

DISPOSICIÓN A PAGAR POR MEJORAR LA CALIDAD DEL AIRE EN IRAPUATO, GUANAJUATO, MÉXICO

Willingness to pay to improve air quality, in Irapuato, Guanajuato, Mexico

Cristian Alonso BARRAGÁN AVILÉS¹, Jonathan HERNÁNDEZ PÉREZ²
y Juan HERNÁNDEZ ORTIZ^{1*}

¹ División de Ciencias Económico Administrativas, Universidad Autónoma Chapingo, km 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, 56230 Texcoco, Estado de México, México.

² Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California, Carretera a Delta s/n, Ejido Nuevo León, 21705 Mexicali, Baja California, México.

*Autor para correspondencia: jhdzo@yahoo.com.mx

(Recibido: noviembre de 2024; aceptado: enero de 2025)

Palabras clave: valoración económica, valoración contingente, contaminación, calidad ambiental.

RESUMEN

La calidad del aire en el municipio de Irapuato, Guanajuato, México, es uno de los principales problemas de la entidad debido al incremento de la industria y de la población. El objetivo de la presente investigación fue determinar la disponibilidad a pagar (DAP) de los habitantes de Irapuato para mejorar la calidad ambiental. Se utilizó el método de valoración contingente con un modelo logit basado en datos de encuestas aplicadas a los habitantes. Se obtuvo una muestra de 100 con el método de muestreo aleatorio simple. Los resultados indican que la percepción del 90 % de los encuestados sobre la contaminación del aire varía de mala a muy mala, mientras que el 10 % restante percibe que la calidad del aire es buena o muy buena. La DAP promedio obtenida fue de 32.50 MXN mensuales por familia. A niveles más altos de escolaridad e ingresos, y si el encuestado ha presentado alguna enfermedad relacionada con la contaminación ambiental, la disposición a pagar una mejora en la calidad del aire fue mayor en 5.8, 8.7 y 12.8 %, respectivamente. Lo anterior sugiere involucrar a los habitantes en la búsqueda de posibles soluciones.

Key words: economic valuation, contingent valuation, pollution, environmental quality.

ABSTRACT

Air quality in the municipality of Irapuato, Guanajuato, Mexico, is one of the primary concerns of the state, largely due to the growth in industry and population. The objective of this research was to determine the willingness-to-pay (WTP) of Irapuato residents for improving environmental quality. The contingent valuation method was employed, utilizing a logit model based on data collected from surveys conducted among the inhabitants. A sample of 100 was obtained with the simple random sampling method. The results indicate that 90% of the respondents have a perception of air pollution as being between bad and very bad, while 10% perceive the air quality as good or very good. The average WTP obtained was 32.50 MXN per month per family. At higher levels of

education and income, as well as among respondents who have had any disease related to environmental pollution, the willingness to pay for an improvement in air quality increased by 5.8%, 8.7%, and 12.8%, respectively. The above suggests involving the residents in the search for possible solutions.

INTRODUCCIÓN

El rápido crecimiento de la población conduce al incremento en el consumo de recursos que contribuyen a la contaminación ambiental, principalmente emisiones vehiculares en zonas urbanas (Mor et al. 2022). Asimismo, las empresas, especialmente las industrias, son fuentes de contaminación, aumentan las emisiones de gases de efecto invernadero y generan impactos por el calentamiento global (Lin et al. 2021, Lin y Zhang 2023).

El desarrollo industrial ha deteriorado la calidad del aire con la emisión de contaminantes como dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), óxido de nitrógeno (NO_2), óxido de azufre (SO_2) y ozono (O_3), exponiendo a los seres humanos y la sociedad a peligros asociados a la salud, el trabajo, el estado de ánimo e incluso la capacidad cognitiva de los residentes (Jiang et al. 2023). La contaminación del aire reduce el bienestar subjetivo de las personas y afecta los medios de vida de los residentes (Mao et al. 2020); asimismo, provoca un exceso significativo de mortalidad y pérdida de esperanza de vida, sobre todo a través de enfermedades cardiovasculares (Lelieveld et al. 2020).

Además de los riesgos para la salud humana asociados con la inhalación de gases y partículas suspendidas, estos también causan daños al aumentar la corrosión acelerada y el deterioro de los materiales, daños a monumentos y edificios históricos, y daños a la vegetación dentro y alrededor de la ciudad (Vlachokostas et al. 2011).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS 2024) casi toda la población mundial (99 %) respira aire que excede los límites de las directrices, por ejemplo, 5 y 15 mg/m^3 anuales de partículas suspendidas de 2.5 y 10 micras de diámetro ($\text{PM}_{2.5}$ y PM_{10} , respectivamente), 10 mg/m^3 anuales de NO_2 , 40 mg/m^3 diarios de SO_2 y 4 mg/m^3 diarios de CO . Por ello, se deben aumentar los esfuerzos para disminuir los niveles de concentración de los agentes contaminantes que tiene un nivel prioritario para conservar la salud de la población y del ecosistema en general. Sin embargo, la contaminación ambiental continúa siendo una cuestión de importancia crítica para la sostenibilidad urbana y un

desafío importante para los gestores ambientales y las autoridades a nivel internacional (Vlachokostas et al. 2011).

La valoración económica de la calidad del aire permite estimar el valor de un bien que no tiene un mercado y ayuda en la elaboración de los objetivos de política ambiental; proporciona una base para que el público y el gobierno monitoreen, gestionen y controlen mejor la contaminación del aire. Por lo tanto, es necesario investigar las preferencias del público sobre mejorar la calidad del aire (Jiang et al. 2023). Además, permite llevar una contabilidad más precisa de los costos y beneficios ambientales de las políticas, pero esto rara vez se aplica en los países en desarrollo. Estos beneficios contribuyen al mantenimiento de los medios de vida y el bienestar (Kenter et al. 2011).

A nivel mundial, la contaminación del aire causa siete millones de muertes prematuras al año. Los costos en la salud de las personas y costos adicionales, como el equipo de protección, son temas emergentes que se están empezando a cuantificar (Yang et al. 2023, Fan 2024). En China, representa más del 15 % de los costos médicos y no médicos anuales de las principales enfermedades no transmisibles (Zhang y Chaaban 2013). Es decir, costos derivados de la inactividad física y la reducción del ejercicio al aire libre.

El municipio de Irapuato en el estado de Guanajuato, México, se encuentra ubicado en la zona conocida como corredor industrial de la República Mexicana, con un alto nivel de contaminación del aire. Ocupa el noveno lugar a nivel nacional en aporte de contaminantes totales debido a que se inserta dentro de la región industrial del bajío (IQAir 2024). Los principales contaminantes en la ciudad de Irapuato son O_3 , SO_2 , CO , NO_2 y PM_{10} , reportados por el Instituto de Planeación, Estadística y Geografía (IPEG 2020).

Los niveles de contaminación del municipio de Irapuato son semejantes a los de Celaya y Salamanca. En estas ciudades, los niveles de PM_{10} fueron de 7677.1, 8326.4 y 6931.7 t/año; los de CO , de 228 296.9, 225 310.0 y 227 143.2 t/año, y los de óxidos de nitrógeno (NO_x) fueron de 13 997.3, 13 875.5 y 14 456.6 t/año, respectivamente. Sin embargo, los

niveles de PM₁₀ y PM_{2.5} en León son similares a los de Irapuato, pero con una población casi tres veces mayor. Según el Instituto de Ecología del Estado (IEE 2013), la industria manufacturera es la que más contribuye a la contaminación del aire. En este rubro se encuentran la petroquímica y la generación de energía.

Se ha estudiado la valoración de los espacios recreativos y parques urbanos en la Ciudad de México (Flores-Xolocotzi et al. 2010, Flores-Xolocotzi 2019, Hernández-Valdivia et al. 2019) y de áreas verdes en Guadalajara (Sahagún-Sánchez et al. 2020). Sin embargo, se han hecho pocos estudios sobre la disposición de los habitantes de una ciudad muy contaminada a pagar para mejorar la calidad del aire. En el estado de Guanajuato, los estudios más parecidos se han realizado en León, relacionados con el manejo de residuos sólidos (Tagle-Zamora y Carrillo-González 2022) y la valoración del mejoramiento ambiental (Hernández-Ávila et al. 2018).

El objetivo del presente trabajo fue estimar la disponibilidad a pagar (DAP) de la población de Irapuato, Guanajuato, por mejorar la calidad del aire, empleando el método de valoración contingente (MVC) para generar información necesaria que permita obtener recursos, facilitar el financiamiento de proyectos para ese fin y contribuir al mejoramiento del ecosistema del municipio.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología empleada para la elaboración de esta investigación consistió en la utilización del método de valoración contingente (Ke et al. 2022), con el fin de obtener una estimación del valor económico de una mejora a la calidad del aire en Irapuato, Guanajuato. Para llevar a cabo la recolección de información, se elaboró un cuestionario y se aplicó a la población objetivo.

Área de estudio

El municipio de Irapuato, Guanajuato, se ubica entre los paralelos 20°51' y 20°30' N, y los meridianos 101°08' y 101°33' O, a una altitud de 1600 a 2400 msnm. Colinda al norte con los municipios de Romita, Silao y Guanajuato, al este con el municipio de Salamanca, al sur con los municipios de Salamanca, Pueblo Nuevo y Abasolo, y al oeste con los municipios de Abasolo y Romita (**Fig. 1**). Ocupa el 2.78 % de la superficie del estado y cuenta con 571 localidades de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI 2010).

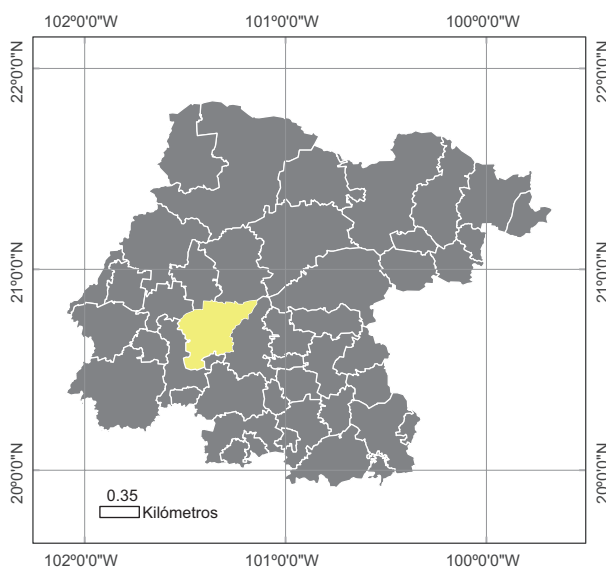


Fig. 1. Ubicación de Irapuato, Guanajuato, México.

Diseño de la muestra

De acuerdo con la encuesta intercensal del INEGI (2020), el municipio de Irapuato contaba con una población de 592 953 habitantes en 2020. La muestra se seleccionó mediante muestreo aleatorio simple (MAS) con la fórmula basada en Anderson et al. (2008) y Lind et al. (2012):

$$n = \pi(1 - \pi) \left(\frac{z}{E} \right)^2 \quad (1)$$

donde n es el tamaño de la muestra, z es el valor normal estándar correspondiente al nivel de confianza deseado, π es la proporción de la población (en este caso se consideró 0.5) y E es el máximo error tolerable. Se obtuvo una muestra de 100 individuos para entrevistar, estimada con un nivel de confianza del 95 % ($z = 1.96$) y un margen de error (E) de 9.8 %. Una vez determinado el tamaño de la muestra se aplicaron encuestas en zonas diferentes de la ciudad para evitar al máximo el sesgo. De acuerdo con Anderson et al. (2008), “Una muestra aleatoria simple de tamaño ‘ n ’ de una población finita de tamaño ‘ N ’ es una muestra seleccionada de manera que cada posible muestra de tamaño ‘ n ’ tenga la misma probabilidad de ser seleccionada”.

Cuestionario

Se diseñó un cuestionario basado en las referencias descritas por Perni et al. (2021), donde se toma en cuenta información sociodemográfica como edad del encuestado, sexo, escolaridad, estado civil,

CUADRO I. VARIABLES UTILIZADAS EN EL MODELO.

Código de la variable	Nombre completo	Cómo se midió	Signo esperado
Pi	Probabilidad de responder “sí” a la pregunta de disposición a pagar (DAP)	1: si el entrevistado responde positivamente a la pregunta DAP	
1-Pi	Probabilidad de responder “no”	0: si responde negativamente	
ENFER	Si ha presentado alguna enfermedad relacionada con la contaminación del aire	1: si el entrevistado o algún familiar ha presentado alguna enfermedad; y 0: si no han presentado alguna enfermedad	+
EDAD	Número de años cumplidos	Variable continua	+
ESCOLAR	Nivel de escolaridad	5: universidad; 4: carrera técnica; 3: preparatoria; 2: secundaria; 1: primaria; 0: ninguno	+
CIVIL	Estado civil	1: si es casado o en unión libre; 0: si es soltero	–
ING	Ingreso mensual percibido	4: > \$ 20,000; 3: \$15,000-\$20,000; 2: \$10,000-\$15,000; 1: \$5,000-\$10,000; y 0: < \$5,000.	+
DEPEN	Número de dependientes económicos	Variable continua	–
CUOTA	Precio hipotético a pagar asignado aleatoriamente, en pesos mexicanos.	\$20, \$25 y \$30	–

ocupación, ingreso y dependientes económicos. Se empleó el formato referéndum, que es el más utilizado en los estudios de valoración contingente (Tudela-Mamani et al. 2011). La aportación económica establecida en las encuestas fue de 20, 25 y 30 MXN, a partir de lo cual se planteó la siguiente pregunta: en caso de crearse un “fondo verde” que ayude a disminuir los niveles de contaminación ambiental, ¿estaría usted dispuesto a cooperar mensualmente con una cantidad x ? El cuestionario se aplicó de junio a agosto de 2023.

Para determinar las cantidades se platicó con algunos funcionarios del municipio y se hizo una prueba piloto considerando como referencia las cuotas que pagan mensualmente los residentes de Irapuato por la recolección de basura. Se buscó explorar la disposición de los habitantes a pagar alguna cantidad para mejorar la calidad ambiental, partiendo del supuesto de que la mayor cantidad de contaminación del aire no es generada por la población y cualquier monto, por mínimo que sea, resulta un excelente indicador para implementar alguna política de control de la contaminación.

En el formato de encuesta utilizado sólo se pregunta al encuestado si está dispuesto o no a pagar la cantidad propuesta. Si el encuestado responde que no, se registra y se pasa al vector de variables socioeconómicas. En esta investigación no se registraron

protestas, posiblemente hubieran podido registrarse en los casos en que se respondió “no”, sin embargo, no se profundizó en la búsqueda de una causa de esta respuesta.

Modelo econométrico

La probabilidad de una respuesta positiva con relación a una negativa se planteó a través del modelo econométrico logístico binomial. Al linealizar los parámetros con el logaritmo natural se obtiene la siguiente expresión:

$$\ln\left(\frac{P_i}{1-P_i}\right) = \beta_0 + \beta_1 ENFER + \beta_2 EDAD + \beta_3 ESCOLAR + \beta_4 CIVIL + \beta_5 ING + \beta_6 DEPEN + \beta_7 CUOTA \quad (2)$$

donde el modelo logístico binomial se estima por el método de máxima verosimilitud a través del programa Nlogit, con la finalidad de obtener los parámetros de las variables (**Cuadro I**).

Para calcular la DAP media se dividió la suma de los parámetros multiplicados por la media de los valores de cada variable (excepto el coeficiente y la media de la variable CUOTA) ($\sum \beta_{i-1} \bar{X}_{i-1}$) entre el coeficiente de CUOTA con signo negativo ($-\beta_7$) (Basili et al. 2006, Valdivia-Alcalá et al. 2011).

$$DAP = - \frac{\sum \beta_{i-1} \bar{X}_{i-1}}{\beta_7} \quad (3)$$

RESULTADOS

El total de encuestados fue de 100 personas, de las cuales el 53 % pertenece al sexo femenino, mientras que el 47 % restante es del sexo masculino. Respecto a la edad de los entrevistados, 22 % tiene entre 21 y 30 años, 38 % entre 31 y 40 años, y 25 % entre 41 y 50 años. Con relación a la escolaridad, el 50 % cuenta con estudios de preparatoria y carrera técnica. Respecto de la variable ingreso, el 44 % de la población manifiesta obtener ingresos de 10,001 a 15,000 MXN. El 90 % de los entrevistados considera que la calidad del aire es de mala a muy mala (**Cuadro II**).

En las pruebas individuales, la variable CUOTA fue significativamente diferente de cero a un nivel de significancia del 1 %, en tanto que las variables EDAD y ESCOLAR fueron significativas al 10 %. En la prueba global del modelo chi cuadrado fue significativamente menor al 1 %, es decir, se rechaza

la hipótesis nula (todos los parámetros estimados son iguales a cero), por lo tanto, al menos un parámetro fue significativamente diferente de cero (**Cuadro III**).

El coeficiente de determinación pseudo R cuadrado toma en cuenta las funciones de verosimilitud no restringida, que es de -47.6344, mientras que la restringida es de -63.4178, tal como se muestra:

$$\text{Pseudo } R \text{ cuadrado} = 1 - \frac{LnL}{LnL_r} = 1 - \frac{47.6344}{63.4178} = 0.2488 \quad (4)$$

Tomando en cuenta que se trata de un modelo de corte transversal y que en ciencias sociales es muy difícil predecir el comportamiento de los individuos (Wooldridge 2010), se concluye que el modelo tiene un buen nivel de ajuste.

Los efectos marginales muestran el cambio porcentual en la probabilidad de un cambio unitario en la variable explicativa. El signo que acompaña a dichos valores indica la dirección del efecto generado de cada variable. Para conocer dichos cambios se obtuvieron los respectivos antilogaritmos de los coeficientes de cada variable y, con la finalidad de realizar un análisis en términos porcentuales, se restó 1 del antilogaritmo y el resultado fue multiplicado por 100 (**Cuadro IV**).

La probabilidad de estar dispuesto a pagar es mayor en 12.08 % entre quienes han presentado alguna enfermedad relacionada con la calidad del aire respecto a los que no han presentado alguna enfermedad. Al aumentar un año en la edad, la probabilidad de aceptar la DAP disminuye en un 1.04 %. Cuando la escolaridad se incrementa en un nivel, la probabilidad de aceptar la DAP aumenta en un 5.87 %, mostrando así la relación directa entre la variable escolaridad y la DAP.

La probabilidad de aceptar la DAP es 45.95 % mayor en individuos casados respecto de los solteros. Cuando la variable ING (ingreso) aumenta en una unidad, la probabilidad de aceptar la DAP aumenta en 8.75 %. La variable DEPEND (dependientes económicos) muestra una relación inversa: cuando se incrementa un dependiente económico, la probabilidad de aceptar la DAP disminuye en 7.50 %. Por cada peso aumentado en la variable CUOTA, la probabilidad de que se acepte la cuota se reduce en un 3.95 %.

Las variables EDAD y DEPEND arrojaron un signo negativo, lo cual indica una relación inversa entre dichas variables y la DAP. Por su parte, las variables ENFER, ESCOLAR, CIVIL e ING muestran una relación directa con la probabilidad de respuesta positiva, ya que al aumentar en una unidad cualquiera de ellas, se genera aumento en la probabilidad de respuesta afirmativa (**Cuadro IV**). De manera

CUADRO II. PERFIL DE LOS ENCUESTADOS.

Variables	Criterio	(%)
Sexo	Femenino	53
	Masculino	47
Edad	Mayor a 61	4
	Entre 51 y 60	9
	Entre 41 y 50	25
	Entre 31 y 40	38
	Entre 21 y 30	22
	Menor de 20	2
Escolaridad	Ninguno	9
	Primaria	12
	Secundaria	14
	Preparatoria/carrera técnica	50
	Universidad	15
Ocupación	Agricultura y ganadería	19
	Agroindustrias	12
	Industrias de otro tipo	16
	Empleado	33
	Negocio propio	14
	Servicios	6
Ingreso	Menor de \$5,000	1
	Entre \$5,001 y \$10,000	11
	Entre \$10,001 y \$15,000	44
	Entre \$15,001 y \$20,000	36
	Mayor a \$20,001	8

CUADRO III. RESULTADOS DEL MODELO LOGIT.

Variable	Coefficiente de determinación	Error estándar	z	P[Z >z]
Constante	6.2738	2.182	2.875	0.004
ENFER	0.635	0.6449	0.985	0.3248
EDAD	-0.0548	0.03	-1.828	0.0676
ESCOLAR	0.2985	0.1861	1.604	0.1008
CIVIL	1.6662	1.1837	1.408	0.1593
ING	0.4386	0.3582	1.225	0.2208
DEPEN	-0.4079	0.3548	-1.15	0.2503
CUOTA	-0.2108	0.0531	-3.967	0.0001
Chi cuadrado	31.5667			
Pseudo R ²	0.2488			
Observaciones	100			

ENFER: si el encuestado ha presentado alguna enfermedad relacionada con la contaminación del aire; EDAD: número de años cumplidos; ESCOLAR: nivel de escolaridad; CIVIL: estado civil; ING: ingreso mensual; DEPEN: número de dependientes económicos; CUOTA: precio a pagar asignado aleatoriamente, en pesos mexicanos.

CUADRO IV. EFECTOS MARGINALES.

Variable	Efecto marginal	Porcentaje
ENFER	0.1280	12.800
EDAD	-0.0104	-1.043
ESCOLAR	0.0587	5.876
CIVIL	0.4595	45.956
ING	0.0875	8.750
DEPEN	-0.0750	-7.500
CUOTA	-0.0395	-3.952

ENFER: si el encuestado ha presentado alguna enfermedad relacionada con la contaminación del aire; EDAD: número de años cumplidos; ESCOLAR: nivel de escolaridad; CIVIL: estado civil; ING: ingreso mensual; DEPEN: número de dependientes económicos; CUOTA: precio a pagar asignado aleatoriamente, en pesos mexicanos.

general se observa la escasa sensibilidad ante cambios unitarios de las variables respecto a la probabilidad de pagar la cuota.

DISCUSIÓN

Los residentes de áreas urbanas, al estar más expuestos a riesgos a la salud, muestran una mayor disposición a pagar por mejoras en la calidad del aire (Tang y Zhang 2015). Las personas pueden padecer trastornos respiratorios relacionados con la contaminación del aire como asma, bronquitis crónica, sibilancias, tos, congestión en el pecho y cáncer (Hammit y Zhou 2006, Zamani et al. 2021).

La disposición a pagar aumenta con los ingresos y el nivel educativo, y disminuye con la edad, tal como lo sugieren Carlsson y Johansson-Stenman (2000) y Wang et al. (2006, 2015); es decir, las personas con mayores ingresos y niveles educativos más altos, considerando una edad menor de cuarenta años, se preocupan por las condiciones ambientales que pueden afectar su salud futura.

La presencia de enfermedades relacionadas con la contaminación del aire tiene efectos positivos en la probabilidad de pagar por mejorar la calidad ambiental. Las personas que están preocupadas por los riesgos a la salud asociados con la contaminación del aire tienen una DAP más alta (Guo et al. 2020) que aquellos que no presentan alguna enfermedad y aún no están informados de los efectos adversos a la salud. Esta falta de conocimiento sobre los efectos de la contaminación del aire puede contribuir a una menor disposición a pagar (Ghanem et al. 2023).

El número de dependientes económicos reduce la DAP, debido a que el mayor número de hijos o dependientes económicos equivale a mayor gasto; por lo tanto, hay menor disponibilidad de recursos para dedicarlos a mejorar la calidad del aire. Esto contrasta con los resultados encontrados con Ghanem et al. (2023), quienes afirman que tener hijos incrementa la DAP por una mejor calidad del aire, debido a que el padre o la madre están más preocupados por la salud de sus dependientes.

El ingreso promedio en Guanajuato de las personas en el rango de edad de 30 a 49 años es de 11 211.1 MXN mensuales para los hombres y 7466.6 MXN para las

mujeres. Según el nivel de escolaridad, el ingreso mensual promedio con preparatoria es de 9263 MXN mensuales para los hombres y 6155.6 MXN para las mujeres, según datos de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos en Hogares (INEGI 2022). El 44 % de los encuestados gana entre 10 000 y 15 000 MXN. Por lo anterior, se considera que, en promedio, la población de Irapuato con esos niveles de ingresos podría pagar por una mejora en la calidad del aire.

La DAP estimada es de 32.50 MXN mensuales por unidad familiar para el mejoramiento de la calidad ambiental. Considerando 121 028 viviendas habitadas en Irapuato, se podría obtener ingresos anuales de alrededor de 47 200 920 MXN de contribución para el mejoramiento de la calidad del aire, lo cual representa el doble del presupuesto de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT 2023) asignado en 2024 para el estado de Guanajuato.

Es necesaria la implementación de estrategias para mitigar la contaminación del aire, que vayan de la mano de los actores finales (ciudadanos, empresas y autoridades), de las fuentes de emisión (transporte, energía doméstica, industria, sector de generación de energía, agricultura y sector marítimo), y del contexto urbano y extraurbano (Sofia et al. 2020).

Hernández-Ávila et al. (2018) encontraron una DAP de 131.15 MXN anuales por habitante para mejorar la calidad ambiental en León Guanajuato, destinados a un fondo verde para mitigar la contaminación ambiental. Por su parte, Tagle-Zamora y Carrillo-González (2022) sugieren la implementación de una economía circular para avanzar en el cumplimiento de los objetivos del desarrollo sostenible.

A medida que más personas tomen conciencia del riesgo asociado con la contaminación del aire, más interesadas estarán en tomar medidas para mitigarlo. En consecuencia, esto mejoraría la participación comunitaria para la implementación exitosa de políticas públicas (Mor et al. 2022) y también podría aplicarse en Irapuato, Guanajuato.

El monitoreo del ambiente atmosférico es importante para evaluar la presencia de diferentes contaminantes y mejorar las regulaciones ambientales. Es necesario aumentar la comprensión pública de las estadísticas de calidad del aire, los resultados de las políticas y los impactos negativos de la contaminación para cumplir con los estándares de calidad. Las autoridades competentes podrían aumentar la conciencia pública a través de los medios de comunicación y diversos programas medioambientales, y de esta forma animar a los ciudadanos a reducir las emisiones contaminantes (Malik et al. 2022).

CONCLUSIONES

La valoración económica de la mejora en la calidad del aire indica qué parte de su ingreso está dispuesta a aportar la población para revertir los problemas de contaminación del aire en la ciudad y en el municipio de Irapuato; a su vez, y de manera indirecta, los efectos sobre la salud de la población. La población de Irapuato, Guanajuato, valora positivamente el mejoramiento de la calidad ambiental. Las variables que influyen positivamente en la DAP fueron escolaridad, nivel de ingresos y antecedentes de alguna enfermedad relacionada con la contaminación del aire.

El 90 % de la población encuestada manifiesta que la calidad del medio ambiente está deteriorándose y pone en riesgo la salud humana. Es evidente que la población conoce el problema medioambiental del municipio y está dispuesta a cooperar para mejorar la calidad del aire, por lo que sería pertinente implementar acciones para involucrar a los habitantes, a la industria y al gobierno en la búsqueda de posibles soluciones.

Lo anterior puede derivar en una fuente de financiamiento para programas de control y reducción de emisiones de contaminantes, y para fomentar la educación y cultura ambiental. Por ejemplo, tecnología e innovaciones en la recuperación de gases y el uso de energías limpias, así como la colaboración entre instituciones ambientales y educativas para informar sobre los costos y riesgos a la salud de la contaminación del aire.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de esta investigación agradecen a la Universidad Autónoma Chapingo y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

REFERENCIAS

- Anderson D.R., Sweeney D. J. y Williams T. A. (2008). Estadística para administración y economía. 10a ed. Cengage Learning Editores, Ciudad de México, México, 1056 pp.
- Basili M., Di Matteo M. y Ferrini S. (2006). Analysing demand for environmental quality: A willingness to pay/accept study in the province of Siena (Italy). *Waste Management* 26 (3), 209-219. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2004.12.027>
- Carlsson F. y Johansson-Stenman O. (2000). Willingness to pay for improved air quality in Sweden.

- Applied Economics 32 (6), 661-669. <https://doi.org/10.1080/000368400322273>
- Fan Y. (2024). Social cost of lifestyle adaptation: Air pollution and outdoor physical exercise. *Journal of Environmental Economics and Management* 127, 103042. <https://doi.org/10.1016/J.JEEM.2024.103042>
- Flores-Xolocotzi R., González-Guillén M.J. y de los Santos-Posadas H.M. (2010). Valoración económica del servicio recreativo del Parque Hundido de la Ciudad de México. *Región y Sociedad* 22 (47), 123-144. <https://doi.org/10.22198/rys.2010.47.a448>
- Flores-Xolocotzi R. (2019). Valoración de parques, árboles y plantas de ornato en Ciudad de México con datos de calidad de vida. *Región y Sociedad* 31, 1-27. <https://doi.org/10.22198/rys2019/31/1175>
- Ghanem S., Ferrini S. y Di Maria C. (2023). Air pollution and willingness to pay for health risk reductions in Egypt: A contingent valuation survey of Greater Cairo and Alexandria households. *World Development* 172, 106373. <https://doi.org/10.1016/J.WORLD-DEV.2023.106373>
- Guo D., Wang A. y Zhang A.T. (2020). Pollution exposure and willingness to pay for clean air in urban China. *Journal of Environmental Management* 261, 110174. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2020.110174>
- Hammit J. K. y Zhou Y. (2006). The economic value of air-pollution-related health risks in China: A contingent valuation study. *Environmental and Resource Economics* 33 (3), 399-423. <https://doi.org/10.1007/s10640-005-3606-0>
- Hernández-Ávila A., Valdivia-Alcalá R., Romo-Lozano J.L., Hernández-Ortiz J. y Cuevas-Alvarado C.M. (2018). Valoración económica para un mejoramiento ambiental en León, Guanajuato. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9 (1), 37-49. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i1.846>
- Hernández-Valdivia M.S., Valdivia-Alcalá R. y Hernández-Ortiz J. (2019). Valoración de servicios ambientales y recreativos del Bosque San Juan de Aragón, Ciudad de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 10 (54), 100-117. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i54.557>
- IEE (2013). Programa de gestión para mejorar la calidad del aire de Salamanca, Celaya e Irapuato 2013-2022. Instituto de Ecología del Estado [en línea]. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/796834/7_ProAire_Salamanca-Celaya-Irapuato.pdf 03/04/2024
- INEGI (2010). Compendio de información geográfica municipal 2010. Irapuato, Guanajuato. Instituto Nacional de Estadística y Geografía [en línea]. https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/11/11017.pdf 10/06/2024
- INEGI (2020). Censo de Población y Vivienda 2020. Irapuato. Instituto Nacional de Estadística y Geografía [en línea]. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#tabulados> 29/11/2024
- INEGI (2022). Presentación de resultados de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2022. Guanajuato. Instituto Nacional de Estadística y Geografía [en línea]. https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/enigh/nc/2022/doc/enigh2022_ns_presentacion_resultados_gto.pdf 25/07/2024
- IPEG (2020). Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial de Irapuato, Guanajuato. Instituto de Planeación, Estadística y Geografía [en línea]. https://iplaneg.guanajuato.gob.mx/seieg/wp-content/uploads/2022/05/20201005_PMDU-OET_Irapuato_VInt_1626107685.pdf 03/06/2024
- IQAir (2024). Calidad del aire en Irapuato. Índice de calidad del aire [en línea]. <https://www.iqair.com/mx/mexico/guanajuato/irapuato> 10/12/2024
- Jiang N., Ao C., Xu L., Wei Y. y Long Y. (2023). Will information interventions affect public preferences and willingness to pay for air quality improvement? An empirical study based on deliberative choice experiment. *Science of The Total Environment* 868, 161436. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2023.161436>
- Ke J., Cai K., Yuan W., Li J. y Song Q. (2022). Promoting solid waste management and disposal through contingent valuation method: A review. *Journal of Cleaner Production* 370 (1), 134696. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134696>
- Kenter J.O., Hyde T., Christie M. y Fazey I. (2011). The importance of deliberation in valuing ecosystem services in developing countries – Evidence from the Solomon Islands. *Global Environmental Change* 21 (2), 505-521. <https://doi.org/10.1016/J.GLOENV-CHA.2011.01.001>
- Lelieveld J., Pozzer A., Pöschl U., Fnais M., Haines A. y Münzel T. (2020). Loss of life expectancy from air pollution compared to other risk factors: A worldwide perspective. *Cardiovascular Research* 116 (11), 1910-1917. <https://doi.org/10.1093/CVR/CVAA025>
- Lin B. y Zhang A. (2023). Can government environmental regulation promote low-carbon development in heavy polluting industries? Evidence from China's new environmental protection law. *Environmental Impact Assessment Review* 99, 106991. <https://doi.org/10.1016/J.EIAR.2022.106991>
- Lin Y., Huang R. y Yao X. (2021). Air pollution and environmental information disclosure: An empirical study based on heavy polluting industries. *Journal of Cleaner Production* 278, 124313. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.124313>

- Lind D.A., Marchal W.G. y Wathen S.A. (2012). *Estadística aplicada a los negocios y la economía*. 15a ed. McGraw-Hill, Ciudad de México, México, 856 pp.
- Malik S., Arshad M.Z., Amjad Z. y Bokhari A. (2022). An empirical estimation of determining factors influencing public willingness to pay for better air quality. *Journal of Cleaner Production* 372, 133574. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2022.133574>
- Mao B., Ao C., Cheng Y., Jiang N. y Xu L. (2020). Exploring the role of public risk perceptions on preferences for air quality improvement policies: An integrated choice and latent variable approach. *Journal of Cleaner Production* 269, 122379. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.122379>
- Mor S., Parihar P. y Ravindra K. (2022). Community perception about air pollution, willingness to pay and awareness about health risks in Chandigarh, India. *Environmental Challenges* 9, 100656. <https://doi.org/10.1016/J.ENV.2022.100656>
- OMS (2024). Air pollution. Organización Mundial de la Salud [en línea]. https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1 01/11/2024
- Perni Á., Barreiro-Hurlé J. y Martínez-Paz J.M. (2021). Contingent valuation estimates for environmental goods: Validity and reliability. *Ecological Economics* 189, 107144. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107144>
- Sahagún-Sánchez F.J., Aceves-Sánchez J., Sánchez-Romero E. y Plazola-Zamora L. (2020). Valoración de los servicios ecosistémicos en áreas verdes. El caso del Parque Metropolitano de Guadalajara, México. *Acta Universitaria* 30, e2635. <http://doi.org/10.15174/au.2020.2635>
- SEMARNAT (2023). Calendario mensual de presupuesto 2024. Sector medio ambiente y recursos naturales. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México. Diario Oficial de la Federación, 15 de diciembre.
- Sofia D., Gioiella F., Lotrecchiano N. y Giuliano A. (2020). Mitigation strategies for reducing air pollution. *Environmental Science and Pollution Research* 27 (16), 19226-19235. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08647-x>
- Tagle-Zamora D. y Carrillo-González G. (2022). Gestión de residuos sólidos en León, Guanajuato: indicios de economía circular y de los objetivos del desarrollo sostenible. *Región y Sociedad* 34 (1583), 1-27. <https://doi.org/10.22198/rys2022/34/1583>
- Tang C. y Zhang Y. (2015). Using discrete choice experiments to value preferences for air quality improvement: the case of curbing haze in urban China. *Journal of Environmental Planning and Management* 59 (8), 1473-1494. <https://doi.org/10.1080/09640568.2015.1079518>
- Tudela-Mamani W.J., Martínez-Damián M.Á., Valdivia-Alcalá R., Romo-Lozano J.L., Portillo-Vázquez M. y Rangel-González R.V. (2011). Valoración económica de los beneficios de un programa de recuperación y conservación en el Parque Nacional Molino de Flores, México. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 17 (2), 231-244.
- Valdivia-Alcalá R., García-Avalos E., López-Santiago M.A., Hernández-Ortiz J. y Rojano-Aguilar A. (2011). Valoración económica por la rehabilitación del río Axtla, S.L.P. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 17 (3), 333-342.
- Vlachokostas C., Achillas C., Moussiopoulos N., y Banias G. (2011). Multicriteria methodological approach to manage urban air pollution. *Atmospheric Environment* 45 (25), 4160-4169. <https://doi.org/10.1016/J.ATMOSENV.2011.05.020>
- Wang K., Wu J., Wang R., Yang Y., Chen R., Maddock J.E. y Lu Y. (2015). Analysis of residents' willingness to pay to reduce air pollution to improve children's health in community and hospital settings in Shanghai, China. *Science of The Total Environment* 533, 283-289. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2015.06.140>
- Wang X.J., Zhang W., Li Y., Yang K.Z. y Bai M. (2006). Air quality improvement estimation and assessment using contingent valuation method, a case study in Beijing. *Environmental Monitoring and Assessment* 120 (1-3), 153-168. <https://doi.org/10.1007/s10661-005-9054-z>
- Wooldridge J. (2010). *Introducción a la econometría: un enfoque moderno*. 4ª ed. Cengage Learning, Ciudad de México, México, 865 pp.
- Yang W., Wang J., Zhang K. y Hao Y. (2023). A novel air pollution forecasting, health effects, and economic cost assessment system for environmental management: From a new perspective of the district-level. *Journal of Cleaner Production* 417, 138027. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2023.138027>
- Zamani O., Azadi H., Mortazavi S.A., Balali H., Moghaddam S.M. y Jurik L. (2021). The impact of water-pricing policies on water productivity: Evidence of agriculture sector in Iran. *Agricultural Water Management* 245, 106548. <https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2020.106548>
- Zhang J. y Chaaban J. (2013). The economic cost of physical inactivity in China. *Preventive Medicine* 56 (1), 75-78. <https://doi.org/10.1016/J.YPMED.2012.11.010>