


Estrategias de educación ambiental sobre calidad del aire y salud en entornos escolares y medios digitales


Yazmin Guadalupe Hernández-García

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

 0000-0003-4127-5492


Felipe Adrián Vázquez-Gálvez

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

 0000-0003-0282-8023


Eli Rafael Pérez-Ruíz

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

 0000-0003-4954-0238

Edith Flores-Tavizon

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

 0000-0002-9450-6453

Recibido: 21 de Agosto de 2025 | *Aceptado:* 22 de Septiembre de 2025 | *Publicado en línea:* 29 de Septiembre de 2025 |

Resumen: La calidad del aire se ha convertido en un desafío prioritario de salud pública y justicia social, con impactos directos en poblaciones vulnerables. Este estudio analizó los efectos de estrategias de educación ambiental enfocadas en la calidad del aire, combinando intervenciones escolares y campañas digitales. Se implementaron talleres en una primaria y dos preparatorias de Ciudad Juárez, con actividades diferenciadas según el nivel educativo: dinámicas lúdicas y gamificación para niños, y seminarios interactivos con enfoque crítico para jóvenes. Además, se desarrollaron dos campañas en Facebook con materiales informativos e interactivos dirigidos al público general. Los resultados en primaria mostraron mejoras modestas en conocimientos conceptuales, pero un aumento significativo en la identificación de acciones personales de mitigación. En preparatoria, se observaron avances en el reconocimiento de contaminantes y mayor autoconciencia sobre la importancia de la calidad del aire. En conjunto, los hallazgos confirman que la educación ambiental, cuando integra espacios formales e informales, favorece aprendizajes significativos y puede contribuir a cerrar la brecha entre conocimiento, conciencia y acción ambiental en la comunidad.

Palabras clave: calidad del aire; educación ambiental; salud; talleres escolares; campañas digitales.

Title: *Strategies for Environmental Education on Air Quality and Health in Educational Settings and Digital Communication Platforms.*

Abstract: Air quality has become a priority challenge for public health and social justice, with direct impacts on vulnerable populations. This study analyzed the effects of environmental education strategies focused on air quality, combining school interventions and digital campaigns. Workshops were implemented in one elementary school and two high schools in Ciudad Juárez, with activities differentiated by educational level: playful dynamics and gamification for children, and interactive seminars with a critical approach for young people. In addition, two Facebook campaigns were developed with informational and interactive materials aimed at the general public. The results in elementary school showed modest improvements in conceptual knowledge but a significant increase in the identification of personal mitigation actions. In high school, advances were observed in the recognition of pollutants and greater self-awareness about the importance of air quality. Overall, the findings confirm that environmental education, when it integrates both formal and informal spaces, fosters meaningful learning and can contribute to bridging the gap between knowledge, awareness, and environmental action within the community.

Keywords: air quality; environmental education; health; school workshops; digital campaigns.

Cómo citar:

Hernández-García, Y. G., Vázquez-Gálvez, F. A., Pérez-Ruíz, E. R., & Flores-Tavizon, E. (2025). Estrategias de educación ambiental sobre calidad del aire y salud en entornos escolares y medios digitales. *Revista Multidisciplinaria de Ciencia Básica, Humanidades, Arte y Educación*, 3(14), 28-39. DOI 10.5281/zenodo.17220878 [[.RIS](#)]

© Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional.

Introducción

La calidad del aire se ha consolidado como uno de los principales retos ambientales y de salud pública en las últimas décadas. El derecho a un ambiente limpio, saludable y sostenible se reconoce como un asunto de justicia social (ONU, 2021; SEMARNAT, 2021).

La contaminación atmosférica se define como la presencia de compuestos químicos, partículas sólidas y líquidas en suspensión y gases tóxicos en concentraciones que exceden los niveles naturales de la atmósfera y que pueden resultar nocivos para los seres vivos y ecosistemas (NIH, 2023). Entre los contaminantes más relevantes se encuentran los denominados contaminantes criterio que cuentan con un límite máximo permisible (LMP) de concentración en el aire. Estos incluyen el ozono (O₃), el dióxido de azufre (SO₂), el monóxido de carbono (CO), el dióxido de nitrógeno (NO₂), las partículas en suspensión (PM₁₀ y PM_{2.5}) y el plomo (Pb) (DOF, 2024).

En México, la situación es crítica. En Ciudad Juárez, los indicadores muestran un deterioro acelerado. De acuerdo con el Informe Nacional de Calidad del Aire (INECC, 2025), en el 2022, el LMP para PM₁₀ fue rebasado en el 88% de las veces, mientras que el PM_{2.5} lo fue en 54% de las ocasiones. En el caso del O₃, se superaron los límites normativos en 10 % de los días del año, tanto en promedios horarios como móviles de ocho horas. El dato más preocupante es el incremento en el número de días con al menos un contaminante fuera de norma por encima del LMP con un aumento de 58 en 2019 a 322 en 2022, lo que evidencia un deterioro grave con implicaciones directas para la salud pública.

Más allá de los indicadores técnicos y los informes especializados, la población requiere un enfoque informativo que combine educación y comunicación, no solo para informar, sino para empoderar a la ciudadanía con herramientas críticas que le permitan comprender, evaluar y actuar frente a los riesgos ambientales. En este sentido, la educomunicación ambiental emerge como un enfoque estratégico, que integra elementos de la educación ambiental y de la comunicación pública para favorecer procesos de alfabetización científica y ambiental más profundos (González *et al.*, 2024; Maldonado, 2010). Está no se limita a transmitir mensajes sobre el medio ambiente, sino a formar una ciudadanía capaz de interpretar críticamente la información, discernir fuentes fiables y participar activamente en la defensa de un entorno saludable (González *et al.*, 2024).

Una de las áreas con mayor potencial se encuentra en la educación dirigida a niños y jóvenes, quienes son especialmente vulnerables a los efectos de la

contaminación. La incorporación de contenidos sobre calidad del aire en el currículo escolar y en programas de divulgación pueden generar cambios sostenidos en el tiempo, al fomentar la adquisición de conocimientos, así como el desarrollo de actitudes y prácticas responsables. Más allá de los indicadores técnicos y los informes especializados, la población requiere un enfoque informativo que combine educación y comunicación para informar y para empoderar a la ciudadanía con herramientas críticas que le permitan comprender, evaluar y actuar frente a los riesgos ambientales.

En América Latina, revisiones recientes sobre educación ambiental y climática han mostrado que, aunque las intervenciones generan mejoras en conocimientos y actitudes, persiste la falta de estudios que documenten cambios de comportamiento o impactos sostenidos en el tiempo (Medina-Arboleda & Páramo, 2024; Wetering *et al.*, 2022). El estudio realizado por Ardoin & Bowers (2020), mostró que la mayoría de los estudios realizados se enfocan en niños de entre 3 y 6 años, y son dirigidos por los docentes en contextos formales como las escuelas. Se resalta que en América Latina y África se carece de investigaciones de este tipo, así como proyectos dirigidos a menores de 2 años y mayores de 7.

En México, a pesar de los avances en estos programas de educación ambiental (Maldonado, 2010), la calidad del aire ha recibido una atención limitada dentro de las estrategias educativas. Un ejemplo es el Programa de Banderines Escolares de Calidad del Aire, que fue implementado en escuelas primarias públicas de la Ciudad de México con la intención de educar de acuerdo con lo planteado por la NOM-172-SEMARNAT-2023 (SEDEMA, 2025).

En este sentido, la educación ambiental continúa mostrando debilidades en su cobertura y sistematización, por lo que es necesario explorar la posibilidad de integrarla de manera transversal en todos los niveles educativos (Ardoin & Bowers, 2020; Hernández & Barradas, 2024). Resulta evidente la necesidad de generar y evaluar estrategias educativas enfocadas en la calidad del aire que integren tanto la educación formal en escuelas como campañas digitales de alcance comunitario, especialmente en regiones del norte de México donde esta problemática ha sido poco documentada.

Es por lo anterior que el objetivo de este estudio fue analizar los efectos de la implementación de estrategias de educación ambiental centradas en la calidad del aire y sus implicaciones en la salud, dirigidas a estudiantes de nivel básico y medio superior, así como al público general a través de medios digitales.

Metodología

Diseño general del estudio

Este estudio se desarrolló bajo un enfoque descriptivo-aplicado, con un diseño metodológico mixto. Las estrategias se desplegaron en dos grandes ejes de intervención: a) talleres presenciales en entornos escolares, y b) dos campañas digitales de divulgación ambiental a través de medios sociales.

La intervención escolar se llevó a cabo en una escuela de nivel básico (primaria) y dos de medio superior (preparatoria), seleccionadas mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, considerando criterios de accesibilidad, disponibilidad institucional, cobertura territorial y disposición del personal docente. Con base en el perfil cognitivo de cada grupo etario, se diseñaron estrategias diferenciadas de enseñanza-aprendizaje.

El taller implementado en primarias estuvo compuesto por 12 módulos que abordaron temas como: fuentes de contaminación del aire, contaminantes criterio, efectos en la salud infantil, monitoreo ambiental, hábitos de mitigación y acciones comunitarias. Como herramienta pedagógica central, se diseñó un cuadernillo individual, que incluía actividades orientadas a "misiones" ambientales asociadas a una narrativa ficticia con personajes denominados villanos del aire, lo cual permitió integrar elementos de gamificación y aprendizaje basado en retos.

Para el nivel preparatoria, la intervención consistió en talleres en formato de seminarios interactivos, con actividades centradas en el análisis de casos, discusión guiada, diagnóstico del conocimiento previo y propuestas de acción estudiantil. Los contenidos se enfocaron en la contaminación atmosférica local, la calidad del aire según las Normas Oficiales Mexicanas, y la salud ambiental desde un enfoque de justicia climática.

Evaluación a nivel primaria

Se aplicaron encuestas diagnóstica y de evaluación a 113 estudiantes de primaria mediante un esquema pretest-postest con grupos independientes. Se consideró 5 preguntas de opción múltiple, con una única respuesta correcta, que incluyeron cinco ejes temáticos: 1) concepto de contaminación del aire, 2) fuentes de contaminación, 3) Índice calidad de aire y salud, 4) salud y cuidado y, 5) acciones personales para mejorar la calidad del aire.

Para la valoración cuantitativa del aprendizaje se construyó un índice individual de aciertos, el cual es definido como la proporción de respuestas obtenidas respecto al total de reactivos contestados, excluyendo los registros de "No respondió" del denominador. Debido a la ausencia de normalidad en los datos (prueba Shapiro-Wilk), las comparaciones se realizaron mediante la prueba de *Man-Whitney* y *Cliff's delta* como medida para evaluar la magnitud del efecto.

En el caso de la pregunta ¿Qué acción ayuda a mejorar la calidad del aire?, al mantenerse una redacción idéntica en pre y post test, se aplicó un análisis de chi-cuadrado (χ^2) (2 x2). Las proporciones se informaron con *IC95% de Wilson*.

Nivel medio superior

En preparatoria se utilizó un diseño cuasi-experimental de tipo pre y post test con grupos independientes, aplicado a 126 estudiantes. El instrumento aplicado incluyó 10 preguntas de opción única y de opción múltiple orientadas a explorar: 1) la comprensión del concepto de calidad del aire, 2) la identificación de contaminantes atmosféricos, 3) el reconocimiento de las principales fuentes de contaminación, 4) los efectos percibidos en la salud, 5) la percepción de la contaminación en la comunidad, 6) la autopercepción del conocimiento sobre la temática y, 7) la importancia atribuida al aire limpio para la salud.

Para las preguntas de opción única, se comparó los grupos mediante graficas de barras agrupadas. Mientras que en las preguntas de respuesta múltiple se calcularon cambios en puntos porcentuales. En ambos casos, se realizaron pruebas de chi-cuadrada y medidas de tamaño del efecto (V de Cremér), con el fin de evaluar la significancia y la magnitud de los cambios observados.

Estrategia de divulgación en medios digitales

Como complemento a la intervención escolar, se diseñó y ejecutó una campaña digital de educación ambiental a través de la cuenta oficial de Facebook del Centro de Ciencias Atmosféricas y Tecnologías Verdes (CECATEV). La campaña fue dividida en dos etapas, una durante el 2024 y otra en el 2025, y consistió en la publicación de materiales informativos, infografías y contenidos educativos visuales relacionados con la calidad del aire, dirigidos al público general.

Los contenidos digitales fueron organizados en cuatro ejes temáticos: 1) Contaminantes criterio, 2) Normativa

ambiental vigente, 3) Efectos a la salud y 4) Acciones preventivas y de mitigación

El desempeño de la campaña fue monitoreado mediante métricas de interacción proporcionadas por Meta Business Suite.

Como parte del proceso se realizó el cálculo de las métricas totales, definido como lo indica la ecuación 1.

$$\text{Tasa de interacciones (\%)} = \frac{\text{Reacciones} + \text{comentario} + \text{compartidos} + \text{guardados}}{\text{Alcance o visualizaciones}} \times 100$$

El análisis se realizó la prueba Kruskal-Wallis, debido a la ausencia de normalidad (pruebas de Sahapiro-Wilk y la homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene) tanto para la tasa de interacción como para el número de visualizaciones, considerando la campaña como variable independiente. Para la distribución etaria se aplicó una prueba de Chi-cuadrado de homogeneidad para evaluar las diferencias entre la composición de la audiencia y las campañas. Asimismo, se calculó el estadístico V de Cramér como medida del tamaño del efecto. Para explorar las diferencias en la tasa de interacciones entre los tipos de material y ejes temáticos se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis, y en los casos donde se detectó diferencias significativas se aplicó la prueba post-hoc de Dunn. Además, se estimó el tamaño del efecto como medida complementaria de la magnitud de las diferencias.

Resultados

Taller en primaria

Durante el taller participaron 113 infantes, el 44.2% de 10 años, el 28.3% de 11 años y el 25.7% de 9 años, con un pequeño porcentaje de de 8 y 12 años.

El índice individual de aciertos mostró una mejora moderada (Figura 1), con aprendizaje generalizado, aunque se observa una ligera superposición en la zona media, indicando desempeños intermedios entre 0.5 y 0.7) (Figura 2).

Fig. 1. Índice individual de aciertos por grupo antes y después del taller.

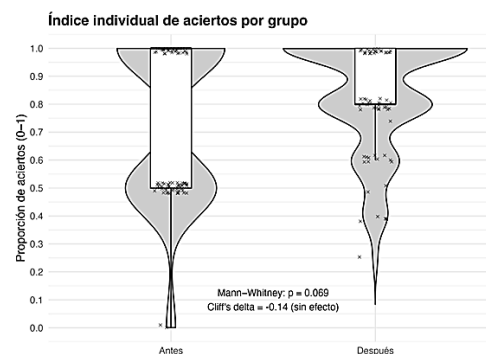
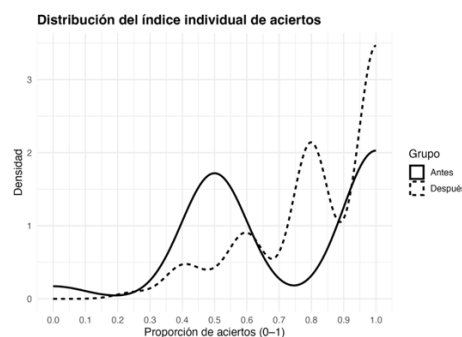


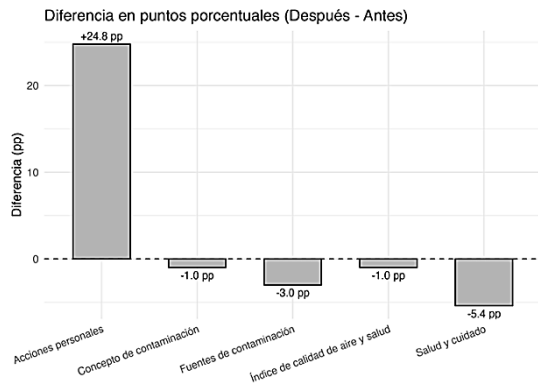
Fig. 2. Distribución del índice individual de aciertos antes y después de la intervención.



La prueba no paramétrica de *Mann-Whitney* no mostró significancia estadística ($U = 3942$, $p = 0.069$), y la magnitud del efecto estimado de *Cliff's delta* fue de -0.14 , clasificada como “sin efecto”. Si bien se observó una ligera mejoría en la distribución de aciertos después de la intervención, la diferencia individual entre ambos grupos no fue lo suficientemente robusta para considerarse significativa estadísticamente.

En la comparación por temas, los resultados fueron heterogéneos (Figura 3). En el concepto de contaminación se mantuvo sin cambio (93.8% vs 92.8%). En fuentes de contaminación e índice de calidad de aire y salud, se observaron ligeras disminuciones (-3.0 y -1.0, respectivamente). En el caso de salud y cuidado, el nivel de aciertos descendió de 98.2% a 92.8%, lo cual puede atribuirse a la redacción y estructura de las preguntas, donde los distractores en las respuestas de opción múltiple pudieron generar confusión en los alumnos. Por el contrario, en el tema de acciones personales se registró un aumento sustancial, pasando de 53.5% a 78.3%, equivalente a +24.8 puntos porcentuales.

Fig. 3. Diferencia en puntos porcentuales de respuestas correctas por tema tras la intervención educativa (Después - Antes).

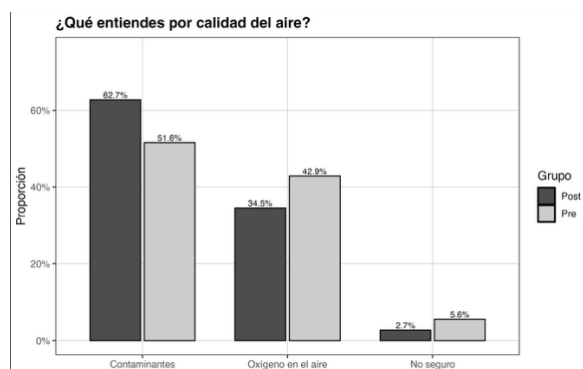


En el análisis de la pregunta centrada en las acciones personales para mejorar la calidad del aire la prueba de chi-cuadrado confirmó diferencia significativa entre ambos grupos ($\chi^2(1) = 12.95; p < 0.001$). Los IC95% de Wilson respaldaron el resultado mostrando que la proporción de aciertos del grupo después se ubicó consistentemente en un rango más alto respecto al grupo antes. Esto sugiere que los estudiantes no solo internalizaron información conceptual, sino que también desarrollaron una mayor claridad sobre conductas prácticas para enfrentar la problemática ambiental, un aspecto clave en la educación para la sustentabilidad.

Taller en preparatoria

Los resultados muestran que el taller generó cambios relevantes en las percepciones y conocimientos. En la concepción de la calidad del aire, la prueba global no alcanzó significancia estadística (p ajustada = 0.18), sin embargo, se observa una tendencia a una mejor comprensión del concepto (Figura 4).

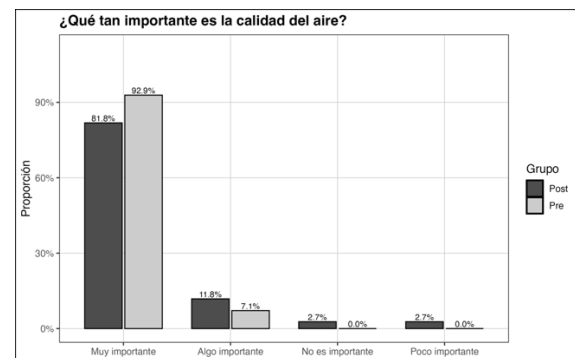
Fig. 4. Respuestas a la pregunta “¿Qué entiendes por calidad del aire?” antes y después de la intervención.



Con respecto al cuestionamiento sobre la importancia de la calidad del aire para la salud, en ambas encuestas se

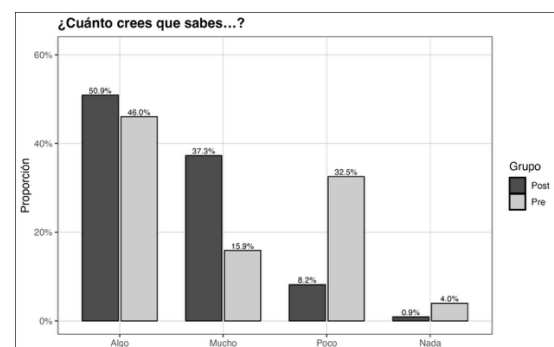
registró que los participantes lo consideran como muy importante, teniendo un ligero incremento posterior al taller. El análisis mostró un cambio estadísticamente significativo, pero con un tamaño de efecto pequeño, lo que sugiere una valoración estable y alta, aunque con una ligera distribución hacia categorías intermedias (Figura 5).

Fig. 5. Percepción de la importancia de la calidad del aire antes y después de la intervención



Por otro lado, en la autoevaluación del conocimiento sobre el tema, se observa que las opciones de “algo” y “mucho” fueron las mejor puntuadas. Cabe resaltar que después del taller, los alumnos encuestados fueron más conscientes del bajo nivel de comprensión del tema (Figura 6).

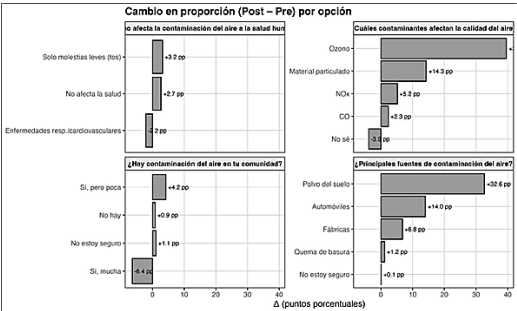
Fig. 6. Percepción de conocimiento sobre calidad del aire antes y después de la intervención.



En un análisis de diferencias de proporciones, se mostró que, tras el taller, hubo un ligero aumento en la proporción de personas que creen que la contaminación causa molestias leves como la tos. En el caso del reconocimiento de contaminantes se observó un aprendizaje en la capacidad de reconocer contaminantes específicos, mostrando aumentos en la identificación de contaminantes como O_3 , diferencia que resultó

estadísticamente significativa ($p < 0.001$). En la percepción de contaminación en la comunidad, se los encuestados piensan que hay “poca contaminación” en su comunidad. Por último, sobre la identificación de las fuentes de contaminación, se identificó el “polvo en suelo” como la principal contribución (Figura 7).

Fig. 7. Cambios en las proporciones de respuestas (Post – Pre) por ítem.



Los resultados de percepción posteriores al taller confirman tanto la eficacia en el aprendizaje recibido (Figura 8) (autoevaluación del conocimiento), como la aceptación general de la información (Figura 9). Esto respalda la idea de replicar este tipo de eventos en otros contextos educativos.

Fig. 8. Autoevaluación del conocimiento después de la intervención.

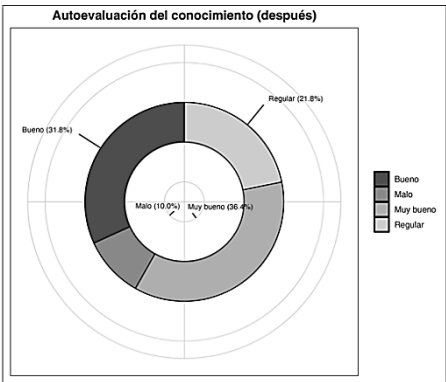
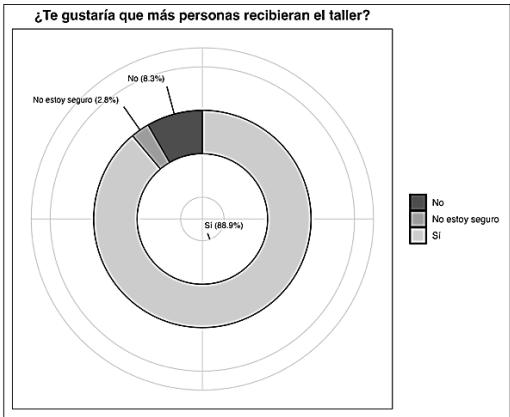


Fig. 9. Opinión sobre si más personas debieran recibir el taller.



Campaña digital

Durante las campañas en redes sociales se realizaron 36 publicaciones (Tabla 1). En promedio se presentaron 440.5 visualizaciones, con un máximo de 2,707 para la infografía titulada “Calidad de Aire y salud: Color verde” y un mínimo de 61 para el vídeo “¿Qué son las estaciones de monitoreo de la calidad del aire?” Esto refleja que la audiencia responde mejor a temas coyunturales y de interés directo en la salud, mientras que los mensajes técnicos o generales suelen ser menos atractivos.

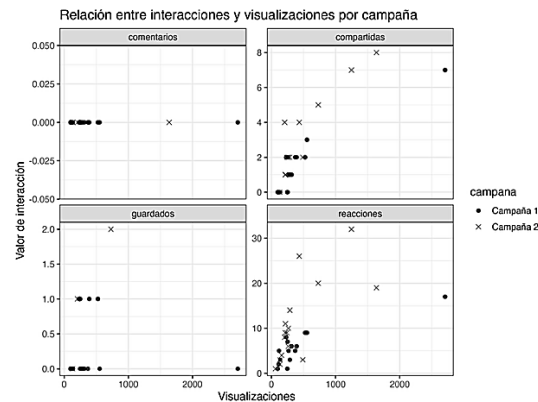
Tabla 1. Relación de productos generados durante las campañas en Facebook

TIPO	Cantidad
Período Septiembre a noviembre 2024	
Infografías	15
Período Febrero a mayo 2025	
Infografías	5
Imágenes	10
Encuestas	2
Videos	3
Trivias	1

Las reacciones fueron la forma de interacción más frecuente, seguidas por compartidas; comentarios y guardados fueron marginales. Este patrón se observó con

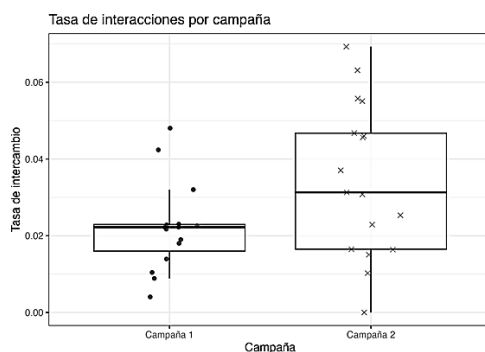
mayor intensidad durante la campaña 2, en donde se concentraron publicaciones con un volumen alto de reacciones en rangos intermedios de visualización. (Figura 10).

Fig. 10. Relación entre el número de visualizaciones y las distintas formas de interacción durante las dos campañas digitales.



No se identificó diferencias estadísticamente significativas entre la campaña 1 y la campaña 2 (Kruskal-Wallis, $\chi^2(1) = 3.35$, $p = 0.067$). No obstante, en la evaluación de los valores descriptivos se evidenció una tendencia hacia el incremento durante la campaña 2 (Figura 11). En el caso de las visualizaciones, no hubo diferencias estadísticamente significativas entre ambas campañas (Kruskal-Wallis, $\chi^2(1) = 0.205$, $p = 0.65$). Esto sugiere que el alcance promedio de las publicaciones fue similar en las dos intervenciones, pero con un incremento en la campaña 2 para convertir las visualizaciones en interacciones.

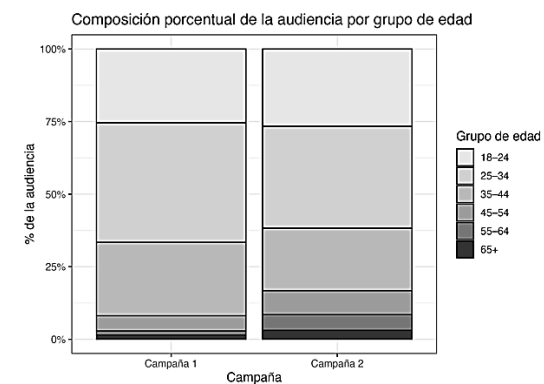
Fig. 11. Distribución de la tasa de interacciones por publicación en las dos campañas.



Las publicaciones tuvieron una audiencia que se concentró en el grupo de 25-34 años. La campaña 2 logró

ampliar el alcance hacia el grupo de edad de 45-54 años (Figura 12). La prueba de chi-cuadrado mostró diferencias significativas ($\chi^2(5) = 295.84$, $p < 0.001$), con un tamaño de efecto de magnitud pequeño (V de Cramér = 0.15), lo que sugiere una asociación pequeña, pero relevante en términos prácticos. Esto sugiere que la campaña tuvo un alcance más efectivo en la población joven-adulta, lo cual debe considerarse al diseñar estrategias de comunicación digital, ya que son estos grupos quienes interactúan con mayor frecuencia con los contenidos.

Fig. 12. Distribución de edades de los usuarios alcanzados en cada campaña.

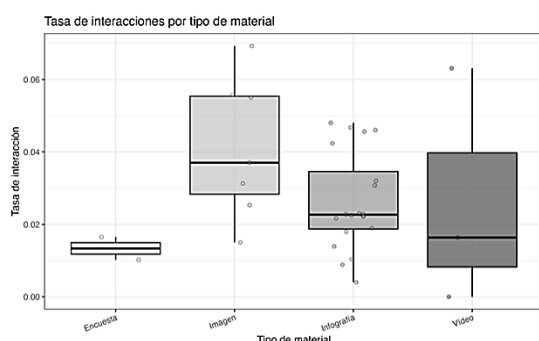


La relación entre seguidores (67%) y no seguidores muestra un predominio de visualizaciones por parte de los seguidores de la página. Este resultado refleja la solidez de la comunidad previamente establecida, lo que indica que la campaña logró captar la atención de su audiencia recurrente y reforzar el vínculo con ella. Sin embargo, el hecho de que un 33% de las visualizaciones proviniera de no seguidores es un hallazgo relevante, esto indica que los contenidos trascendieron más allá del público cautivo y alcanzaron a usuarios externos. Este comportamiento puede interpretarse en dos direcciones: por un lado, confirma que la estrategia de difusión fue efectiva en fidelizar a los seguidores existentes; por otro, evidencia un área de oportunidad en el segmento de no seguidores, quienes representan un público con potencial de conversión hacia una comunidad más amplia y estable.

El formato del material influyó significativamente en el desempeño de las campañas. En el análisis de la prueba no paramétrica se obtuvo que la tasa de interacciones entre los tipos de material no alcanzó significancia estadística (Kruskal-Wallis, $\chi^2 = 6.12$, $gl = 3$, $p = 0.106$). No obstante, el tamaño del efecto ($\eta^2 = 0.11$), resultado de magnitud moderada, lo que sugiere que el tipo de material podría influir en la tasa de interacciones. La Figura 13, muestra que el material tipo imagen e infografía presentaron medianas más altas de

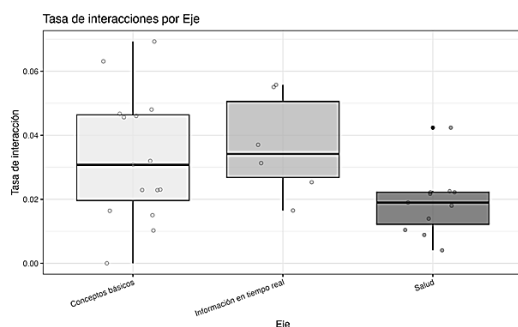
interacciones en comparación con las encuestas y los videos. Esto sugiere que los recursos visuales estáticos y de rápida lectura resultaron ser más eficaces para motivar a la audiencia a interactuar.

Fig. 13. Distribución de la tasa de interacciones por tipo de material durante las campañas digitales.



En la evaluación de la tasa de interacción por eje, mostró diferencias significativas entre los distintos ejes temáticos (Kruskal-Wallis, $\chi^2 = 7.41$, $gl = 2$, $p = 0.025$), con un tamaño de efecto de considerable ($\eta^2 = 0.187$, magnitud grande). El análisis post-hoc de Dunn mostró que los ejes de Conceptos básicos e Información en tiempo real registraron tasas de interacción significativamente superiores al eje de Salud ($\eta^2 = 0.187$, magnitud grande). Esto muestra que la población tiene un mayor interés con contenidos actuales y coyunturales, como lo son reportes de calidad del aire, efecto de tolvaneras, alertas, entre otros (Figura 14). Estos resultados muestran que el eje temático constituye un factor clave en la efectividad de las publicaciones.

Fig. 14. Distribución de la tasa de interacciones por eje temático durante las campañas digitales.



En términos generales, ambas campañas funcionaron, sin embargo, la segunda mejoró la tasa de interacciones, diversificó la audiencia y potenció ciertos ejes temáticos.

Discusión

Desde una perspectiva educativa, esta investigación confirma que los talleres de sensibilización son más efectivos cuando se enfocan en dimensiones actitudinales y prácticas, más que en contenidos conceptuales. Este tipo de intervenciones buscan fortalecer el desarrollo cognitivo, social y emocional de la población (Ardoín & Bowers, 2020; Hakiki & Saputra, 2024), considerando que la naturalidad, la novedad y el tiempo al aire favorecen el aprendizaje profundo y resultados positivos en la adquisición del conocimiento (Dale, 2019).

Estos hallazgos son consistentes con estudios (Montero-Pau, 2020), que reportó mejoras moderadas en la comprensión de conceptos ambientales tras intervenciones de corta duración. La revisión sistemática de Wetering *et al.* (2022), mostro que la educación ambiental tiene efectos significativos en conocimientos, actitudes y comportamientos proambientales en niños y adolescentes. Identificando que los grupos de menos de 12 años mostraron mayores cambios en actitudes y comportamientos, mientras los adolescentes mostraron mayores ganancias cognitivas, lo cual coincidir con los resultados obtenidos en este trabajo.

La investigación de Lynch and Mirabelli (2021), observó que el 81% de los adolescentes en Estados Unidos cree que la contaminación del aire puede afectar su salud y más del 50% piensa que puede tomar medidas para reducir su exposición. Sin embargo, solo el 19% está al tanto de las alertas de la calidad del aire (AQI, por sus siglas en inglés). Estos resultados indican que este grupo poblacional conoce los riesgos, pero no necesariamente están comprometidos a actuar.

En México, Borbet *et al.* (2018) realizaron un estudio con el fin de evaluar la conciencia y su uso en la población de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) sobre el Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA). En este se reportó que el 53% de los encuestados lo conocían, identificando una mayor conciencia en personas mayores y con mayor nivel educativo. La investigación pone de manifiesto que existe una desconexión entre el conocimiento y la acción, mostrando que la población no percibe beneficios claros al modificar la conducta en base a los registros IMECA.

No existe evidencia clara de la percepción del impacto de la calidad del aire en niños, sin embargo, es claro que los efectos de vivir en un espacio con malas condiciones tienen impactos significativos en el desarrollo de los infantes. Se estima que, en el mundo, 93% de los niños

menores de 15 años se encuentran respirando aire contaminado, que afecta la salud y calidad de vida (UNICEF, 2016). Herting (2024) señaló que el cerebro en desarrollo es especialmente vulnerable a los efectos neurotóxicos de la contaminación, lo que puede comprometer la cognición y la salud mental. Esto se refuerza con el estudio de Newbury *et al.* (2019) quienes reportaron que la exposición a dióxido de nitrógeno (NO₂) y óxidos de nitrógeno (NO_x) se relaciona con experiencias psicóticas en adolescentes.

Por otro lado, la evidencia sobre los efectos respiratorios es consistente y sólida. Diversos estudios han demostrado que la presencia de contaminantes criterio, especialmente PM_{2.5}, PM₁₀ y NO_x, está significativamente asociada con exacerbaciones de asma y con un mayor riesgo de infecciones respiratorias en niños y adolescentes, trayendo como consecuencia mayor ausentismo escolar, incremento de hospitalizaciones y uso de medicación (Aithal *et al.*, 2023; Altman *et al.*, 2023; Chatzidiakou *et al.*, 2023; Esposito *et al.*, 2025; Keleb *et al.*, 2025; Orellano *et al.*, 2017; Tiotiu *et al.*, 2020). Esta evidencia muestra la importancia de desarrollar estrategias y sensibilización ambiental que trascienda de los espacios formales y logren incidir en la vida cotidiana de la población.

Ardoin and Heimlich (2021) apoyaron la idea de que el aprendizaje ambiental no solo ocurre en la escuela, siendo así que el conocimiento y las acciones surgen de las experiencias cotidianas. El uso de medios digitales resulta en una herramienta útil para que las personas integren el conocimiento a las experiencias cotidianas, generando así un aprendizaje autodirigido y contextualizado. Bajo esta premisa, plataformas como Facebook, Instagram y YouTube funcionan como espacios educativos informales, donde se puede socializar, e incluso viralizar, los conocimientos y prácticas ambientales, ampliando las oportunidades de aprendizaje.

Diversos estudios realizados en China han demostrado que las redes sociales se pueden convertir en “sensores humanos” de la calidad del aire, proporcionando información en tiempo real sobre el estado o condiciones de una localidad (Jiang *et al.*, 2015; Wang *et al.*, 2015). Esto puede resultar favorable en sitios donde el acceso a la información oficial suele ser limitada (Wang *et al.*, 2017). Son estas plataformas herramientas muy valiosas para mejorar la comprensión de los temas de interés. Un estudio realizado por (Wang & Jia, 2021) encontró que un incremento del 10% en publicaciones ambientales a través de la plataforma Sina Weibo (Twitter Chino), se asoció con una reducción del 2.7% en emisiones de PM_{2.5}. Esto indica que la movilización social digital

puede incidir en políticas públicas y decisiones regulatorias (Kay *et al.*, 2015; Xu, 2014).

El uso de estas herramientas tiene desafíos importantes, ya que no necesariamente el conocimiento se traduce en acciones, y la interpretación de la información disponible puede ser subjetiva y no necesariamente reflejar una condición o información oficial (Hswen *et al.*, 2019). Kay *et al.* (2015), plantearon el hecho de que las redes sociales se pueden convertir en plataformas para visualizar problemas ambientales y ejercer presión para obtener cambios políticos. Tal fue el caso de la incorporación de la medición de PM_{2.5} como parte de los estándares normativos en China. Sin embargo, fue este mismo espacio el que sirvió como punta de lanza para un sin número de instituciones, públicas y privadas, promovieran la mercantilización de la crisis ambiental, promoviendo los cambios individuales, que no necesariamente tenían un impacto en la reducción en la generación de los contaminantes.

Conclusión

El estudio evaluó estrategias de educación ambiental enfocadas en la calidad del aire y la salud, bajo la premisa de que constituyen un recurso valioso para fortalecer la conciencia en distintos sectores de la población. La implementación de talleres en escuelas primarias y preparatorias mostró que, aunque los cambios conceptuales fueron heterogéneos, se produjeron avances relevantes en la identificación de conductas prácticas y el reconocimiento de ciertos contaminantes. Esto evidencia que las intervenciones educativas no solo deben transmitir información, sino también orientar hacia la acción, promoviendo que los estudiantes se perciban como actores capaces de incidir en su entorno inmediato.

En la educación básica, el enfoque lúdico y gamificado, sustentado en personajes y narrativas, resultó especialmente útil para captar el interés del alumnado e incentivar aprendizajes aplicados. Aún cuando las pruebas estadísticas no arrojaron diferencias significativas, el aumento en la proporción de estudiantes que identificaron medidas personales de mitigación constituye un hallazgo pedagógico relevante. En el nivel medio superior, los seminarios interactivos generaron cambios consistentes en la comprensión de conceptos clave, la identificación de fuentes de contaminación y la autopercepción crítica del propio conocimiento. Estos resultados ponen de relieve que las metodologías diferenciadas, ajustadas a la edad y madurez cognitiva, son indispensables para maximizar el impacto de las intervenciones ambientales.

Las campañas digitales demostraron ser un complemento eficaz para ampliar el alcance de la educación ambiental más allá de los espacios escolares. El análisis de las métricas reveló que el formato y el eje temático de los contenidos son determinantes en la interacción. Las infografías e imágenes, particularmente asociadas información en tiempo real y a conceptos básicos, generaron mayor participación, confirmando la relevancia de la inmediatez y la claridad de la comunicación digital.

Estos hallazgos resaltan la importancia de adoptar un enfoque integral que combine educación formal, participación comunitaria y comunicación digital. El desafío no radica únicamente en incrementar conocimiento, sino en cerrar la brecha entre conciencia y acción mediante conductas preventivas y de mitigación. Finalmente se recomienda que futuras investigaciones profundicen en el seguimiento logitudinal de estas estrategias, para evaluar si los cambios se traducen en transformaciones sostenidas de comportamiento.

Agradecimientos

Se agradece a las instituciones educativas por su colaboración y apoyo en la implementación de los talleres, lo cual fue fundamental para el desarrollo de este estudio.

Fuentes de financiamiento

Proyecto apoyado por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, a través de la Convocatoria de Proyectos de Investigación con Impacto Social (PIISO) en el año 2023.

Referencias

- Aithal, S. S., Sachdeva, I., & Kurmi, P. O. (2023). Air quality and respiratory health in children. *Breathe*, 19(2), 230040. <https://doi.org/10.1183/20734735.0040-2023>
- Altman, C. M., Kattan, M., O'Connor, T. G., Murphy, C. R., Whalen, E., Lebeau, P., Calatroni, A., Gill, A. M., Gruchalla, S. R., Liu, H. A., Lovinsky-Desir, S., Pongracic, A. J., Kercsmar, M. C., Hershey, K. K. G., Zoratti, M. E., Teach, J. S., Bacharier, B. L., Wheatley, M. L., Sigelman, M. S.,... Jackson, J. D. (2023). Associations between outdoor air pollutants and non-viral asthma exacerbations and airway inflammatory responses in children and adolescents living in urban areas in the USA: a retrospective secondary analysis. *The Lancet Planetary Health*, 7(1), e33-e44. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(22\)00302-3](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(22)00302-3)
- Ardoín, M. N., & Bowers, W. A. (2020). Early childhood environmental education: A systematic review of the research literature. *Educational Research Review*, 31, 100353. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100353>
- Ardoín, M. N., & Heimlich, E. J. (2021). Environmental learning in everyday life: foundations of meaning and a context for change. *Environmental Education Research*, 27(12), 1681-1699. <https://doi.org/10.1080/13504622.2021.1992354>
- Borbet, C. T., Gladson, A. L., & Cromar, R. K. (2018). Assessing air quality index awareness and use in Mexico City. *BMC Public Health*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s12889-018-5418-5>
- Chatzidiakou, L., Archer, R., Beale, V., Bland, S., Carter, H., Castro-Faccetti, C., Edwards, H., Finneran, J., Hama, S., Jones, L. R., Kumar, P., Linden, F. P., Rawat, N., Roberts, K., Symons, C., Vouriot, C., Wang, D., Way, L., West, S.,... Burrige, C. H. (2023). Schools' air quality monitoring for health and education: Methods and protocols of the SAMHE initiative and project. *Developments in the Built Environment*, 16, 100266. <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2023.100266>
- Dale, R. G. (2019). *Influence of the Natural Setting on Environmental Education Outcomes* [Clemson University]. Clemson, South Carolina. https://tigerprints.clemson.edu/all_theses/3123
- DOF. (2024). NORMA Oficial Mexicana NOM-172-SEMARNAT-2023, Lineamientos para la obtención y comunicación del índice de calidad del aire y riesgos a la salud. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5715154&fecha=25/01/2024#gsc.tab=0
- Esposito, S., Fainardi, V., Titolo, A., Lazzara, A., Menzella, M., Campana, B., Argentiero, A., & Principi, N. (2025). How air pollution fuels respiratory infections in children: current insights. *Frontiers in Public Health*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1567206>
- González, P. M. J., Moreno, C. D. P., & Cuéllar, P. M. (2024). Educomunicación ambiental: percepción y necesidades informativas de la ciudadanía en calidad del aire. *Tsafiqui - Revista Científica en Ciencias Sociales*, 14(22). <https://doi.org/10.29019/tsafiqui.v14i22.1302>
- Hakiki, S. I. D., & Saputra, D. A. (2024). Effectiveness of Environmental Education Programs for College Students in Enhancing Sustainability Education for SDG's 2030 : A Systematic Literature Review. *Proceedings of The International Conference of Innovation, Science, Technology, Education, Children, and Health (ICISTECH)*, 4(2), 156-171. <https://icistech.org/index.php/icistech/article/view/885>
- Hernández, G. G. A., & Barradas, M. L. R. (2024). Educación ambiental y acompañamiento familiar en

- una escuela primaria mexicana. Estudio de caso. *Actualidades Investigativas en Educación*, 24(3), 1-34. <https://doi.org/10.15517/aie.v24i3.59357>
- Herting, M. M. B., Katherine L.; Cotter, Devyn L. (2024). Outdoor air pollution and brain development in childhood and adolescence. *Trends in Neurosciences*, 47(8), 593-607. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2024.06.008>
- Hswen, Y., Qin, Q., Brownstein, J. S., & Hawkins, J. B. (2019). Feasibility of using social media to monitor outdoor air pollution in London, England. *Preventive Medicine*, 121, 86-93. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2019.02.005>
- INECC. (2025). *Informe Nacional de Calidad del Aire 2022* I. N. d. C. Climático. <https://sinaica.inecc.gob.mx/archivo/informes/Informe2022.pdf>
- Jiang, W., Wang, Y., Tsou, M.-H., & Fu, X. (2015). Using Social Media to Detect Outdoor Air Pollution and Monitor Air Quality Index (AQI): A Geo-Targeted Spatiotemporal Analysis Framework with Sina Weibo (Chinese Twitter). *PLOS ONE*, 10(10), e0141185. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0141185>
- Kay, S., Zhao, B., & Sui, D. (2015). Can Social Media Clear the Air? A Case Study of the Air Pollution Problem in Chinese Cities. *The Professional Geographer*, 67(3), 351-363. <https://doi.org/10.1080/00330124.2014.970838>
- Keleb, A., Abeje, T. E., Daba, C., Endawkie, A., Tsega, Y., Abere, G., Mamaye, Y., & Bezie, E. A. (2025). The odds of developing asthma and wheeze among children and adolescents exposed to particulate matter: a systematic review and meta-analysis. *BMC Public Health*, 25(1). <https://doi.org/10.1186/s12889-025-22382-3>
- Lynch, M. K., & Mirabelli, C. M. (2021). Outdoor Air Quality Awareness, Perceptions, and Behaviors Among U.S. Children Aged 12–17 Years, 2015–2018. *Journal of Adolescent Health*, 68(5), 882-887. <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2020.07.040>
- Maldonado, S. T. d. N. d. J. (2010). Modelo de evaluación y acreditación de los Centros de Educación y Cultura Ambiental. *Horizonte Sanitario*, 9(2), 42-47. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=4578451350_03
- Medina-Arboleda, F. I., & Páramo, P. (2024). La educación ambiental y para el cambio climático en Latinoamérica: una revisión de alcance. *Suma Psicológica*, 31(1), 63-93. <https://doi.org/10.14349/sumapsi.2024.v31.n1.8>
- Montero-Pau, J. Á., Nuria; Gavidia, Valentín; Mayoral, Olga. (2020). Development of Environmental Health Competencies through Compulsory Education: A Polyhedral Approach Based on the SDGs. *Sustainability*, 12(8), 3215. <https://doi.org/10.3390/su12083215>
- Newbury, B. J., Arseneault, L., Beevers, S., Kitwiroon, N., Roberts, S., Pariente, M. C., Kelly, J. F., & Fisher, L. H. (2019). Association of Air Pollution Exposure With Psychotic Experiences During Adolescence. *JAMA Psychiatry*, 76(6), 614. <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2019.0056>
- NIH. (2023). *La Contaminación del Aire y Su Salud*. National Institute of Environmental Health Sciences. <https://www.niehs.nih.gov/health/topics/enfermedades/contaminacion>
- ONU. (2021). Resolución aprobada por el Consejo de Derechos Humanos el 8 de octubre de 2021. Naciones Unidas <https://documents.un.org/doc/undoc/gen/g21/289/53/pdf/g2128953.pdf>
- Orellano, P., Quaranta, N., Reynoso, J., Balbi, B., & Vasquez, J. (2017). Effect of outdoor air pollution on asthma exacerbations in children and adults: Systematic review and multilevel meta-analysis. *PLOS ONE*, 12(3), e0174050. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174050>
- SEDEMA. (2025). SEDEMA lanza Programa de Banderines Escolares para proteger la calidad del aire en la CDMX. Secretaría del Medio Ambiente. <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/sedema-lanza-programa-de-banderines-escolares-para-protger-la-calidad-del-aire-en-la-cdmx>
- SEMARNAT. (2021). *El Acuerdo de Escazú*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/el-acuerdo-de-escazu>
- Tiotiu, A. I., Novakova, P., Nedeva, D., Chong-Neto, H. J., Novakova, S., Steiropoulos, P., & Kowal, K. (2020). Impact of air pollution on asthma outcomes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(17), 6212. <https://doi.org/10.3390/ijerph17176212>
- UNICEF, U. N. C. s. F. (2016). *Clear the air for children: The impact of air pollution on children (Executive Summary)*. D. o. D. UNICEF, Research and Policy. [https://www.unicef.org/sites/default/files/2019-02/Clear the Air for Children Executive summary ENG.pdf](https://www.unicef.org/sites/default/files/2019-02/Clear%20the%20Air%20for%20Children%20Executive%20summary%20ENG.pdf)
- Wang, J., & Jia, Y. (2021). Social media's influence on air quality improvement: Evidence from China. *Journal of Cleaner Production*, 298, 126769. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126769>
- Wang, S., Paul, J. M., & Dredze, M. (2015). Social Media as a Sensor of Air Quality and Public Response in China. *Journal of Medical Internet Research*, 17(3), e22. <https://doi.org/10.2196/jmir.3875>
- Wang, Y.-D., Fu, X.-K., Jiang, W., Wang, T., Tsou, M.-H., & Ye, X.-Y. (2017). Inferring urban air quality based on social media. *Computers, Environment*

and Urban Systems, 66, 110-116.

[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compenvurb
sys.2017.07.002](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compenvurb
sys.2017.07.002)

Wetering, D. V. J., Leijten, P., Spitzer, J., & Thomaes, S. (2022). Does environmental education benefit environmental outcomes in children and adolescents? A meta-analysis. *Journal of Environmental Psychology*, 81, 101782.

<https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2022.101782>

Xu, J. H. (2014). Communicating the Right to Know: Social Media in the Do-It-Yourself Air Quality Testing Campaign in Chinese Cities. *International Journal of Communication*, 8, 1374-1393.

<http://ijoc.org/index.php/ijoc/article/view/2367>