



Del concreto al aire, una mirada desde el Valle de Toluca



Ciencia al Instante

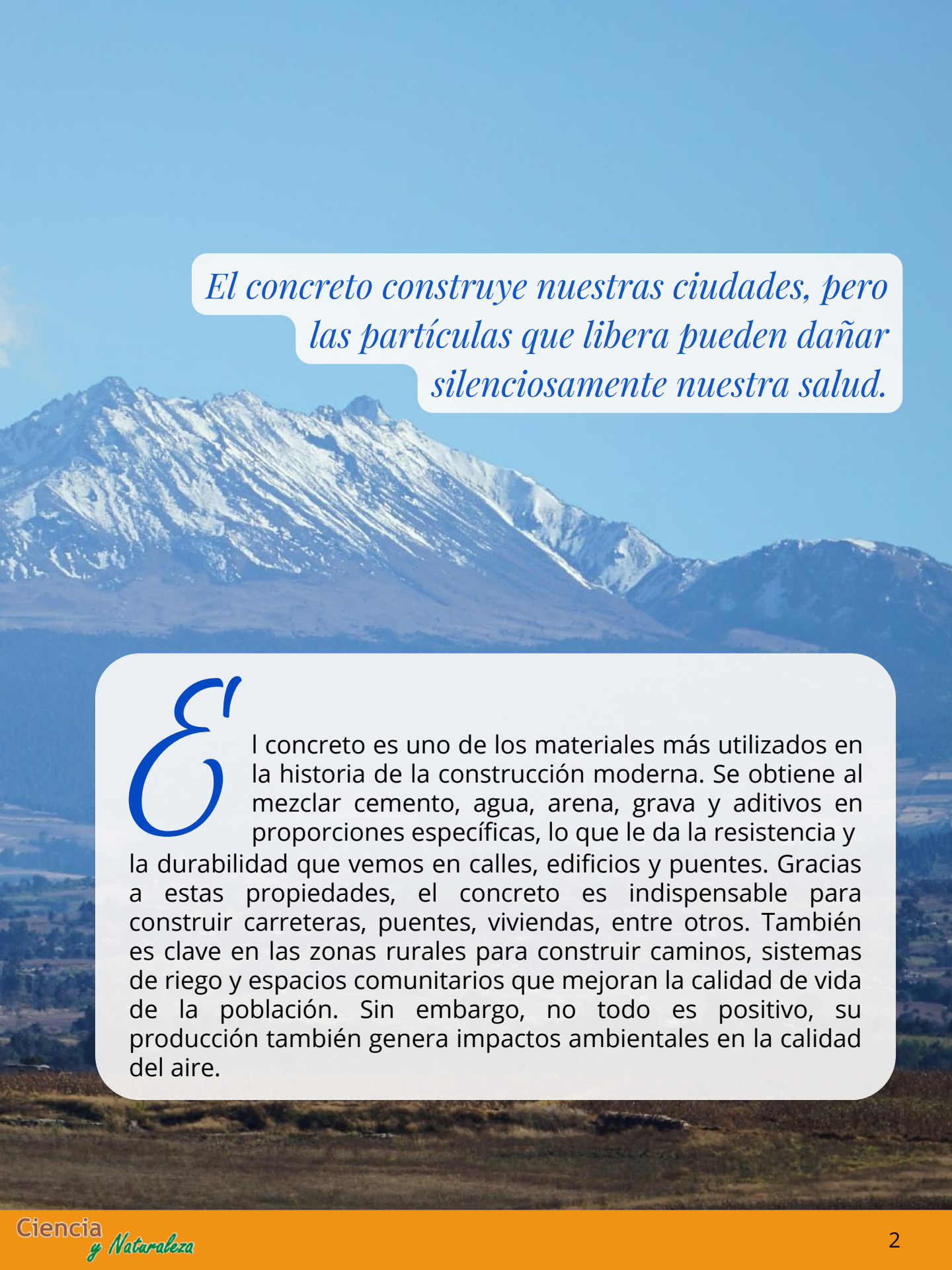
El concreto es esencial para la construcción moderna, pero su producción libera partículas microscópicas $PM_{2.5}$ que penetran profundamente en nuestros pulmones. Un estudio en el Valle de Toluca reveló que las plantas concreteras emiten concentraciones hasta siete veces superiores a los límites recomendados por la OMS. Estas partículas invisibles, provenientes del cemento, arena y combustibles, contienen carbono, silicio y calcio, y están vinculadas a 4.2 millones de muertes anuales globalmente. Con 14 mil millones de metros cúbicos de concreto producidos cada año, entender y controlar estas emisiones es crucial para proteger la salud de comunidades urbanas y rurales.



Del concreto al aire, una mirada desde el Valle de Toluca



Cómo citar este artículo: Santiago-Cruz Y, Ávila-Pérez P, Mugica-Álvarez V. 2026. Del concreto al aire, una mirada desde el Valle de Toluca. Revista Ciencia y Naturaleza (1203).



El concreto construye nuestras ciudades, pero las partículas que libera pueden dañar silenciosamente nuestra salud.

El concreto es uno de los materiales más utilizados en la historia de la construcción moderna. Se obtiene al mezclar cemento, agua, arena, grava y aditivos en proporciones específicas, lo que le da la resistencia y la durabilidad que vemos en calles, edificios y puentes. Gracias a estas propiedades, el concreto es indispensable para construir carreteras, puentes, viviendas, entre otros. También es clave en las zonas rurales para construir caminos, sistemas de riego y espacios comunitarios que mejoran la calidad de vida de la población. Sin embargo, no todo es positivo, su producción también genera impactos ambientales en la calidad del aire.

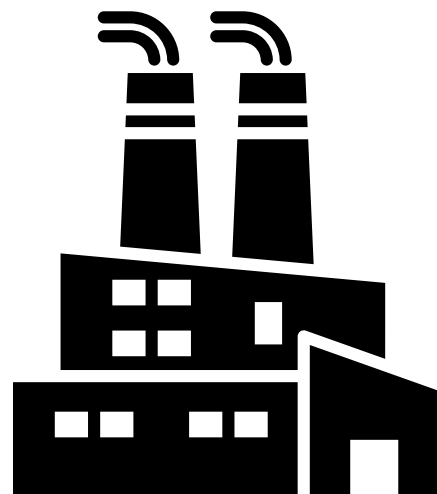
En este artículo veremos, cómo se fabrica el concreto, en qué momentos genera partículas contaminantes y por qué es tan importante analizar su impacto en regiones como la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT), donde conviven zonas industriales, núcleos urbanos densos, importantes corredores vehiculares y diversas áreas rurales.



*Cada año se producen 14 mil millones de metros cúbicos de concreto en el mundo.
¿Sabes qué implica para tu salud?*

¿Cómo se fabrica el concreto y dónde está su impacto?

En una planta de concreto premezclado, el proceso se puede resumir en cuatro etapas principales: dosificación, mezcla, transporte y entrega. Primero viene la dosificación, donde se miden cuidadosamente el cemento, los agregados (arena y grava), el agua y los aditivos. Después, en la etapa de mezcla, todos los componentes se integran en grandes mezcladores industriales o directamente en las revolvedoras. Una vez que el concreto está listo, se carga en camiones revolvedores que lo trasladan hasta la obra, donde finalmente se vacía y se moldea en la estructura que se va a construir (Fig. 1).



Mientras todo esto ocurre, no solo se produce concreto, también se generan emisiones de partículas y contaminantes. Esto sucede en varios puntos del proceso como en el manejo y almacenamiento de los agregados, la descarga de cemento en los silos, la operación de los mezcladores y hasta el transporte del producto final.

Esto sucede principalmente por el polvo que se levanta al mover la arena y la grava, por el humo de los camiones y la maquinaria que usa diésel, y por las emisiones que escapan de los silos donde se almacena el cemento. Estas emisiones son conocidas como fugitivas. Un ejemplo claro de este tipo de emisión se observa en la Figura 2.

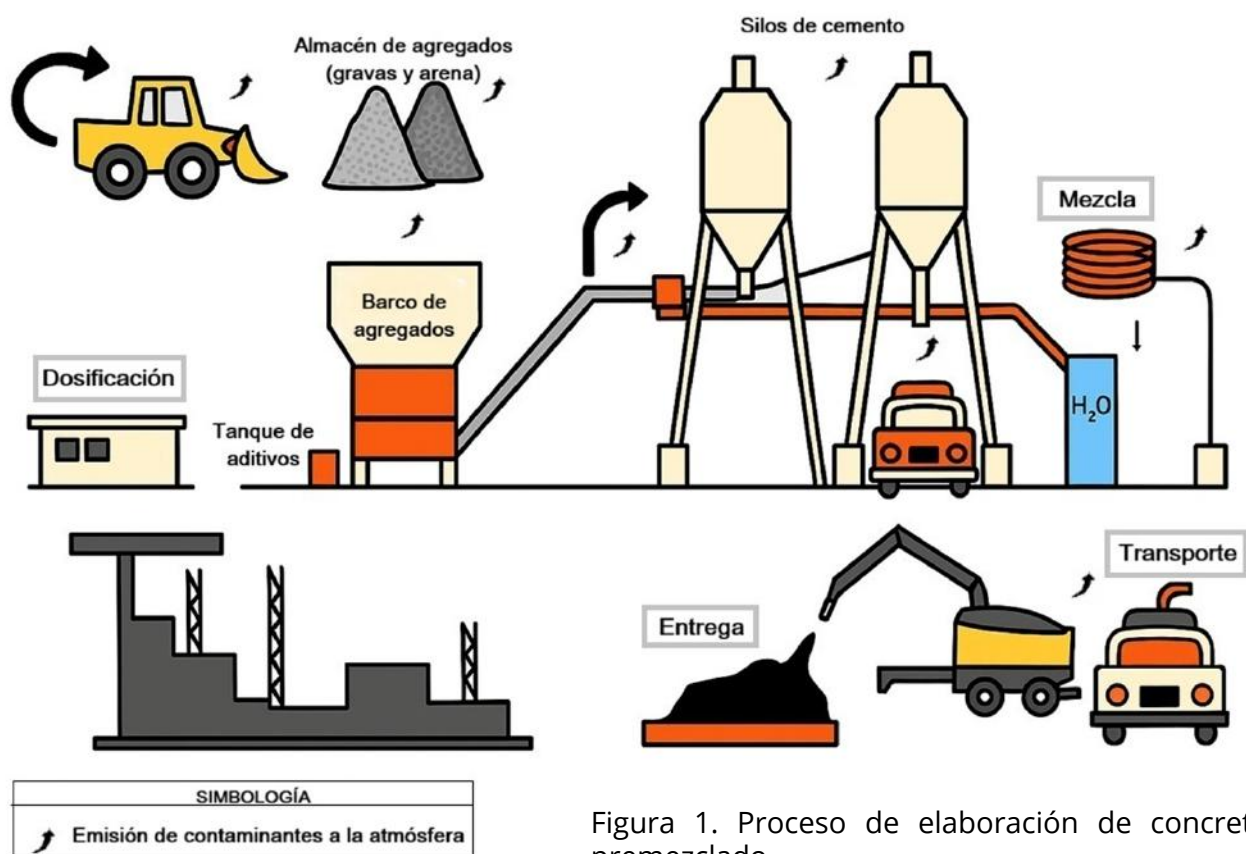
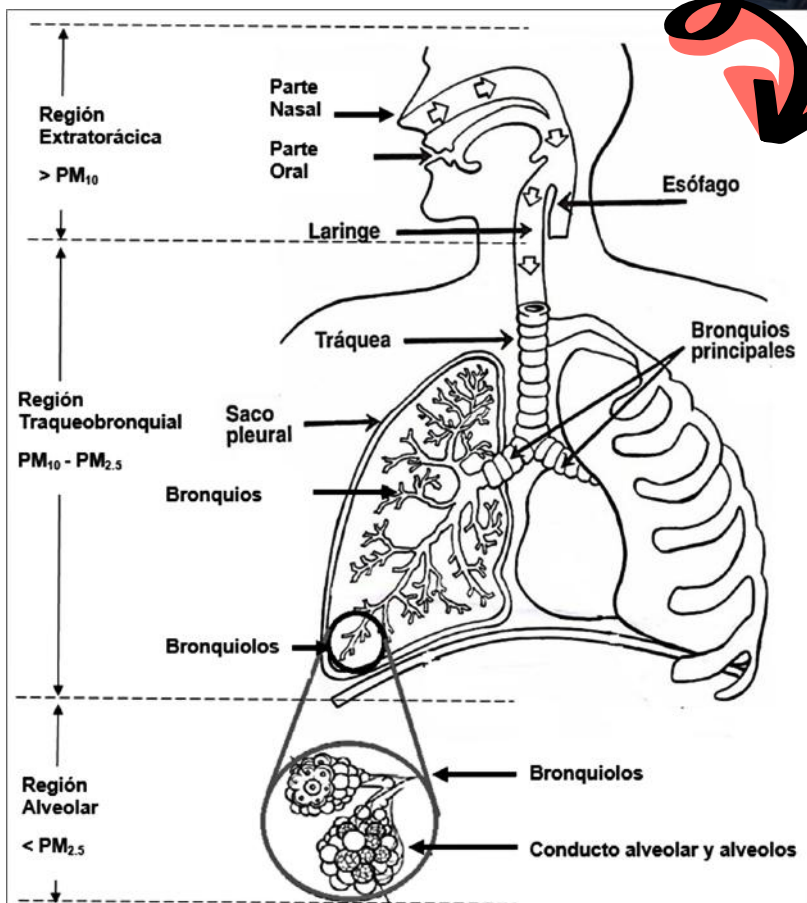


Figura 1. Proceso de elaboración de concreto premezclado.

Figura 2. Emisiones fugitivas en silo de almacenamiento de cemento, dentro de una planta de concreto.



Figura 3. Representación de las diversas regiones del aparato respiratorio humano.



¿Qué son las partículas?

Las partículas suspendidas son diminutos fragmentos sólidos o gotitas líquidas que flotan en el aire. Algunas son relativamente grandes y se pueden ver como polvo, pero otras son tan finas que no las vemos. Entre las más preocupantes están las PM_{2.5} que tienen un diámetro aerodinámico menor o igual a 2.5 micrómetros (unas 20 a 30 veces más delgadas que un cabello humano). Debido a su pequeño tamaño, pueden viajar profundo dentro de nuestro cuerpo, llegan hasta los alvéolos pulmonares e incluso entrar al torrente sanguíneo, donde favorecen la inflamación sistémica y se relacionan con enfermedades respiratorias y cardiovasculares (Figura 3). La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que la exposición prolongada a estas partículas provoca alrededor de 4.2 millones de muertes prematuras al año en el mundo. En la ZMVT, estaciones de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA) han reportado concentraciones de PM_{2.5} que exceden los 45 µg/m³ en zonas industriales como Lerma, Toluca y San Mateo Atenco, superando ampliamente el límite diario recomendado de 15 µg/m³.

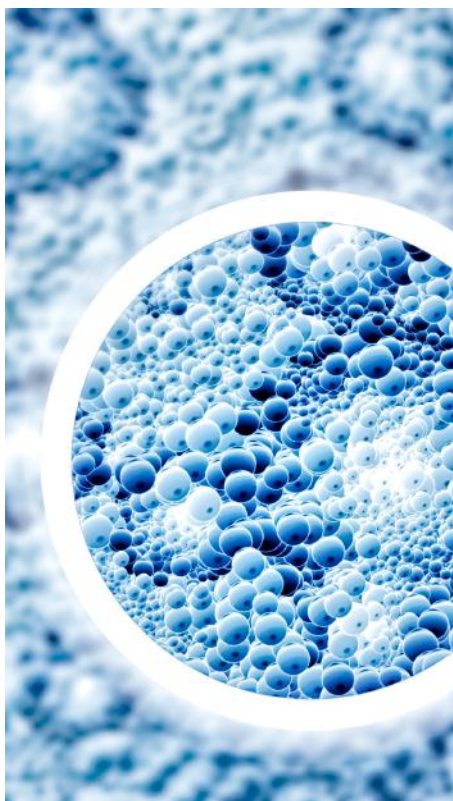
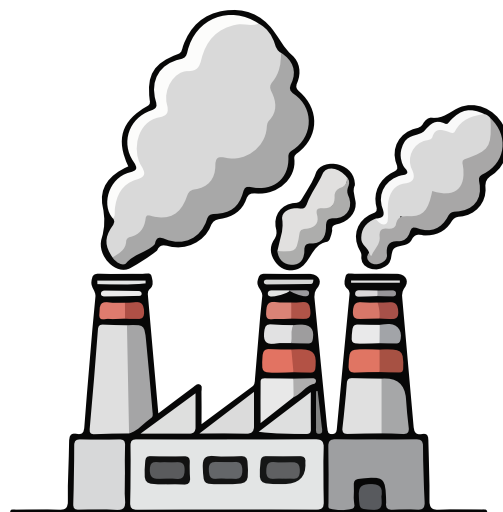
El Valle de Toluca: una cuenca donde el aire se queda atrapado

La ZMVT está conformada por 16 municipios y en ella viven más de 2.35 millones de personas. Se encuentra a una altitud promedio de 2,600 metros sobre el nivel del mar, lo que agrava la dispersión de contaminantes, debido que a esta altura los motores de combustión interna funcionan con menor eficiencia y emiten más contaminación.



Además de esto, la región combina corredores industriales, zonas urbanas densas y áreas rurales, y se estima que hay más de 30 plantas concretas operando muy cerca de zonas habitacionales y de vías con tránsito constante.

De acuerdo con el Programa ProAire Estado de México 2018–2030, más de la mitad de los días del año se registra mala calidad del aire, sobre todo por partículas PM_{10} y $PM_{2.5}$. En 2017, de hecho, no se tuvo ni un solo día con buena calidad del aire en la región.



Para entender mejor cómo contribuye una planta de concreto a este problema, primero hay que “atrapar” las partículas que se generan durante su operación. Para ello se realizaron campañas de monitoreo usando equipos especiales de muestreo, como se muestra en la Figura 4.

Estos equipos funcionan como una pequeña aspiradora: succionan el aire, separan las partículas y las dejan atrapadas en un filtro de fibra de cuarzo. Más tarde, esas muestras se llevaron al laboratorio, donde se observaron con microscopios de alta resolución y se analizaron con técnicas de Microscopía Electrónica de Barrido y Espectroscopia de Rayos X Dispersiva en Energía (SEM-EDS), lo que permitió identificar su tamaño y composición.



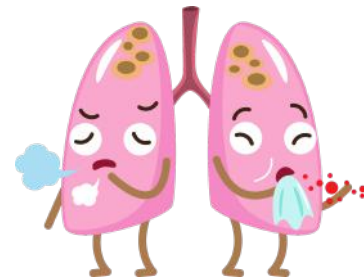
Figura 4. Muestreadores de bajo volumen dentro de la planta de concreto.

Midiendo las partículas en una planta concretera del Valle de Toluca

Al analizar las muestras que salieron de la planta de concreto, se encontró que las partículas contienen principalmente carbono (C), silicio (Si), calcio (Ca), aluminio (Al) y hierro (Fe). Estos elementos son asociados con los materiales que se utilizan para fabricar concreto, como el cemento, agregados y combustibles fósiles que se usan para la maquinaria.

Las partículas más preocupantes son las finas $PM_{2.5}$, tan pequeñas que no las vemos, pero sí las respiramos. En la planta se midieron concentraciones que fueron de entre 15.95 y 114.67 microgramos por metro cúbico ($\mu g/m^3$). Para tener una idea, la OMS recomienda no rebasar 15 $\mu g/m^3$ en 24 horas, así que muchos de estos valores están muy por encima de lo aconsejable. Esto indica que la producción de concreto no solo afecta al interior de las plantas, sino que también puede impactar la salud de las comunidades cercanas, tanto urbanas como rurales.

Los resultados muestran lo importante que es medir y vigilar lo que ocurre dentro y alrededor de las plantas de concreto. Así, se puede identificar el problema, cuantificarlo y proponer medidas que reduzcan su impacto en la calidad del aire y en la salud de la población.



“Más del 84% de las partículas finas tenía un tamaño menor a 1.0 (μm), capaz de llegar hasta los alvéolos pulmonares y el torrente sanguíneo.”



La producción de concreto, aunque esencial para el desarrollo urbano y rural, también es una fuente importante de contaminación del aire, especialmente por la emisión de partículas finas ($\text{PM}_{2.5}$). En la Zona Metropolitana del Valle de Toluca, donde varias plantas concreteras operan muy cerca de zonas habitacionales, se han registrado concentraciones que superan ampliamente los límites recomendados por la OMS.

Estos hallazgos nos recuerdan la necesidad urgente de monitorear, regular y reducir las emisiones, de manera que la adopción de tecnologías limpias y de buenas prácticas dentro de las plantas permita que el desarrollo industrial vaya de la mano con la protección de la salud y del medio ambiente. En otras palabras, sí podemos seguir construyendo ciudades y comunidades, pero sin olvidar el aire que respiramos. 🍀





Agradecimientos

Al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECYT) por el apoyo brindado a través del Programa de Investigadores e Investigadoras con Folio CAT2025-0023.

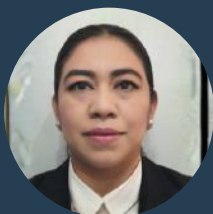
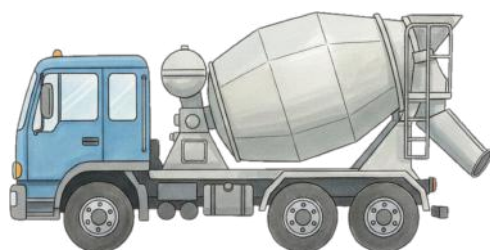
Para Consulta

-  Organización Mundial de la Salud (OMS). 2021. Directrices mundiales de la OMS sobre la calidad del aire. Partículas en suspensión ($PM_{2.5}$ y PM_{10}), ozono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y monóxido de carbono. Ginebra.
-  Santiago-Cruz Y. 2025. Análisis de la composición química y morfológica de partículas generadas en la industria concretera y su distribución espacial en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca. Tesis, Universidad Autónoma del Estado de México.
-  INEGI. 2020. Población por división municipal en Estado de México, Censo de Población y Vivienda 2020.
-  Gobierno del Estado de México. 2018. Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire en el Estado de México (ProAire 2018-2030).
-  Macedo-Miranda MG, Barrera-Díaz CE, Ávila-Pérez P. *et al.* 2024. Bioconcentration capacity of moss *Leskea angustata* Tayl., for heavy metals and its application in the atmospheric biomonitoring of a metropolitan area. *Atmospheric Environment* 331. [\[Link\]](#)
-  Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA). 2025. Reporte de calidad de contaminantes de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT).

Crédito de imágenes en orden de aparición: Pexels(Px), Getty Images, Alecu Buse's Images, Getty Images Pro (GIP), Spectaicons, Aflo Images , irasutoya, Viktor Gladkov, OmarLove1art, Science Photo Library, Canva AI Studio, Puwadol Jaturawutthichai's Images, Legona, Indah Lestari, Photo Images, TOONLOGO, valentynsemenov. Crédito de figuras: Proporcionadas por los autores. Los autores utilizaron ChatGPT y declaran que ningún párrafo ha sido generado completamente o con más del 50% de sus palabras con esta herramienta de AI.

Dr. David A. Paz García
Editor en Jefe Revista CyN

Diseño de publicación: Sofia Paz



Yanet Santiago Cruz

Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable (CCIQS) UAEM-UNAM de la Facultad de Química de la UAEMex. Doctora en Ciencias Ambientales y posdoctorante en el CCIQS. Sus trabajos se centran en la caracterización química y morfológica de partículas ($PM_{2.5}$ y PM_{10}) con énfasis en emisiones provenientes de fuentes fijas.

contacto: ysantiagoc0714@gmail.com



Pedro Ávila Pérez

Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable (CCIQS) UAEM-UNAM de la Facultad de Química de la UAEMex. Profesor-Investigador del Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable UAEM-UNAM de la Facultad de Química de la UAEMex. Sus líneas de investigación abarcan el uso de biomonitores para evaluar la calidad del ambiente, la evaluación de la calidad del agua y la contaminación por metales pesados en cuerpos de agua, así como la aplicación de técnicas analíticas al estudio del ambiente.



Violeta Mugica Álvarez

Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Profesora distinguida de la Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco. Realiza investigación en calidad ambiental, principalmente en aire, así como en adaptación y mitigación al cambio climático