

Mapeo de Vulnerabilidad Climática y Contaminación Atmosférica en el Condado de Contra Costa: Identificación de Puntos Críticos e Intervenciones Dirigidas

Hoja Informativa
Enero 2026

Los residentes de Contra Costa experimentan impactos crecientes asociados al cambio climático, como el calor extremo y problemas persistentes de calidad del aire causados por la contaminación relacionada con la energía, la industria y el transporte. Estos impactos se suman a las cargas ambientales, institucionales y sociales desproporcionadas que muchos residentes ya enfrentan. El gobierno y las organizaciones comunitarias trabajan para abordar estos problemas, la persistente falta de datos dificulta el diseño, focalización e implementación de intervenciones. Cabe destacar que las tendencias locales en la calidad del aire, especialmente en las comunidades con alta demanda, no son captadas por los tres

monitores de partículas finas (PM_{2.5}) del Distrito de Gestión de la Calidad del Aire del Área de la Bahía (BAAQMD).

¿Qué es PM_{2.5} y por qué es importante?

PM_{2.5} es una mezcla de pequeñas partículas en suspensión producidas por fuentes como la combustión de combustibles fósiles, la actividad industrial, los automóviles de gasolina y el humo de los incendios forestales. La exposición a altos niveles de PM_{2.5} se ha asociado con mortalidad prematura y numerosos efectos adversos cardiovasculares, respiratorios y relacionados con el embarazo.¹

Para proteger la salud y el bienestar públicos, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) ha establecido normas regulatorias para este contaminante², que se han vuelto más estrictas con el tiempo a medida que aumenta nuestra comprensión de sus riesgos para la salud.³

1 (Guo et al., 2014) (EPA, 2025c)

2 Agencia de Protección Ambiental (EPA, 2025b). Tabla NAAQS. <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table>

3 Agencia de Protección Ambiental (EPA, 2025). Integrated Science Assessment (ISA) for Particulate Matter. <https://www.epa.gov/isa/integrated-science-assessment-isa-particulate-matter>

Si bien utilizamos estas normas como puntos de referencia útiles para nuestro estudio, solo se pueden utilizar monitores de grado regulatorio para determinar infracciones.

Este estudio identificó oportunidades para mitigar los impactos de estas exposiciones en la salud pública. En primer lugar, abordamos la brecha en el monitoreo del aire mediante la colaboración con socios comunitarios para implementar una red de 50 sensores Aeroqual de bajo costo en comunidades históricamente con monitoreo limitado. Combinamos estos datos con los de 700 sensores PurpleAir de propiedad privada y calibramos las mediciones reportadas para identificar las tendencias a nivel de vecindario en la contaminación por PM_{2.5} desde septiembre de 2023 hasta mayo de 2025 (Figura A). Posteriormente, estimamos la exposición al calor extremo utilizando datos satelitales de la NASA⁴ y evaluamos dónde los residentes podrían enfrentar exposiciones combinadas a la calidad del aire y al calor extremo.

Nuestro siguiente paso fue mostrar los desafíos únicos que enfrentan las diferentes comunidades, identificando puntos críticos donde estas exposiciones ambientales se superponen con las sensibilidades poblacionales y la baja capacidad de adaptación, generando vulnerabilidades climáticas específicas. Finalmente, realizamos una revisión de posibles intervenciones (incluyendo políticas, cambios en los hogares y esfuerzos comunitarios) y las examinamos desde la perspectiva de los miembros de la comunidad y su viabilidad mediante una sesión de escucha comunitaria.

¿Qué es la vulnerabilidad climática y por qué es importante?

La vulnerabilidad climática identifica el lugar donde, debido a una confluencia de factores, las personas

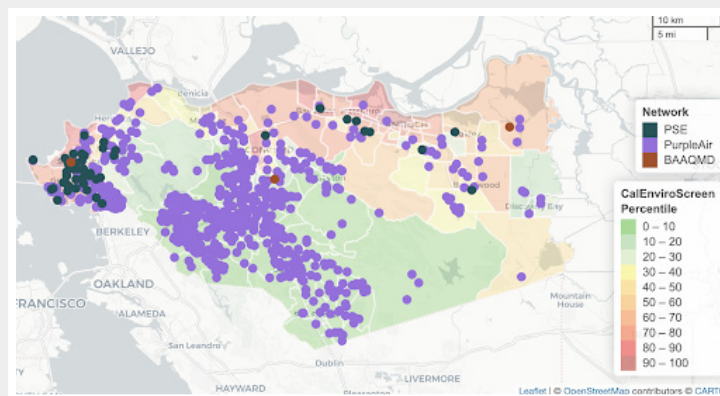


Figura A. Red de monitoreo de la calidad del aire en el condado de Contra Costa. Los monitores PurpleAir, gestionados independientemente de este estudio, ofrecen mayor información sobre las concentraciones locales de contaminación atmosférica que los sensores de BAAQMD, pero se concentran en zonas afluentes.⁵ Los monitores Aeroqual de PSE se instalaron estratégicamente en zonas con altos índices de CalEnviroScreen y una cobertura mínima de monitores y fueron instalados por voluntarios en viviendas, escuelas públicas, un departamento de bomberos y un centro de monitoreo de BAAQMD. No se incluyeron los datos de los tres monitores de PM_{2.5} de BAAQMD de grado regulatorio, aunque sus ubicaciones se muestran como referencia.

pueden sufrir mayores impactos en la salud a causa del cambio climático y debe considerarse para la planificación prioritaria de intervenciones. El marco de vulnerabilidad climática⁶ del Departamento de Salud Pública de California considera tres factores contribuyentes principales:

1. *Exposiciones ambientales* (p. ej., condiciones peligrosas como altas concentraciones de contaminación atmosférica o calor extremo),
2. *Sensibilidades de la población* (factores que exacerban los impactos de las exposiciones ambientales, como la edad avanzada o ciertas ocupaciones; la pobreza aumenta la sensibilidad) y
3. *Capacidad de adaptación* (infraestructura y recursos que pueden mitigar los impactos, como la cobertura arbórea o el aire acondicionado; la pobreza también reduce la capacidad de adaptación).

4 Thornton, M. M., Shrestha, R., Wei, Y., Thornton, P. E., & Kao, S.-C. (2020). Daymet: Daily Surface Weather Data on a 1-km Grid for North America, Version 4 [Dataset].

ORNL DAAC. <https://doi.org/10.3334/ORNLDAAC/1840>

5 (Liang et al., 2021) (Desouza & Kinney, 2021)

6 Departamento de Salud Pública de California (CDPH, 2023). Indicadores de cambio climático y vulnerabilidad sanitaria para California.

<https://www.cdph.ca.gov/Programs/OHE/Pages/CC-Health-Vulnerability-Indicators.aspx>

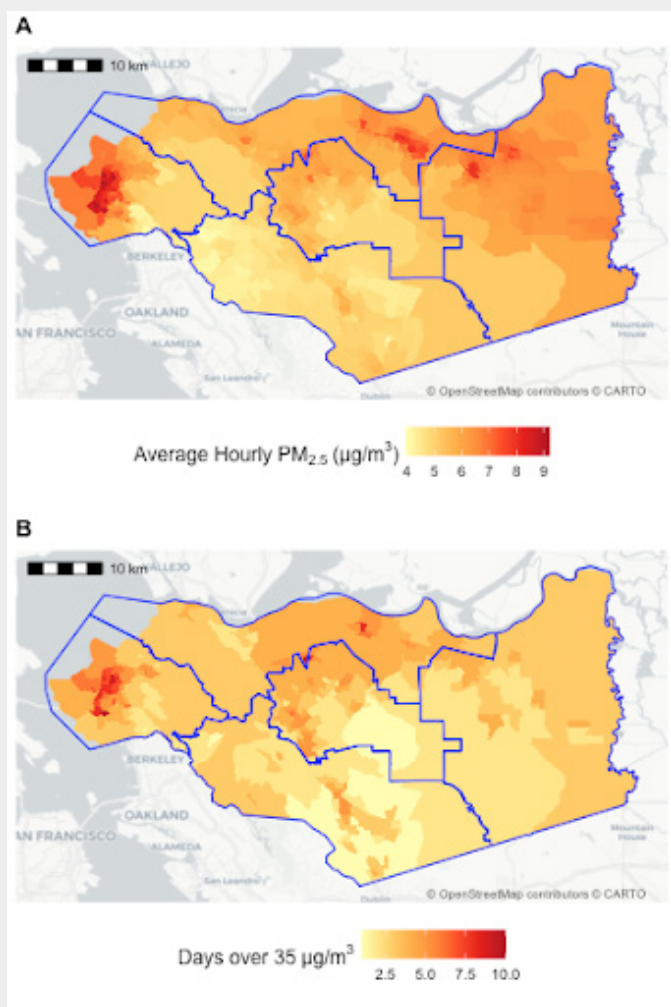


Figura C. Concentraciones de material particulado fino (PM_{2.5}) en el condado de Contra Costa, septiembre de 2023 - mayo de 2025. El panel A ilustra las concentraciones horarias promedio durante el período de estudio en el grupo de bloques censales. El panel B ilustra el número de días con concentraciones medias de PM_{2.5} en 24 horas superiores a 35 µg/m³, el NAAQS de la EPA de EE. UU. para concentraciones diarias de PM_{2.5}, para cada grupo de bloques. El panel B ilustra que las líneas azules representan los límites de los distritos de supervisión. Una concentración diaria superior al umbral no constituye una infracción, ya que las infracciones se evalúan durante un período de tres años mediante monitores de calidad regulatoria.



Hallazgos Clave

Calidad del Aire y Calor Extremo

Identificamos puntos críticos de contaminación atmosférica en Richmond, San Pablo, Antioch, Oakley y Pittsburg, incluyendo concentraciones de PM_{2.5} a largo plazo de entre 8 y 9 microgramos por metro cúbico (µg/m³) (**Figura C**). Aunque está por debajo del estándar⁷ de la EPA de EE. UU. de 9 µg/m³, este nivel de contaminación aún puede representar un riesgo para la salud, según estudios que muestran los efectos nocivos de la exposición prolongada incluso a niveles bajos de PM_{2.5}.⁸ Richmond, Martinez y Pittsburg registraron los episodios más frecuentes de contaminación atmosférica aguda.

Utilizamos los cinco distritos de supervisión del Condado de Contra Costa para organizar un análisis regional a una escala útil para la acción política y comunitaria local. Las concentraciones promedio de PM_{2.5} fueron mayores en los Distritos 1 (Oeste) y 5 (Norte), que albergan varios contaminantes (refinerías de petróleo, centrales eléctricas, actividad industrial) y tráfico vehicular intenso, así como en el Distrito 3 (Este), que experimenta altas temperaturas que pueden atrapar y amplificar la contaminación atmosférica en la zona.

Nuestros hallazgos demuestran cómo el monitoreo local intensivo con sensores de bajo costo puede identificar las exposiciones a riesgos específicos y las tendencias de exposición dentro de una comunidad, ofreciendo una imagen más detallada que los monitores regulatorios dispersos.

La exposición al calor extremo siguió un gradiente este-oeste, con los eventos de calor extremo más frecuentes en el Distrito 3 (Este). Las comunidades del noreste de Contra Costa experimentaron la mayor exposición dual a la contaminación atmosférica y al calor extremo.

⁷ Agencia de Protección Ambiental (EPA, 2025b). Tabla NAAQS. <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table>

⁸ Liu, J., Varghese, B. M., Hansen, A., Zhang, Y., Driscoll, T., Morgan, G., ... & Bi, P. (2022). Exposición al calor y resultados de salud cardiovascular: una revisión sistemática y un metaanálisis. *The Lancet Planetary Health*, 6(6), e484-e495.

La evidencia también sugiere que las poblaciones afroamericanas e hispanas, así como quienes trabajan al aire libre y los niños menores de cinco años, experimentaron niveles promedio más altos de contaminación atmosférica y más eventos de calor extremo que otros grupos demográficos. Además, las personas que viven por debajo del 200% del Nivel Federal de Pobreza experimentaron niveles de contaminación atmosférica ligeramente más altos. Es probable que las diferencias demográficas se deban a fuentes de contaminación cercanas, como zonas industriales y carreteras con mucho tráfico.

Vulnerabilidad climática e intervenciones focalizadas

Las comunidades de Contra Costa presentan diferentes exposiciones, sensibilidades poblacionales y capacidades de adaptación que se superponen (véase la **Figura D** como ejemplo de la superposición de la contaminación atmosférica, la pobreza y la residencia de trabajadores al aire libre). Para mayor eficacia, las intervenciones también pueden diseñarse para abordar la combinación específica de desafíos de cada comunidad, teniendo en cuenta los recursos y las limitaciones locales. Por ejemplo, los residentes del sur de Richmond y Antioch enfrentan niveles de contaminación relativamente altos, pero dadas las altas tasas de pobreza en esas mismas zonas, los hogares podrían necesitar apoyo financiero para comprar, operar y mantener purificadores de aire y mitigar esta exposición. Al mismo tiempo, las intervenciones a escala comunitaria, como la reducción de las fuentes de emisiones locales, podrían ayudar a aliviar la contaminación atmosférica independientemente del nivel de riqueza de los hogares y proteger a los trabajadores al aire libre que tienen menos control sobre su exposición al aire libre.

Identificamos un conjunto de factores clave a considerar al diseñar intervenciones para abordar los grupos superpuestos de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación. Estos incluyen quién puede implementar una intervención determinada, qué barreras podrían enfrentar, el mecanismo de la intervención, la amplitud de los beneficios potenciales y la alineación con

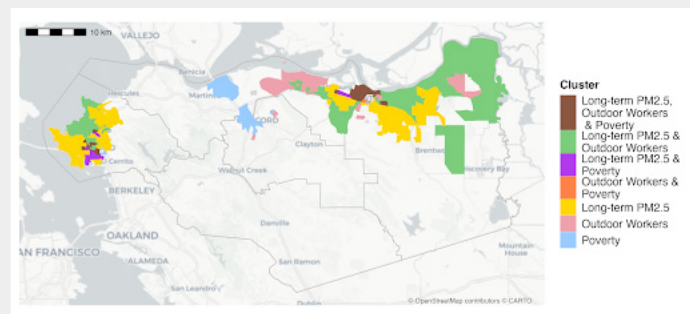


Figura D. Superposición de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación en el Condado de Contra Costa. Grupos de bloques censales con altos niveles de exposición a PM_{2.5}, así como altas concentraciones de poblaciones sensibles (trabajadores al aire libre) y baja capacidad de adaptación (representada por la pobreza).

otros objetivos locales, regionales o estatales. La implementación eficaz y equitativa de intervenciones a nivel doméstico, como el uso del aire acondicionado, requiere un apoyo especial para superar obstáculos como la carga financiera y el desconocimiento de los programas existentes. **Al diseñar intervenciones, es fundamental que los planificadores y los responsables de las políticas comprendan y consideren el contexto de cada comunidad: sus exposiciones, sensibilidades poblacionales, capacidades de adaptación y barreras.**



Mirando hacia el futuro

Nuestros hallazgos pueden fundamentar nuevos esfuerzos y modificar los actuales para proteger a las poblaciones vulnerables de las exposiciones relacionadas con el clima y la contaminación en Contra Costa.

Organizaciones gubernamentales y no gubernamentales y el estado tienen programas para apoyar intervenciones que puedan abordar estas exposiciones; por ejemplo, los planes de acción y adaptación climática del condado incluyen algunas de las intervenciones identificadas en nuestra revisión.

Para comprender y abordar mejor las vulnerabilidades ambientales y climáticas, recomendamos a las partes interesadas, planificadores y legisladores que:
To better understand and address environmental and climate vulnerabilities, we recommend that stakeholders, planners, and policymakers:

- Analicen las exposiciones adicionales, las sensibilidades de la población y las capacidades de adaptación, como las inundaciones, las condiciones de salud preexistentes y las barreras lingüísticas. Esto incluye cómo los fenómenos meteorológicos extremos impactan tanto a los vecindarios como a las redes de transporte, energía y agua que los sustentan.
- Desarrollar y mantener una red de sensores de bajo costo, especialmente en el este de Contra Costa, para ayudar a subsanar las deficiencias en el monitoreo de la calidad del aire.
- Seguir considerando cómo diseñar intervenciones para mitigar múltiples exposiciones y vulnerabilidades.
- Realizar una participación comunitaria específica y localizada para comprender qué intervenciones se adaptan mejor a las necesidades de la comunidad y qué líneas de comunicación y apoyo son necesarias para garantizar que los residentes conozcan y puedan acceder a estas intervenciones específicas.

Para obtener más información sobre este trabajo, consulte el informe completo “Mapeo de la vulnerabilidad climática y la contaminación del aire en el condado de Contra Costa: identificación de puntos críticos y focalización de intervenciones”.

