



Contaminación a la vista



Ciencia al Instante

Cuando el paisaje de la Ciudad de México se esfuma tras una nata grisácea, solemos culpar a la contaminación, pero la historia es más compleja. La visibilidad atmosférica, esa máxima distancia a la que distinguimos un objeto en el horizonte, depende de cómo la luz interactúa con partículas suspendidas en el aire. Sorprendentemente, aún sin contaminación puede haber baja visibilidad, pues la humedad se adhiere a los aerosoles y los agranda, dispersando la luz. Incluso en días de aire limpio, nuestros ojos pueden quedar envueltos en bruma.

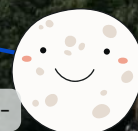
Artículo



Contaminación a la vista

¿Dónde quedaron los cerros y las montañas de ayer?

Cómo citar este artículo: Montero-Martínez G, Miranda-Claudes BA, Romero-Nájera I. 2026. Contaminación a la vista. Revista Ciencia y Naturaleza (1256).





Paisajes perdidos

La Ciudad de México se encuentra en un valle rodeado por un conjunto de montañas y sierras espectaculares: el Ajusco, el Volcán Xitle (que dio origen al Pedregal de San Ángel cuando hizo erupción hace unos 2000 años), los Dinamos, el Desierto de los Leones, entre otros. A lo lejos podemos ver incluso al Popocatepetl y al Iztaccíhuatl, volcanes imponentes, ideales para hacer senderismo.

En cuanto a grandes edificios y rascacielos, logramos distinguir al World Trade Center (antes llamado “Hotel de México”), la Torre Mítikah o la Latinoamericana. Si todo marcha bien, tendremos un paisaje hermoso, con elementos tanto naturales como creados por el hombre.



Pero ¿qué pasa cuando no logramos verlos?, intuimos que algo anda mal. En su lugar, aparece una nata gris y espesa, parecida a la niebla que inunda el ambiente, la cual asociamos con el grado de contaminación en el aire, ¿por qué el paisaje desaparece frente a nosotros?

Visibilidad atmosférica

Existen varios indicadores que nos hablan del grado de contaminación en el ambiente. De aquellos que se refieren en particular al aire, está el de la “visibilidad atmosférica”. Algunos eventos meteorológicos (como la lluvia, la bruma o la niebla), así como el incremento de los incendios forestales o de las emisiones industriales y vehiculares, son factores que causan un efecto en la visibilidad.



Aunque para los habitantes de las zonas urbanas resulta lamentable no contemplar el paisaje, en las zonas naturales los efectos son mayores. Por ejemplo, a los depredadores les cuesta más trabajo cazar a sus presas. La supervivencia de los integrantes en un ecosistema está en juego.



La visibilidad atmosférica es la máxima distancia a la que una persona puede distinguir un objeto en el horizonte. Este parámetro caracteriza la cantidad de luz que llega desde un objeto a los ojos de un observador y se mide en metros o en kilómetros. El deterioro de la visibilidad también se manifiesta como una decoloración de los objetos con respecto al horizonte. En la Ciudad de México, cuando no logramos ver los edificios altos, la transparencia del aire se clasifica como visibilidad nula. En cambio, cuando es posible observar al volcán Popocatepetl (a unos 60 kilómetros de distancia) se considera como visibilidad máxima.

"Dentro de la niebla, se piensa mejor y, por tanto, se ve mejor"
Mehmet Murat Ildan

La luz de tus ojos

La cariñosa frase "eres la luz de mis ojos" suele ser utilizada por las madres para referirse a sus retoños. Sin embargo, también tiene que ver con la luz que llega a nuestros ojos y que repercutirá en la claridad de lo que estemos percibiendo. El Sol emite energía a nuestro planeta en forma de radiación electromagnética que viaja a través de distintas longitudes de onda expresadas en nanómetros. El espectro electromagnético incluye a la luz visible, la cual distinguimos como colores (Fig. 1).

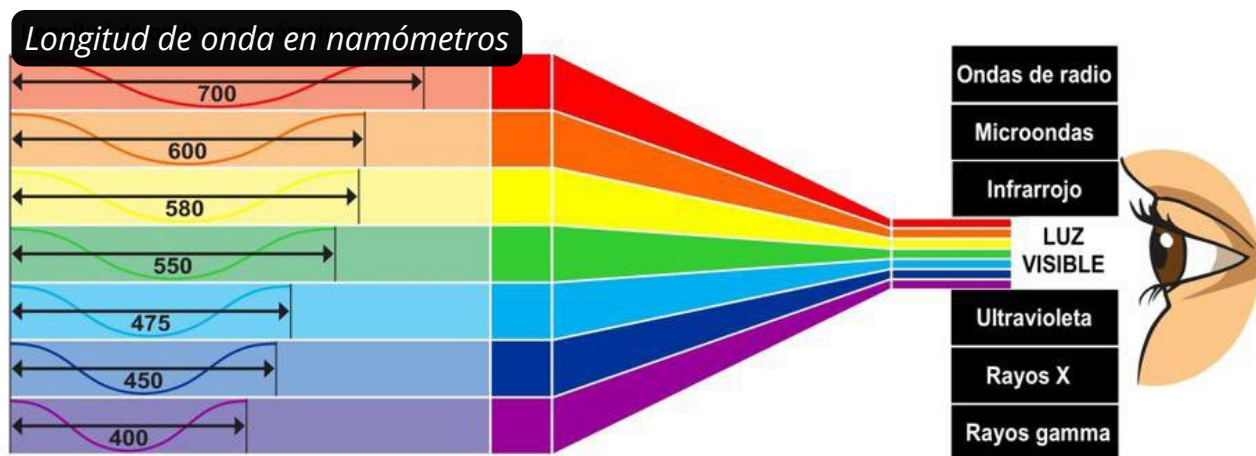


Figura 1. Espectro electromagnético de la luz visible.

Los colores son el reflejo de la luz sobre un objeto y no el color del objeto en sí.

Así, el color que vemos es en realidad la longitud de onda reflejada por los objetos. Entonces, si un coche es rojo es porque la superficie del material del que está hecho no puede absorber la longitud de onda de ese color y la refleja hacia nuestros ojos.

En el camino de la luz

Sin luz que ilumine un objeto, será difícil detectarlo con claridad y pasará desapercibido. Este efecto aumenta con la distancia. Existen distintos elementos que al interactuar con la luz producen cambios en la visibilidad debido a que desvían el trayecto de los rayos solares o los absorben. Desde cuerpos de agua, nubes, árboles y edificios, hasta aquellos más pequeños que flotan en el aire, como las partículas en suspensión, mejor conocidas como aerosoles atmosféricos. Entre esas partículas podemos mencionar al polvo, al humo, a la arena y a las sales marinas. El aerosol puede originarse desde diferentes regiones, Algunos de ellos son el polvo, el humo, la arena y las sales marinas. Los aerosoles pueden llegar a México desde lugares tan remotos como el Desierto del Sahara.



Otras provienen de incendios forestales, fumarolas de volcanes, fuertes vientos y huracanes que los transportan. Incluso, algunos son producto de actividades humanas como la quema de leña o de combustibles, entre los que se encuentran el gas, la gasolina y el diésel.

"El ojo ve sólo lo que la mente está preparada para comprender" Henri Louis Bergson



Figura 2. Sensor de visibilidad.

Uno de los instrumentos con los que se cuenta en las estaciones meteorológicas son los sensores de visibilidad (Fig. 2). Cuando el aire no es puro, la luz visible se refracta (cambia de dirección) al chocar con las partículas (esa luz refractada es detectada el sensor) que se encuentran suspendidas. Las longitudes de onda que se refractan tras estrellarse con dichos objetos son las que detecta el sensor. A mayor cantidad de objetos que obstaculicen el paso de la luz, mayor rebote de longitudes de onda y, por tanto, menor visibilidad.

Una mirada a la contaminación

Como ya se mencionó, dentro de los objetos que desvían el trayecto de la luz visible, están las partículas en suspensión o aerosoles. No obstante, la mayoría son contaminantes ambientales como el hollín, polvo, metales pesados (plomo, cadmio, níquel, vanadio), polen, cenizas y humo, provenientes tanto de fuentes móviles (vehículos) como de fuentes fijas (industrias, volcanes, incendios forestales). Las partículas se clasifican de acuerdo con su diámetro en **gruesas** (diámetro de hasta 10 micrómetros) y **finas** (menores de 2.5 micrómetros); mientras más finas, más dañinas para la salud.



El Índice Aire y Salud es uno de los indicadores usados para informar a la población sobre el grado de contaminación en el ambiente. Los criterios de este parámetro se basan en escalas de concentración de partículas suspendidas cuantificadas en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), los cuales se actualizan cada dos años.



Por ejemplo, si tenemos un valor de concentración de partículas finas ($\text{PM}_{2.5}$) menor a $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, se considera que la calidad del aire es buena, pero si el valor está entre 79 a $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$, se asume una muy mala calidad del aire con efectos negativos a la salud. En este caso se recomienda evitar esfuerzos prolongados al aire libre. Los colores, a manera de semáforo, nos dan una señal de la categoría de peligrosidad: en el extremo bueno, encontramos al verde, mientras que en el muy malo está el rojo. Al alcanzar el nivel morado es mejor no salir de casa y cerrar todas las puertas y ventanas (Fig. 3).

Calidad del aire	Nivel de riesgo asociado	Intervalo de PM _{2.5} (µg / m ³)		Color
		Promedio móvil ponderado de 12 horas		
		A partir de enero de 2024	A partir de enero de 2026	
Buena	Bajo	< 15	< 15	
Aceptable	Moderado	> 15 a 33	> 15 a 25	
Mala	Alto	> 33 a 79	> 25 a 79	
Muy mala	Muy alto	> 79 a 130	> 79 a 130	
Extremadamente mala	Extremadamente alto	> 130	> 130	

Figura 3. Índice Aire y Salud según la Norma Oficial Mexicana (NOM) vigente.

¿Qué esconde el estado del tiempo?

La ciencia que se encarga de estudiar los fenómenos físicos y químicos que suceden en la atmósfera y su impacto en la superficie de la Tierra es la meteorología. Los temas de los que se ocupa analizan y predicen



variaciones en la temperatura, humedad, presión, viento y precipitaciones tanto líquidas (lluvia) como sólidas (granizo, nieve), entre otros. Se piensa que el deterioro de la visibilidad en las ciudades es principalmente causado por la presencia de las partículas en la atmósfera emitidas por las fábricas y los vehículos.

Los niveles de contaminación por partículas (tanto gruesas como finas) en la Ciudad de México alcanzan sus valores máximos durante la temporada fría (noviembre a febrero). En tanto que la concentración de partículas finas se reduce durante la temporada lluviosa (mayo a octubre) hasta niveles en los que se considera que el índice de aire y salud es, al menos, aceptable según la actual norma. Sin embargo, se ha observado que durante la temporada lluviosa también ocurren periodos de baja visibilidad en la Ciudad de México (Fig. 4) ... ¿Cómo es esto posible?

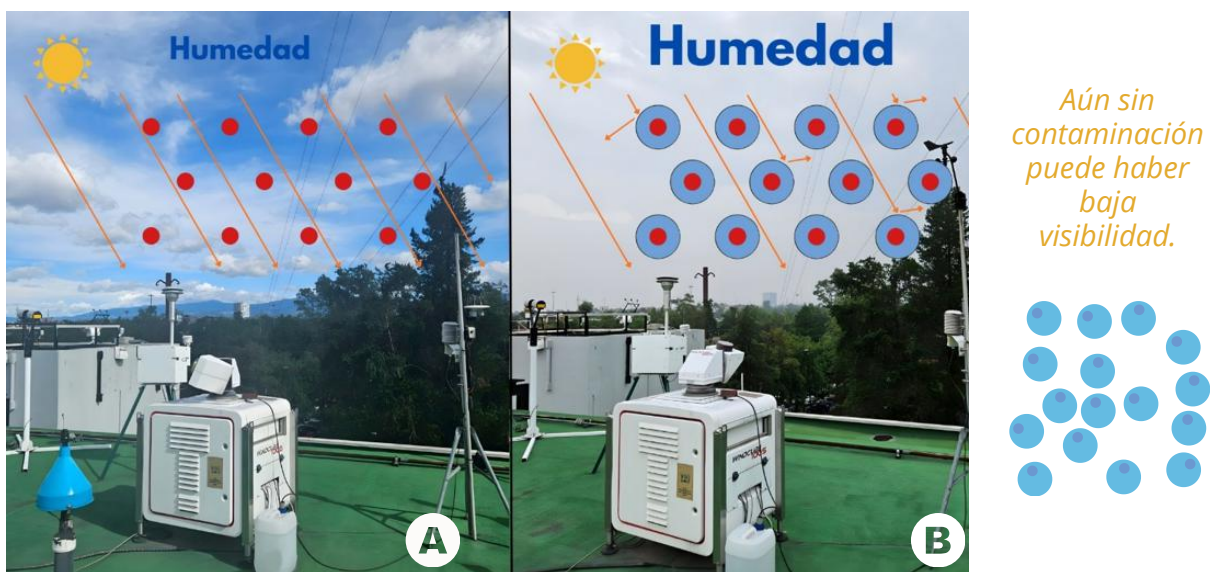


Figura 4. Comparación de dos episodios con condiciones de buena (A, 1 de julio de 2025) y mala visibilidad (B, 26 de junio de 2025) durante la temporada lluviosa en la Ciudad de México.

El agua es un buen dispersor de la luz, por esta razón es posible observar un arcoíris o los halos solares y lunares. Entonces, el principal sospechoso del deterioro de la visibilidad es la humedad y su adsorción. Sí, has leído bien. La adsorción produce que el agua quede adherida en la superficie de las partículas e interactúe con la luz. Como resultado, en algunos casos la luz será reflejada y dispersada por los aerosoles en el aire y en otros absorbida, es decir, atrapada en el interior de la partícula.



Durante la temporada lluviosa, mientras más humedad sea adsorbida por las partículas, mayor tamaño e interacción con la luz tendrá, lo que se traduce en un aumento de la turbidez del aire. La diferencia temporal entre las fotografías de la Fig. 4 es de una semana. Según el reporte meteorológico, en 2025 la humedad fue más alta el 26 de junio en comparación con la del 1 de julio. Al haber más humedad, el tamaño de las partículas rodeadas por agua es mayor, así, habrá también una mayor interferencia con la luz y un deterioro de la visibilidad (Fig. 4A). En el día de buena visibilidad (Fig. 4B), aunque hay partículas hay menos humedad por lo que, éstas no tuvieron el tamaño suficiente como para desviar la luz.

Ojos que no ven, el agua presente

Se han descrito dos fenómenos meteorológicos relacionados con la disminución de la visibilidad a causa de la humedad en el ambiente: bruma y calima. La bruma (Fig. 4, foto de la derecha) sucede cuando la humedad es mayor al 80 %. Por otro lado, la calima ocurre cuando la humedad es menor al 75 %.



En la bruma encontraremos altas cantidades de partículas húmedas flotando en el entorno y en la calima serán partículas secas como el polvo y las cenizas. Como ya lo podemos intuir, la aparición de niebla, tormentas, nevadas o granizadas también hará difícil la visibilidad tanto de objetos cercanos como lejanos.

Las lluvias intensas obstruyen el paso de luz debido a la gran cantidad de gotas que caen. Además, cuando las gotas grandes impactan y se rompen, se producen pequeñas gotitas que quedan flotando cerca del suelo (Fig. 5), sumándose a la ya reducida visibilidad.



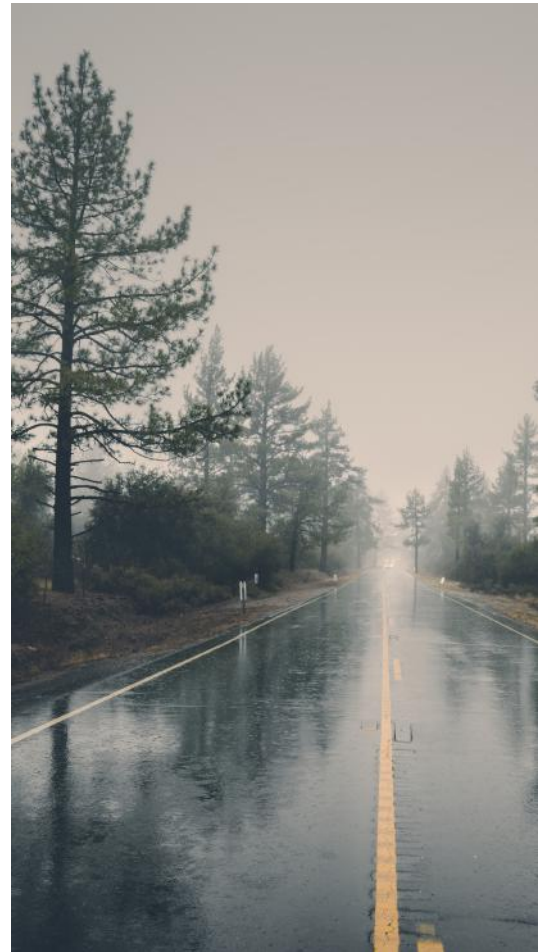
Figura 5. Reducción en la visibilidad por tormenta de lluvia.

Un último vistazo

La reducción de la visibilidad tiene implicaciones en la seguridad y en el bienestar de los seres vivos. El efecto es preocupante en el caso particular de los sistemas de transporte ya que se reduce la capacidad de ver objetos lejanos. El riesgo de accidentes terrestres, aéreos o marinos aumenta considerablemente. Se sabe que la probabilidad de percances automovilísticos puede aumentar hasta un 10 % por la poca visibilidad y las condiciones resbaladizas de los caminos y calles debido a la lluvia. En este sentido, los sistemas de alerta temprana han sido útiles para prevenir desastres inminentes. Si contamos con modelos predictivos que nos den un pronóstico del tiempo a lo largo del día, los automovilistas podrán tomar sus precauciones.

Por otro lado, la poca visibilidad en días secos se relaciona con la contaminación atmosférica. Las partículas en suspensión que se transportan en el aire son en su mayoría de riesgo para la salud. Al respirarlas entran al interior de nuestro cuerpo causando distintos tipos de enfermedades que van de leves a mortales.

En cambio, la pérdida de transparencia del aire durante la temporada lluviosa se relaciona con el aumento de humedad en el entorno. Habrá ocasiones en que, aunque la calidad del aire sea buena por las pocas partículas en el aire, la visibilidad disminuya por el crecimiento de éstas debido al aumento de humedad que se adhiere a ellas. 🍀



"Lo esencial es invisible a los ojos"
El principito (Antoine de Saint-Exupéry)

Para Consulta

- Hewitt PG. 1994. Física conceptual. Addison Wesley Longman, México.
- Montero-Martínez G, García-García F. 2025. The influence of rainfall on the extinction coefficient and the meteorological optical range. *Atmósfera* 39: 247-262. [\[Link\]](#)
- Miranda-Claudes BA, Montero-Martínez G. 2024. The influence of relative humidity and pollution on the meteorological optical range during rainy and dry months in Mexico City. *Atmosphere* 15: 1382. [\[Link\]](#)



Agradecimientos

A la DGAPA, por el financiamiento al proyecto IN191021 y a la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA-UNAM) que proporcionó los datos de visibilidad atmosférica.

Crédito de imágenes en orden de aparición: Pexels, Изображения пользователя Tan, Getty Images, Ophielle, elijah.lovkoff's Images, pixabay, Gambar Melinda Kusuma, DmitryPichugin, Aleksandr Kichigin, Sommart Sombutwanitkul's Images, Blanca Adilen Miranda Claudes, Canva AI Elements Lab with AI, Getty Images Signature, Pravokrugulnik. Créditos de figuras: Figura 1 [Link], Figuras 2 y 4 proporcionadas por los autores. Los autores confirman que ningún párrafo del manuscrito ha sido generado completamente o con más del 50% de sus palabras con una herramienta de IA.

Dra. Selene Ramos Ortiz
Editora Asociada Revista CyN

Diseño de publicación: Sofia Paz



Guillermo Montero Martínez

Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático (ICAYCC), UNAM. Es investigador de la microfísica y la caracterización química de la precipitación pluvial. Sus temas de trabajo también incluyen los efectos de la lluvia en la erosividad del suelo y la modificación del tiempo meteorológico.

contacto: gmontero@atmosfera.unam.mx



Blanca Adilen Miranda Claudes

Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático (ICAYCC), UNAM. Estudiante de maestría en Ciencias de la Tierra. Su investigación se centra en los factores atmosféricos que causan la variación de la visibilidad.

contacto: amiranda@atmosfera.unam.mx



Irene Romero Nájera

Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático (ICAYCC), UNAM. Académica en la Sección Editorial del ICAYCC. Bióloga y Maestra en Ciencias por la UNAM. Le interesa la comunicación de la ciencia.

contacto: irene.romero@atmosfera.unam.mx