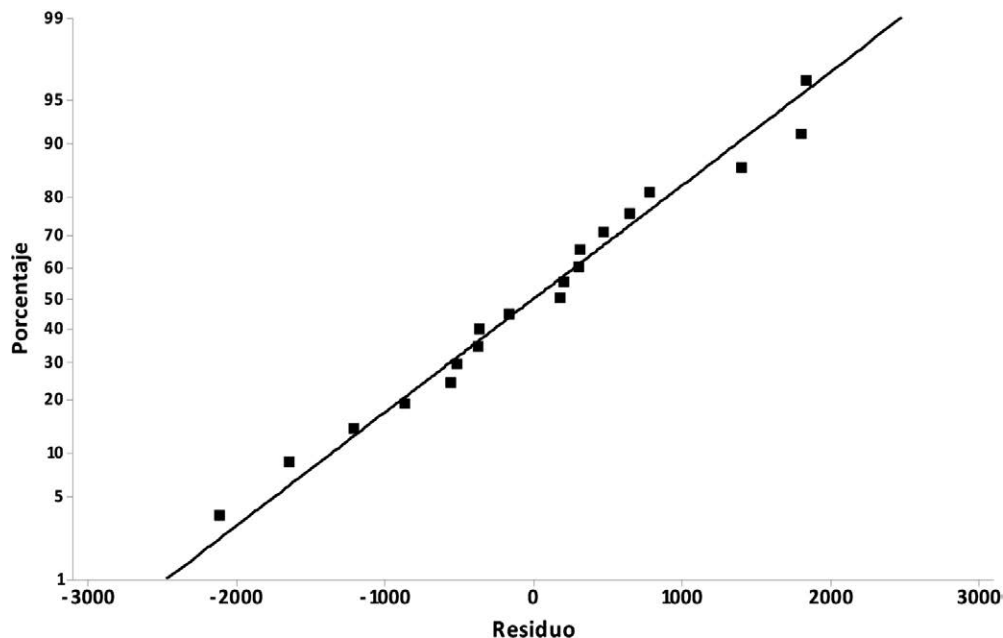
Se utiliza el valor de S para evaluar qué tan bien el modelo describe la respuesta. Este valor se utiliza mayormente cuando no existen coeficientes de R o  $R^2$ ; cuanto mayor sea el valor de S, menor será la descripción de respuesta del modelo. El coeficiente de correlación  $R^2$  mide el porcentaje de variabilidad de la variable independiente, explicada por las variables independientes que se someten en el modelo de regresión múltiple, este valor está siempre entre 0.00 % y 100.00 %. El  $R^2$  ajustado compara modelos que tengan diferentes variables analizadas, el  $R^2$  siempre aumenta cuando se agrega una variable al modelo, incluso cuando no haya un mejor ajuste en el modelo. El  $R^2$  pronosticado también puede ser más útil que el  $R^2$  ajustado para comparar modelos, porque se calcula con observaciones que no se incluyen en el cálculo del modelo. Los resultados indican que los contaminantes atmosféricos en la ciudad de Guadalajara influyen de manera directa con el tipo de enfermedad respiratoria considerada en el estudio.

## 4.3 Análisis de residuales

Los residuales “e” son los errores que se presentan en el modelo de regresión, el análisis de residuos tiene como objetivo profundizar la relación de las variables, suponiendo una normalidad entre ellas. La **Figura 2** nos da una idea de cómo se distribuyen los residuos para este modelo en relación con una distribución normal (los puntos siguen la recta), esto descarta valores atípicos o variables no identificadas, de lo contrario los residuos formarían líneas horizontales y el ajuste sería peor. La **Figura 3** compara gráficamente la probabilidad normal, al suponer la curva de distribución normal la cual se aprecia claramente.

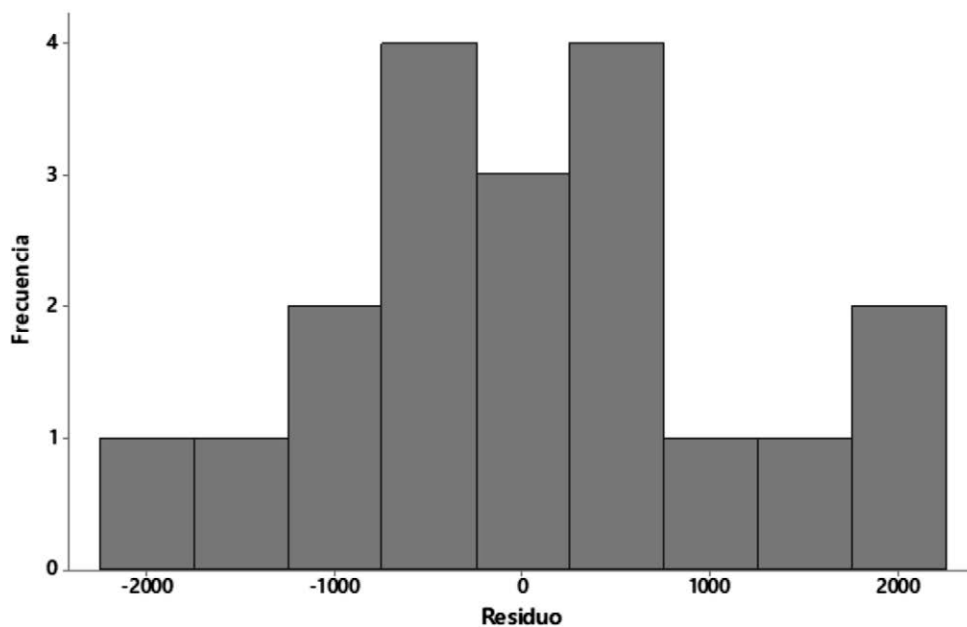






**Figura 2.** Normalidad de los residuos para los casos por IRAs.

*Figure 2. Normality of waste for cases by ARIs.*



**Figura 3.** Histograma de residuos para casos por IRAs.

*Figure 3. Histogram of waste for cases by ARIs.*



#### 4.4 Comportamiento de los contaminantes atmosféricos

El principal sesgo de nuestro estudio consiste en que, al analizar los contaminantes atmosféricos y su impacto de forma lineal con las enfermedades IRA, se omite que los contaminantes, además de interactuar entre ellos, se ven afectados por la presencia e influencia de las variables físicas (temperatura, humedad, velocidad del viento, precipitación, presión atmosférica, altitud, entre otras) y químicas (coeficientes de radiactividad, radiación ultravioleta, calor interno y externo del área que se analiza, entre otras). Se intuye que estas interacciones pueden influir en el impacto que los contaminantes tienen sobre las enfermedades respiratorias; para esto compara el comportamiento de los contaminantes en la **Figura 4 y 5** por las 26 semanas de las que se tiene registro.

Los resultados obtenidos apuntan en la dirección de una normalización del riesgo ambiental en la población de la ciudad de Guadalajara. Se encontró una alta acumulación del ozono, el gas que más afecta al sistema respiratorio, incluso en niveles bajos de concentración. La acumulación de este contaminante llevó a la capital jalisciense a ser la más alta en toda América Latina, con una concentración de 69.3 microgramos por metro cúbico. Quedan pendientes estudios sobre la percepción del riesgo y sobre el nivel de información que la población tiene a su disposición para tomar decisiones sobre el patrón de comportamiento, a fin de minimizar el riesgo de contraer enfermedades derivadas de la exposición de contaminantes en la atmósfera.

Ante tal escenario, surge el imperativo de una nueva política de salud ambiental que erradique los vicios actuales como la de doble moral (permitir ciertas prácticas y perseguir otras por motivos políticos o económicos) o la culpabilización de la víctima. Es necesaria una nueva estrategia que garantice la asignación de responsabilidades del riesgo y de la remediación de los efectos en la salud de la exposición a tóxicos. Para ello, es menester avanzar hacia una cultura ambiental que permita a la ciudadanía conocer a detalle el nivel de riesgo, las prácticas riesgosas de sus actividades cotidianas y sus consecuencias (Costa y López, 2008).



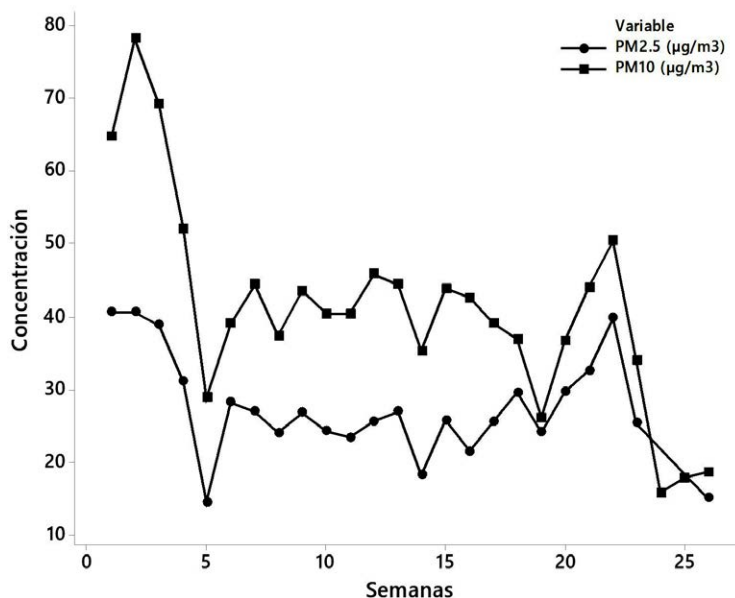


Figura 4. Comportamiento del material particulado durante enero-junio 2018.

Figure 4. Behavior of particulate material during January-June 2018.

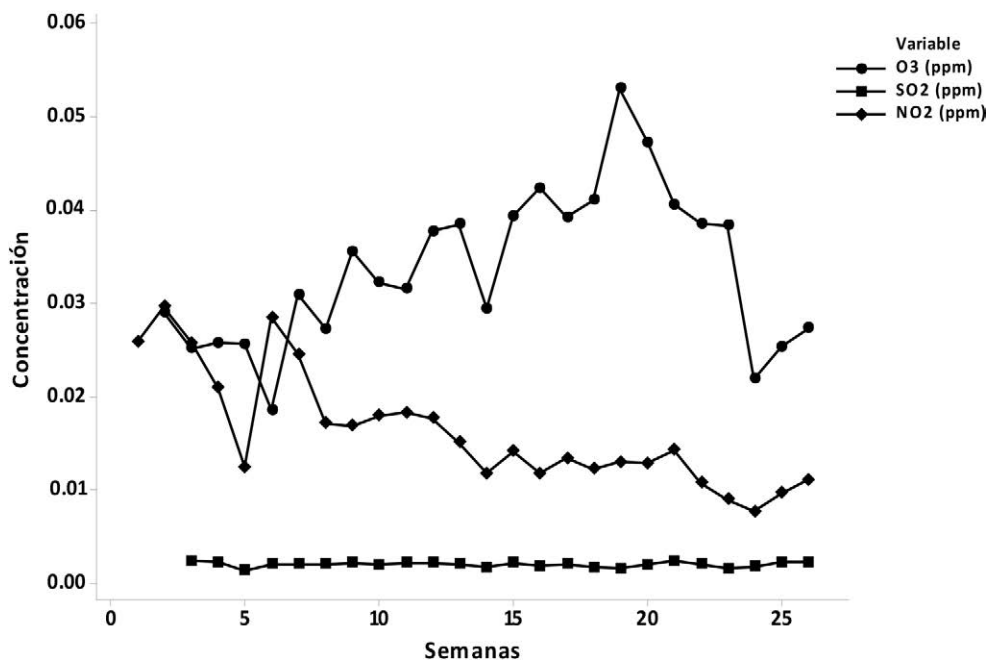


Figura 5. Comportamiento de contaminantes criterio durante enero-junio 2018.

Figure 5. Pollutant behavior criteria during January-June 2018.



La nueva visión de gestión de la calidad del aire en las ciudades debe plantearse como elemento central de la salud de la población, por encima de las consideraciones económicas y las medidas de mitigación basadas en los cálculos costo-beneficio. La rentabilidad de las actividades económicas, del transporte o de los costos de control y mitigación de la contaminación deberán pasar a segundo plano. Esta intención subyacente deberá reflejarse en las normas y sanciones correspondientes y no sólo permanecer en los discursos oficiales, ya que no puede haber imperativo económico que esté por encima de la salud de la población de una comunidad.

## 5. Conclusiones

El trabajo tuvo como objetivo presentar el caso de la insensibilidad existente en la población de la ciudad de Guadalajara, Jalisco, México, ante un riesgo real y grave: los impactos de la contaminación del aire. Los principales contaminantes que influyen significativamente en las IRAs en Guadalajara fueron el ozono, seguido del monóxido de carbono y, por último, las partículas menores a 10 micras.

Proponemos una interpretación crítica de la naturaleza de la política ambiental relacionada tanto con el nuevo contexto de la sociedad de riesgo como con las particularidades derivadas de su fundamentación teórica. Se establece que, con el nivel restringido de rigor del modelo estadístico utilizado, al menos por el “principio de precaución”, es necesario un giro en la política de contención de la contaminación y de prevención de las consecuencias de la exposición de la población a sustancias patógenas en el aire. En la actualidad, el problema de la contención de contaminación del aire y del abordaje de sus repercusiones en la salud social está ausente en la política ambiental en México y América Latina.

## 6. Ética y conflicto de interés

Las personas autoras declaran que han cumplido totalmente con todos los requisitos éticos y legales pertinentes, tanto durante el estudio como en la producción del manuscrito; que no hay conflictos de intereses de ningún tipo; que todas las fuentes financieras se mencionan completa y claramente en la sección de agradecimientos, y que están totalmente de acuerdo con la versión final editada del artículo.

## 7. Agradecimientos

Al Departamento de Economía del Centro Universitario de Ciencias Económico- Administrativas (CUCEA), a la Dirección General de Desarrollo Internacional de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y al Programa Delfín. Adicionalmente, a la *Revista* y las personas revisoras anónimas, las cuales con sus comentarios enriquecen el presente manuscrito.



## 8. Referencias

- Beck, U. (1998). *La sociedad del riesgo*. Hacia una nueva modernidad. Paidós.
- Boletín de la Academia Nacional de Medicina de México [ANMM]. (2015). La contaminación del aire y los problemas respiratorios. *Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM*, 58(5), 44-47. <http://www.scielo.org.mx/pdf/facmed/v58n5/2448-4865-facmed-58-05-00044.pdf>
- Buchanan, J. (1968). *The Demand and Supply of Public Goods*. Rand McNally.
- Carrasquilla, A. B., Chacón, A. R., Núñez, K. M., Gómez, O. E., Valverde, J., & Guerrero, M. B. (2016). Regresión lineal simple y múltiple: Aplicación en la predicción de variables naturales relacionadas con el crecimiento microalgal. *Tecnología en Marcha*, 33-45. <http://doi.org/10.18845/tm.v29i8.2983>
- Chonchol, J. (1998). Impacto de la globalización en las sociedades latinoamericanas: Qué hacer frente a ello? *Estudios Avanzados*, 12(34), 163-186. <https://doi.org/10.1590/S0103-40141998000300020>
- Costa, M. y López, E. (2008). *Educación para la salud. Guía práctica para promover estilos de vida saludables*. Pirámide.
- Downs, A. (1973). *Teoría económica de la democracia*. Aguilar.
- Gobierno de México. (2019). *Sistema Nacional de Información de Calidad del Aire [SINAICA]*. <https://sinaica.inecc.gob.mx/>
- Gómez, D. y Ortiz, V. (2015). *El bienestar subjetivo en América Latina*. UDG. <https://doi.org/10.2307/j.ctvjhzqvh.6>
- Green, J. y Sánchez, J. (2013). *Air quality in Latin America: An Overview*. Clean Air institute.
- Karimi, A., Shirmardi, M., Hadei, M., Birgani, Y. T., Neisi, A., Takdastan, A., & Goudarzi, G. (2019). Concentrations and health effects of short- and long-term exposure to PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub>, and O<sub>3</sub> in ambient air of Ahvaz city, Iran (2014–2017). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 542-548. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.05.026>
- Luhmann, N. (1992). *Sociología del riesgo*. Universidad Iberoamericana.
- Liotard, F. (1987). *La condición posmoderna*. Minuit.
- Martínez, J. (2002). *El ecologismo de los pobres. Conflictos ambientales y lenguajes de valoración*. Icaria.
- Organización Panamericana de la Salud [OPS]. (1992). *Infecciones respiratorias agudas en los niños: Tratamiento de casos en hospitales pequeños*. <https://iris.paho.org>





- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE]. (2012). *Environmental Outlook to 2050: The consequences of inaction*. <https://doi.org/10.1787/9789264122246-en>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE]. (2012). *Evaluaciones de la OCDE sobre el desempeño ambiental*. de <https://www.oecd.org/fr/env/examens-pays/EPR%20Highlights%20MEXICO%202013%20ESP.pdf>
- Paz, A. (2019). *Perú, Chile, México, Brasil y Colombia entre los 50 países con peor calidad del aire*. Mongabay Latam. <https://es.mongabay.com>
- Provencio, E. (2004). Política y gestión ambiental contemporánea en México. *Economía Informa*, 1(328), 1-20. <http://enpro.mx/publica/provencio-unam04.pdf>
- Regalado, J. (2015). *Salud ambiental en la zona metropolitana de Guadalajara: Imaginando futuros diferentes*. UDG.
- Searle, J. (1997). *La construcción de la realidad social*. Paidós.
- Sistema de Monitoreo Atmosférico de Jalisco [SIMAJ]. (2019). *Mapa del aire*. <http://siga.jalisco.gob.mx/aire2020/mapaf2019>
- Ubilla, C., & Yohannessen, K. (2017). Outdoor air pollution respiratory health effects in children. *Revista Médica Clínica las Condes*, 111-118. <https://doi.org/10.1016/j.rmcl.2016.12.003>
- Ureste, M. (2013). *México, 2º país de AL con más muertes por contaminación*. Animal Político. <https://animalpolitico.com>
- Van Deer, D. y Pierce, Ch. (1997). *The environmental ethis & policy book*. Wadsworth
- Vattimo, G. (1985). *El fin de la modernidad*. Gedisa.
- Venegas, A., Medina, M., & Castañeda, P. (2016). *La organización urbana de Guadalajara a partir de sus actividades económicas*. AMECIDER.
- Xie, S., Gu, A. Z., Cen, T., Li, D., & Chen, J. (2019). The effect and mechanism of urban fine particulate matter (PM<sub>2.5</sub>) on horizontal transfer of plasmid-mediated antimicrobial resistance genes. *Science of the Total Environment*, 116-123. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.115>

