

Hayward

Plan de monitoreo del aire de la comunidad

Iniciativa Estatal de Monitoreo Móvil (SMMI)



Elaborado por Aclima, Inc.

en colaboración con el Grupo de Expertos del Proyecto SMMI

Septiembre de 2025



La iniciativa Estatal de Monitoreo Móvil forma parte de las Inversiones del Clima de California, una iniciativa estatal que destina miles de millones de dólares de Cap-and-Invest, anteriormente conocido como Cap-and-Trade, para la reducción de gases de efecto invernadero, fortalecimiento de la economía y mejoramiento de la salud pública y el medio ambiente – especialmente en comunidades en desventaja.

Resumen

Este Plan de Monitoreo del Aire Comunitario se ha elaborado en el marco de la Iniciativa Estatal de Monitoreo Móvil (SMMI), un proyecto de la Junta de Recursos del Aire de California. La SMMI es una iniciativa estatal que utiliza métodos de monitoreo móvil para recopilar un conjunto de datos completo sobre contaminantes atmosféricos, contaminantes tóxicos del aire y gases de efecto invernadero. La SMMI forma parte de California Climate Investments y tiene como objetivo reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar la salud pública, especialmente en las comunidades desfavorecidas. Aclima, Inc., una corporación de beneficio público de California dedicada a la tecnología de monitoreo del aire, fue contratada por la Junta de Recursos del Aire de California para desarrollar e implementar planes comunitarios de monitoreo del aire utilizando monitoreo móvil en 62 comunidades nominadas de manera consistente (CNC), que han sido nominadas para el programa de protección del aire comunitario, pero no han sido seleccionadas para participar. Se necesitan recursos para abordar la contaminación del aire en estas comunidades.

El objetivo principal del SMMI es proporcionar una mejor comprensión de la contaminación atmosférica en 62 CNC mediante la monitorización móvil, siguiendo un plan de monitorización atmosférica comunitaria rigurosamente desarrollado y basado en una participación comunitaria eficaz e inclusiva.

El objetivo de este Plan de Monitoreo del Aire Comunitario (CAMP) es describir el monitoreo móvil del aire que se llevará a cabo en respuesta a los problemas de calidad del aire identificados por la comunidad de Hayward e informar sobre los planes futuros y las acciones de la comunidad. Este CAMP describirá los objetivos de monitoreo que reflejan las preocupaciones de los residentes sobre dónde y qué tipo de contaminación tiene mayor impacto. Las opiniones de la comunidad determinaron dónde se llevará a cabo el monitoreo móvil del aire, los objetivos de monitoreo y dónde se necesitan estudios específicos sobre la contaminación. Este proyecto también busca garantizar que los datos se compartan de manera accesible con todas las partes interesadas, incluidos los miembros de la comunidad, para apoyar la planificación y la implementación de acciones de reducción de emisiones. Los datos se presentarán en formato digital, en forma impresa y verbalmente en seminarios web públicos.

Contenido

Resumen	3
Lista de abreviaturas utilizadas en el Plan de Monitoreo del Aire de la Comunidad	6
¿Cuál es la razón para llevar a cabo el monitoreo del aire?	8
1. Enfoque de colaboración con la comunidad	8
1.1 Funciones y responsabilidades del equipo del proyecto en las asociaciones comunitarias	8
1.2 Recursos de SMMI	10
1.2.1 Herramientas de participación	10
1.3 Reuniones comunitarias en todo el estado	10
1.4 Participación durante y después del monitoreo	11
2. Indique el propósito específico de la comunidad para el monitoreo del aire	11
2.1 Perfil de la comunidad de Hayward	12
2.2 Motivaciones específicas de la comunidad de Hayward para el monitoreo del aire	13
2.3 Lagunas en la información sobre la calidad del aire que abordará SMMI	19
3. Alcance de las acciones	20
4. Objetivos de la monitorización del aire	21
4.1 Definir los objetivos	21
4.2 Definir métodos de monitoreo móvil para respaldar los objetivos	21
4.3 Preocupaciones, objetivos y planes de análisis definidos por la comunidad	24
5. Funciones y responsabilidades del proyecto	25
¿Cómo se llevará a cabo el monitoreo?	29
6. Objetivos de calidad de los datos	29
7. Métodos y equipos de monitoreo	31
7.1 Equipo de monitoreo	31
7.2 Métodos de monitoreo: monitoreo de áreas extensas	33
7.3 Métodos de monitoreo: monitoreo de áreas específicas	34
7.4 Ventajas y limitaciones del monitoreo móvil	34
8. Áreas de monitoreo	35
8.1 Asignación de kilometraje a las comunidades	35
8.2 Cobertura del monitoreo de áreas amplias	36
8.3 Monitoreo de áreas específicas	39
9. Procedimientos de control de calidad	41
9.1 Procedimientos de garantía y control de calidad de Aclima	41
9.2 Procedimientos de garantía y control de calidad de los laboratorios móviles asociados	44
10. Gestión de datos	45
10.1 Categorías y niveles de datos	45
10.2 Canalización de la gestión de datos	46
10.3 Revisión de datos y garantía de calidad	46

10.4 Transferencia de datos	47
10.5 Visualización de datos	47
11. Plan de trabajo para la realización de mediciones de campo	47
11.1 Monitoreo de áreas extensas	47
11.1.1 Materiales y procedimientos de campo	47
11.1.2 Comunicación y coordinación	47
11.1.3 Calendario: duración, frecuencia, hitos y plazos	48
11.2 Monitoreo de áreas específicas	48
11.2.1 Materiales y procedimientos de campo	48
11.2.2 Comunicación y coordinación sobre el terreno	48
11.2.3 Calendario: duración, frecuencia, hitos y plazos	49
¿Cómo se utilizarán los datos para tomar medidas?	49
12. Evaluación de la eficacia	49
12.1 Evaluación de la eficacia durante el periodo de seguimiento:	49
12.2 Evaluación de la eficacia al final del período de monitoreo:	51
12.3 Fin del monitoreo	52
13. Análisis e interpretación de datos	52
13.1 Preparación de los conjuntos de datos finalizados	52
13.2 Análisis, interpretación y visualización de datos por parte de Aclima	52
14. Comunicación de los resultados para respaldar la acción	56
14.1 Notificación de concentraciones elevadas antes de la finalización del contrato	56
14.2 Acceso público a los datos	60
14.3 Mapas narrativos de la comunidad	60
14.4 Informe final	60
Anexos	62

Lista de abreviaturas utilizadas en el Plan de monitoreo del aire de la comunidad

Abreviaturas	Término
ACPHD	Departamento de Salud Pública del Condado de Alameda
AMN	Nodo móvil Aclima
AMP	Plataformas móviles Aclima
AQS	Sistema de calidad del aire
BAAQMD	Distrito del Aire de la Bahía
BC	Carbono negro
C ₂ H ₆	Etano
CAMP	Plan de monitoreo del aire comunitario
CARB	Consejo de Recursos del Aire de California
CBO	Organizaciones comunitarias
CES	CalEnviroScreen
CH ₄	Metano
CNC	Comunidad nominada de manera constante
CO	Monóxido de carbono
CO	Dióxido de carbono
EPA	Agencia de Protección Ambiental
GEI	Gases de efecto invernadero
L0	Nivel 0
L1	Nivel 1
L2a	Nivel 2a
L2b	Nivel 2b

Abreviaturas	Término
L3	Nivel 3
L4	Nivel 4
NO	Óxido nítrico
NO	Dióxido de nitrógeno
NOx	Óxidos de nitrógeno totales
O3	Ozono
PEG	Grupo de expertos del proyecto
PEL	Límite de exposición permisible
IP	Investigador principal
PM2.5	Partículas finas en suspensión
PML	Laboratorio móvil asociado
Control de calidad	Garantía de calidad
QC	Control de calidad
REL	Nivel de exposición de referencia
RFP	Solicitud de propuesta
SMMI	Iniciativa Estatal de Monitoreo Móvil
TVOC	Compuestos orgánicos volátiles totales

¿Cuál es el motivo para llevar a cabo el monitoreo del aire?

1. Enfoque de colaboración con la comunidad

La Iniciativa Estatal de Monitoreo Móvil (SMMI) da prioridad a la formación de sólidas asociaciones comunitarias desde el principio para guiar el desarrollo de los Planes Comunitarios de Monitoreo del Aire (CAMP).

[El Plan de Participación Comunitaria](#) de la SMMI (Apéndice A) es fundamental para el éxito de la SMMI, ya que hace hincapié en que las comunidades deben desempeñar un papel protagonista en el diseño, la participación y la implementación para que la iniciativa tenga éxito. Aclima ha implementado un modelo de coliderazgo con expertos comunitarios existentes y de copropiedad con las comunidades. Este modelo se basa en [el Modelo de Participación Comunitaria](#) de CARB, [el Plan de Acción Popular](#), [el Plan de Acción 2.0 de CARB](#) y [el Espectro de Participación Comunitaria hacia la Propiedad de Facilitating Power](#). Los objetivos del enfoque de colaboración comunitaria incluyen:

1. Desarrollar e implementar CAMP que respondan a las preocupaciones y necesidades de los miembros de la comunidad en materia de calidad del aire en las zonas con exceso de contaminación.
2. Definir objetivos de monitoreo que reflejen las preocupaciones de los residentes sobre dónde y qué tipo de contaminación tiene mayor impacto. Las opiniones de la comunidad determinarán dónde se llevará a cabo el monitoreo móvil del aire, los objetivos de monitoreo y dónde se necesitan estudios específicos sobre la contaminación.
3. Desarrollar la capacidad de la comunidad para interpretar los datos móviles sobre la calidad del aire y ayudar a traducir los datos en acciones para la reducción de emisiones y la mejora de la salud pública.
4. Garantizar que los datos se compartan de forma accesible con todas las partes interesadas, incluidos los miembros de la comunidad, para apoyar la planificación y la implementación de medidas de reducción de emisiones.

Varios grupos desempeñan un papel fundamental en la implementación y el éxito del SMMI. El Grupo de Expertos del Proyecto SMMI (PEG) incluye a miembros de la comunidad, representantes de los distritos locales de aire, organizaciones comunitarias (CBO) y el mundo académico. Más del 50 % del PEG está compuesto por miembros de la comunidad o representantes de las CBO. Los responsables de participación, que son organizaciones comunitarias de confianza, son subcontratados para dirigir y facilitar la participación de la comunidad en 60 de las 62 comunidades nominadas de forma consistente (CNC); la participación de la comunidad en Hayward y Fairfield fue facilitada por el personal de Aclima. Los responsables de participación trabajan en estrecha colaboración con Aclima y el PEG para garantizar que los CAMP respondan a las necesidades de la comunidad y que la participación sea cultural y lingüísticamente relevante. La Junta de Recursos del Aire de California (CARB) financia y supervisa el SMMI. Aclima, como empresa contratada para la tecnología de monitoreo del aire, es responsable de llevar a cabo la participación de la comunidad y el monitoreo móvil. El proyecto tiene como objetivo un proceso colaborativo en el que los miembros de la comunidad contribuyan activamente a definir los objetivos del monitoreo del aire y el alcance de las acciones.

1.1 Funciones y responsabilidades del equipo del proyecto para las asociaciones comunitarias

El equipo central del proyecto está formado por personal remunerado de varias organizaciones diferentes. Estos se describen en la tabla 1.1. Las funciones y responsabilidades adicionales del proyecto se describen en la sección 5.

Responsables de participación: Aclima ha subcontratado a organizaciones o líderes comunitarios de confianza para que dirijan y co-gestionen las iniciativas de participación comunitaria en las comunidades designadas. Estos responsables de participación se encargan de diseñar y aplicar estrategias de participación, llevar a cabo actividades de divulgación y colaborar con Aclima para traducir los conocimientos de la comunidad (por ejemplo, las preocupaciones sobre la contaminación atmosférica) en CAMP que den respuesta a esas preocupaciones. Algunas organizaciones pueden abarcar más de una comunidad. Los responsables de participación distribuyen una encuesta sobre preocupaciones relacionadas con la contaminación atmosférica y dirigen y llevan a cabo actividades de divulgación para dos reuniones comunitarias, que sirven de foro para que los miembros de la comunidad y otras partes interesadas debatan las preocupaciones locales sobre la contaminación atmosférica y definan dónde les gustaría que se realizara el monitoreo de la calidad del aire. El responsable de participación también se encarga de resumir estas reuniones para Aclima, que luego integra las preocupaciones de la comunidad en el CAMP. Los responsables de participación actúan como enlace entre los miembros de la comunidad y Aclima y CARB, ayudando a plantear las preguntas y preocupaciones de la comunidad y comunicando las novedades del proyecto a la comunidad. En dos comunidades, Hayward y Fairfield, el equipo del proyecto no pudo identificar organizaciones que actuaran como responsables de participación y llevó a cabo su trabajo de forma interna.

Grupo de expertos del proyecto (PEG): Un grupo intersectorial de representantes de los distritos locales de aire, organizaciones comunitarias, el mundo académico y residentes de comunidades sobrecargadas que guía la participación de la comunidad y la toma de decisiones para este proyecto. Más del 50 % del Grupo de expertos del proyecto está compuesto por miembros de la comunidad o representantes de organizaciones comunitarias. El PEG actúa como un grupo de expertos de confianza para ayudar a definir y dirigir la iniciativa y garantizar que satisfaga las necesidades de la comunidad. Los miembros del PEG son responsables de asistir a ocho reuniones durante el periodo del proyecto y de completar seis tareas que ayudan a informar y dirigir el proyecto. En concreto, los miembros del PEG ayudaron a dar forma al contenido del Plan de Participación Comunitaria, formaron parte del comité de selección de los responsables de participación y diseñaron la metodología para asignar las millas de monitoreo a cada comunidad del proyecto. Fuera de las reuniones y las tareas, Aclima solicita a los miembros del PEG que apoyen la toma de decisiones en áreas relevantes para su experiencia profesional y vital.

Equipo del proyecto de Aclima: Aclima supervisa las estrategias de participación local y apoya a los responsables de participación ofreciéndoles conocimientos técnicos, interpretación de datos, materiales de divulgación y apoyo en las reuniones. Aclima es responsable de organizar y facilitar todas las reuniones del PEG y de gestionar las tareas del PEG.

Tabla 1.1: Equipos del proyecto y datos de contacto

Organización/equipo	Datos de contacto	Tipo de apoyo ofrecido
CARB	smmi@arb.ca.gov	Todas las preguntas sobre el proyecto una vez finalizado este (mayo de 2026)
Aclima	carb-team@aclima.earth	Actualizaciones de monitoreo, participación de la comunidad y preguntas sobre CAMP durante el período del proyecto (hasta mayo de 2026)
Grupo de expertos del proyecto	carb-team@aclima.earth	Preguntas sobre el marco de participación de la comunidad y las oportunidades de participación en todo el estado durante el período del proyecto (hasta mayo de 2026).

1.2 Recursos del SMMI

El sitio web de CARB SMMI (<https://ww2.arb.ca.gov/statewide-mobile-monitoring-initiative>) detalla los objetivos del SMMI, el tamaño y el destinatario de la adjudicación del contrato y las colaboraciones con instituciones de investigación. Además, el sitio web describe los esfuerzos de participación de la comunidad, las oportunidades de participación pública y el desarrollo de planes de monitoreo del aire. El sitio web proporciona acceso a documentos resumidos, incluida la solicitud de propuestas (RFP) original de CARB, un resumen del proyecto de una página, preguntas frecuentes y la propuesta técnica de Aclima.

El sitio web de Aclima SMMI (<https://aclima.earth/ca-smmi>) ofrece una visión general de la SMMI. Explica el enfoque de participación de la comunidad, el alcance del proyecto, la tecnología y el enfoque de monitoreo, y la disponibilidad de datos. El sitio web también proporciona acceso al comunicado de prensa conjunto de Aclima y CARB.

1.2.1 Herramientas de participación

Las herramientas en línea y fuera de línea utilizadas para apoyar la participación de la comunidad como parte del desarrollo del CAMP incluyen:

En línea

- Sitio web del proyecto Aclima: para obtener actualizaciones, recursos e información de contacto.
- Encuesta geográfica sobre la contaminación atmosférica: encuesta en línea para recabar la opinión de la comunidad sobre cuestiones relacionadas con la calidad del aire.
- Herramienta de selección de monitoreo de áreas amplias para que los miembros de la comunidad seleccionen los límites del monitoreo de áreas amplias, dados los recursos de conducción asignados a cada comunidad.
- Gráficos para redes sociales: gráficos y textos personalizables para las iniciativas de divulgación.
- Informe resumido de la reunión: Plantilla de documento para documentar el contenido de la reunión.

Fuera de línea

- Folletos físicos: folletos personalizables para distribuir en los centros comunitarios.
- Folleto sobre el desarrollo del plan de monitoreo del aire de la comunidad: infografía que detalla el proceso de desarrollo del plan de monitoreo del aire de la comunidad.
- Divulgación puerta a puerta (en algunas comunidades)
- Divulgación por teléfono/mensajes de texto (en algunas comunidades)
- Anuncios de radio y/o entrevistas sobre el proyecto (en algunas comunidades)

1.3 Reuniones comunitarias en todo el estado

El Plan de Participación Comunitaria incluye las siguientes reuniones comunitarias en todo el estado:

- **Reunión previa/Introducción al proyecto:** Una reunión en línea para presentar el proyecto y responder preguntas, celebrada a nivel del distrito aéreo.
- **Reunión 1 / Primer borrador del límite del plan comunitario de monitoreo del aire:** Una reunión híbrida (presencial y en línea) para identificar las preocupaciones de la comunidad sobre la calidad del aire, los objetivos de monitoreo, las áreas de monitoreo y las funciones de la comunidad en el proyecto.
- **Reunión 2 / Confirmación del plan de monitoreo del aire de la comunidad:** Una reunión híbrida (presencial y en línea) para confirmar las áreas de monitoreo y revisar los borradores del plan o planes de monitoreo del aire de la comunidad.
- **Reunión 3 (serie) / Resultados del proyecto:** una serie de reuniones en línea, organizadas geográficamente por distrito aéreo (o a nivel de subdistrito si es necesario), para explicar los resultados del proyecto, responder preguntas y discutir los siguientes pasos.

1.4 Participación durante y después de la monitoreo

El público seguirá teniendo oportunidades de participar en el SMMI durante todo el monitoreo y después de su finalización.

Durante el periodo de monitoreo:

- Sitio web del proyecto: utilice el sitio web del proyecto para acceder a actualizaciones, recursos e información de contacto.
- Seminarios web y formación: participe en sesiones en línea sobre alfabetización en datos, interpretación, casos de éxito en la reducción de emisiones y políticas/regulaciones de gestión del aire.
- Páginas del proyecto específicas para cada comunidad (a través del sitio web del proyecto): encuentre actualizaciones, información de contacto y deje comentarios/opiniones para cada comunidad nominada de forma consistente en el sitio web del proyecto.
- Comunicación continua: reciba actualizaciones por correo electrónico sobre el progreso hacia la finalización del monitoreo (si se proporcionó la información de contacto durante el proceso de participación). Por ejemplo, resúmenes mensuales de notificaciones de eventos (véase la sección 14.1), progreso del monitoreo en áreas amplias y ubicaciones donde los PML han completado el monitoreo.

- Horario de atención: asista al horario de atención en línea para hacer preguntas relacionadas con el proyecto al equipo de Aclima.

Después del periodo de monitoreo:

- Datos disponibles públicamente alojados por CARB.
- StoryMaps: explore visualizaciones de datos interactivas para cada comunidad nominada de forma sistemática.
- Reunión sobre los resultados del proyecto: Asista a las reuniones en línea para conocer los resultados del proyecto, hacer preguntas, compartir experiencias y debatir los próximos pasos. Estas reuniones se celebrarán en inglés con interpretación al español y salas de descanso designadas en español.
- Encuesta posterior a la reunión: Proporcione comentarios anónimos sobre el proyecto y el proceso de participación después de las reuniones sobre los resultados del proyecto.

2. Indique el propósito específico de la comunidad para el monitoreo del aire

El objetivo principal del SMMI es desarrollar e implementar planes comunitarios de monitoreo del aire que respondan a las preocupaciones sobre la calidad del aire de los miembros de la comunidad y otras partes interesadas en los 62 CNC. Estas comunidades han sido nominadas constantemente por los distritos de aire, las organizaciones comunitarias y los miembros de la comunidad como comunidades que necesitan atención adicional para abordar los altos niveles de contaminación del aire.

La monitorización del aire en la comunidad se divide generalmente en dos tipos de preocupaciones relacionadas con la contaminación atmosférica:

1. Monitoreo de la calidad del aire ambiente: medir los niveles de contaminantes atmosféricos relevantes para comprender qué áreas de la comunidad están sufriendo **impactos desproporcionados o desiguales** por la contaminación atmosférica, así como evaluar las concentraciones medidas en comparación con las normas existentes y la información histórica.
2. Monitoreo de fuentes fijas: medición de los contaminantes atmosféricos cerca de **fuentes de emisión fijas específicas** (por ejemplo, instalaciones industriales) para comprender y caracterizar mejor el aire en las proximidades de estas fuentes conocidas o sospechosas.

Este plan de monitoreo del aire abordará estos objetivos de monitoreo —identificar y caracterizar las áreas que sufren impactos desproporcionados de la contaminación atmosférica y las fuentes específicas de emisión de contaminantes atmosféricos— centrándose en las fuentes específicas y los problemas de contaminación atmosférica identificados por la comunidad. Se solicitó la opinión de los residentes y otras partes interesadas a través de reuniones comunitarias y encuestas para comprender la carga de contaminación de la comunidad. Se utilizó una encuesta sobre preocupaciones relacionadas con la contaminación atmosférica, diseñada específicamente para ayudar a identificar las preocupaciones prioritarias en cada comunidad y recopilar información detallada que sirviera de guía para los objetivos de monitoreo. Los CAMP definirán dónde se llevará a cabo el monitoreo móvil del aire, cuáles son los objetivos de monitoreo y dónde se necesitan estudios específicos sobre la contaminación, todo ello dirigido por las opiniones de la comunidad.

2.1 Perfil de la comunidad de Hayward

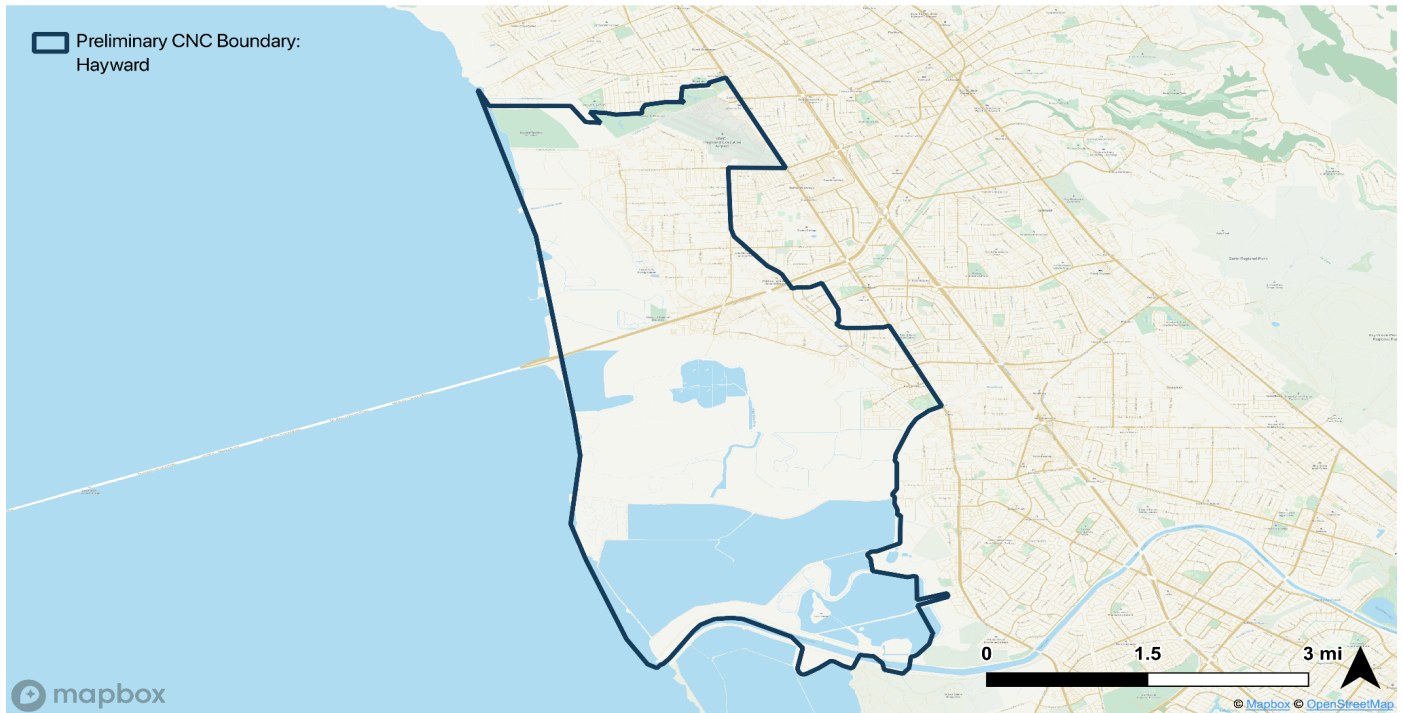


Figura 2.1: Límites preliminares del CNC de Hayward

Hayward, California, se encuentra en el condado de Alameda, a lo largo de la costa este de la bahía de San Francisco. La ciudad está dividida en dos por la Interestatal 880, un importante corredor de transporte, y se encuentra junto a líneas ferroviarias de mercancías y zonas industriales, todo lo cual contribuye a la exposición a la contaminación atmosférica. La geografía de Hayward, con llanuras costeras bordeadas por colinas al este, puede influir en la dispersión de los contaminantes, atrapando en ocasiones la contaminación atmosférica en determinadas condiciones meteorológicas. La ciudad se considera de carácter urbano a suburbano, con zonas residenciales e industriales más densas en el oeste y más zonas residenciales y espacios abiertos en el este.

Hayward, California, es una ciudad demográficamente diversa con una población de 162 954 habitantes, según el censo de 2020 de los Estados Unidos. La ciudad tiene una población racialmente diversa, con grandes comunidades asiáticas e hispanas, junto con proporciones más pequeñas de residentes blancos, negros y multirraciales. La ciudad tiene una renta media por hogar de 86 744 dólares, pero el 10,5 % de los residentes vive por debajo del umbral de la pobreza¹. La edad media es de 38,9 años, lo que refleja un equilibrio entre las familias más jóvenes y los adultos de edad avanzada². Aunque los datos específicos sobre idiomas en Hayward son limitados, el condado de Alameda informa de que el 43,3 % de los residentes habla un idioma distinto del inglés en casa, lo que indica una necesidad significativa de servicios multilingües¹. En cuanto a la educación, el 85,5 % de los adultos mayores de 25 años de Hayward tienen al menos un título de secundaria, y el 32,5 % han obtenido una licenciatura o un título superior².

¹ Oficina del Censo de los Estados Unidos. (2024). *Datos rápidos: ciudad de Hayward, California*.

<https://www.census.gov/quickfacts/fact/table/haywardcitycalifornia/PST045224>

² Census Reporter. (2024). *Perfil de Hayward, California*. <https://censusreporter.org/profiles/16000US0633000-hayward-ca/>

La complejidad demográfica de Hayward crea necesidades específicas de participación comunitaria. La gran diversidad lingüística exige una divulgación en varios idiomas para garantizar que todos los residentes puedan acceder a la información y participar en la vida cívica. Las disparidades económicas pueden limitar la participación, especialmente entre los residentes con bajos ingresos que se enfrentan a barreras financieras o de tiempo para participar. La edad media sugiere que las estrategias de participación deben dirigirse tanto a los adultos mayores, que pueden ser más susceptibles a los riesgos para la salud y el medio ambiente, como a las familias más jóvenes, que pueden dar prioridad a la educación y a la inversión comunitaria a largo plazo. La recopilación de datos cualitativos, como grupos focales con residentes multilingües, entrevistas con líderes locales de organizaciones sin fines de lucro y encuestas sobre la conciencia ambiental, puede proporcionar información valiosa sobre las barreras y motivaciones que afectan a la participación cívica. Según CalEnviroScreen 4.0, aunque ningún sector censal de Hayward está designado oficialmente como comunidad desfavorecida según la ley SB 535, varios sectores del oeste y el centro se acercan al umbral del percentil 75, especialmente en zonas con elevados índices de contaminación y vulnerabilidad social. Estas zonas tienden a encontrarse en el sur y el oeste de Hayward, donde convergen las principales carreteras, la actividad industrial y la desinversión histórica.

Las tendencias sanitarias en Hayward reflejan los impactos asociados a la mala calidad del aire. Estas cargas sanitarias se concentran en el oeste de Hayward, donde la proximidad a las principales autopistas, corredores de mercancías, instalaciones industriales y lugares de limpieza aumenta la exposición a contaminantes nocivos como las PM_{2.5} (partículas finas), las partículas diésel y los tóxicos atmosféricos relacionados con el tráfico. Los indicadores de exposición de CalEnviroScreen muestran que varias zonas de Hayward se encuentran por encima del percentil 50 en cuanto a PM diésel, ozono y densidad de tráfico, lo que hace que la calidad del aire sea una preocupación constante para la salud pública. La ciudad registra tasas elevadas de asma, especialmente entre los niños, así como una mayor incidencia de enfermedades cardiovasculares y bajo peso al nacer, afecciones que a menudo se relacionan con la contaminación atmosférica^{3,4}.

2.2 Motivaciones específicas de la comunidad de Hayward para la monitorización del aire

Preocupaciones de la comunidad en materia de contaminación atmosférica

Para identificar las motivaciones específicas de la comunidad para el monitoreo del aire en Hayward, Aclima recopiló las preocupaciones sobre la calidad del aire y las fuentes de emisión directamente de la comunidad. Se distribuyó una encuesta sobre preocupaciones por la contaminación del aire de SMMI por correo electrónico, se distribuyó en persona en reuniones comunitarias y se puso a disposición durante otros eventos en la comunidad. Además, el personal de Aclima recopiló las preocupaciones sobre la contaminación del aire expresadas durante las reuniones comunitarias en apoyo al esfuerzo de SMMI.

Las fuentes de contaminación en Hayward incluyen instalaciones industriales, corredores de transporte y vertederos de residuos peligrosos. Muchas de ellas se concentran en la parte occidental de la ciudad, donde la exposición acumulada a la contaminación sigue siendo la más alta⁵. En 2024, la ciudad de Hayward adoptó un Elemento de Justicia Ambiental, con el objetivo de integrar la equidad en el uso del suelo y la planificación ambiental. Esto incluye

³ Departamento de Salud Pública del Condado de Alameda. (2016). Perfil de salud de Hayward [PDF].

<https://acphd-web-media.s3-us-west-2.amazonaws.com/media/data-reports/city-county-regional/docs/hayward.pdf>

⁴ Distrito del Aire del Área de la Bahía. (2018). *Contaminación del aire y riesgos para la salud en San Leandro y Hayward* [PDF].

<https://www.baaqmd.gov/~media/files/ab617-community-health/air-pollution-and-health-risks-san--leandro-acphd-mdavis-20180328-pdf.pdf>

⁵ Ciudad de Hayward. (2024). *Elemento de justicia ambiental* [PDF].

https://www.hayward-ca.gov/sites/default/files/Final%20Environmental%20Justice%20Element_Jan%202024_1.pdf

objetivos para reducir la exposición a la contaminación y ampliar la infraestructura de monitoreo de la calidad del aire. Las organizaciones locales se han asociado con la ciudad para poner en práctica estas iniciativas, que incluyen la instalación de sensores de aire y programas de educación comunitaria. Estos esfuerzos forman parte de la estrategia más amplia HAZ-7 descrita en el Programa de Implementación del Plan General de Hayward, que también aborda la resiliencia climática y los fenómenos de calor extremo⁶.

Además de las resumidas anteriormente, en la tabla 2 que figura a continuación se incluyen otras preocupaciones específicas identificadas a través de la participación de la comunidad. Estas preocupaciones fueron recopiladas de los miembros de la comunidad durante las reuniones comunitarias, así como a través de la Encuesta sobre preocupaciones relacionadas con la contaminación atmosférica de SMMI.

Tabla 2: Preocupaciones específicas identificadas a través de la participación de la comunidad. Los detalles sobre las preocupaciones de la comunidad son citas directas de las preocupaciones presentadas por los miembros de la comunidad.

Ubicación y preocupación	Detalles
Aeropuerto de Hayward	Humos y partículas de los aviones en el aeropuerto y en la trayectoria de vuelo durante el despegue y el aterrizaje. Uno de los asistentes señaló que el combustible para aviones sigue conteniendo plomo y expresó su preocupación al respecto.
Preocupaciones generales sobre el tráfico	Principales corredores de tráfico, incluyendo la I-880, East Tennyson, Mission Blvd y Hesperian Rt 238. Puede ser grave en lugares donde se deja y se recoge a los niños del colegio cerca de Chabot College en Hesperian. También en zonas comerciales.
Zonas afectadas en general: Longwood, Russell City	El barrio de Longwood, cerca del aeropuerto, Russell City, también cerca del aeropuerto, y una zona clasificada como industrial, pero con pequeñas áreas residenciales a su alrededor. Preocupación especial en torno a escuelas como la Longwood School. Diferentes tipos de fuentes de contaminación: industrial, aeropuerto, tráfico
Instalación de almacenamiento de combustible o productos químicos (Lat/Lon: 37.516935, -122.023953)	No hay datos disponibles

La ciudad, en colaboración con organizaciones comunitarias y el Departamento de Salud Pública del Condado de Alameda, está estableciendo sistemas de monitoreo localizados. Estos sistemas tienen como objetivo proporcionar datos en tiempo real sobre los contaminantes y el calor extremo para ayudar a las poblaciones vulnerables a reducir su exposición (Ciudad de Hayward, 2024b). Aunque aún se encuentran en una etapa inicial, estos esfuerzos sientan las bases para intervenciones más basadas en datos.

⁶ Ciudad de Hayward. (2024). HAZ-7: Programa de monitoreo del calor extremo y la calidad del aire. <https://www.hayward-ca.gov/your-government/documents/general-plan/implementation-programs/haz-7-extreme-heat-and-air-quality-monitoring-and-assistance>

Los beneficios de estas iniciativas han llegado principalmente a los residentes de los barrios en los que se han instalado equipos de monitoreo y recursos educativos. Sin embargo, las comunidades del oeste de Hayward, donde suelen vivir familias de bajos ingresos y comunidades de color, siguen sufriendo altos niveles de contaminación y es posible que aún no se beneficien plenamente de las recientes iniciativas medioambientales de la ciudad (Ciudad de Hayward, 2024a). Del mismo modo, aunque los nuevos datos y las nuevas infraestructuras son útiles, no abordan de forma inmediata los impactos medioambientales y sanitarios a largo plazo.

El Plan de Acción Climática actualizado de Hayward⁷ establece objetivos ambiciosos de reducción de emisiones, con el fin de reducir en un 40 % las emisiones de gases de efecto invernadero con respecto a los niveles de 1990 para 2030 y alcanzar la neutralidad en carbono para 2045. El plan describe medidas como la ampliación del uso de energías renovables, la mejora de la eficiencia energética en los edificios municipales y privados y la inversión en infraestructuras de transporte sostenibles. Estas iniciativas benefician a la ciudad en general, ya que mejoran la calidad del aire y mitigan los riesgos climáticos. Sin embargo, la carga que supone adaptarse a las nuevas normas –por ejemplo, cambiar a electrodomésticos o vehículos eléctricos– puede recaer más fuertemente sobre los residentes de bajos ingresos, a menos que se desarrollen programas de asistencia específicos.

Principales fuentes de contaminación identificadas a través de los inventarios de emisiones

Los científicos de Aclima recopilaron fuentes importantes a partir de los inventarios de emisiones disponibles, centrándose en las principales instalaciones contaminantes y los puntos críticos de contaminantes atmosféricos AB2588. Las fuentes de contaminación conocidas dentro de Hayward se enumeran en la tabla 2.1. Los principales puntos críticos identificados representan una variedad de tipos de instalaciones, incluyendo organismos públicos, instituciones educativas, mayoristas de petróleo, empresas de telecomunicaciones y estaciones de servicio de gasolina. Estas instalaciones emiten una variedad de contaminantes tóxicos del aire, y algunas, como la Agencia de Obras Públicas del Condado de Alameda y el Chabot Community College, informan de una gama especialmente amplia de contaminantes, entre los que se incluyen el cromo hexavalente, el arsénico, el benceno, las partículas de diésel (PM), el formaldehído y varios metales pesados. Las partículas de diésel, que son un carcinógeno conocido y uno de los principales factores de riesgo de cáncer en las zonas urbanas, aparecen con frecuencia en casi todas las instalaciones, lo que indica un potencial de exposición generalizado.

Varias instalaciones relacionadas con el almacenamiento o la distribución de combustible, como Hayward FBO Services LLC, Meridian Aviation Inc, Chevron y Hayward Gas, emiten benceno, tolueno, etilbenceno, xilenos (compuestos BTEX) y naftaleno, todos ellos relacionados con efectos nocivos para la salud respiratoria, neurológica o carcinógenos. Cabe destacar que los usos sensibles del suelo, como el Chabot College, también son fuentes de emisiones, lo que pone de relieve la necesidad de continuar con las estrategias de control y mitigación de la contaminación atmosférica, especialmente en el oeste de Hayward, donde se concentran muchas de estas instalaciones.

Tabla 2.1 Los 10 principales puntos críticos de sustancias tóxicas en el aire según la ley AB2588, situados dentro de los límites del área de monitoreo de Hayward (hasta 200 m fuera de los límites), según se define por las emisiones totales ponderadas por toxicidad (TWE) para las categorías crónicas, cancerígenas y agudas combinadas.

⁷ Ciudad de Hayward. (2024). *Plan de Acción Climática*. <https://www.hayward-ca.gov/services/city-services/climate-action>

Nombre de la instalación	Longitud	Latitud	Descripción	Contaminantes notificados
AGENCIA DE OBRAS PÚBLICAS DEL CONDADO DE ALAMEDA	-122.0951	37.6554	DESARROLLO URBANO Y COMUNITARIO/CALIDAD AMBIENTAL Y VIVIENDA/ADMINISTRACIÓN DE VIVIENDA, DESARROLLO URBANO/ADMINISTRACIÓN DE PLANIFICACIÓN URBANA, DESARROLLO RURAL	Benceno, mercurio, cromo hexavalente (y compuestos), níquel, cadmio, arsénico, gases de escape de motores diésel, partículas en suspensión (PM diésel), formaldehído, plomo, berilio, manganeso
AGENCIA DE OBRAS PÚBLICAS DEL CONDADO DE ALAMEDA	-122.0951	37.6554	ORDEN PÚBLICO Y SEGURIDAD, NEC/JUSTICIA, ORDEN PÚBLICO, SEGURIDAD/ORDEN PÚBLICO Y SEGURIDAD/OTROS ORDEN PÚBLICO Y SEGURIDAD	Gases de escape de motores diésel, partículas en suspensión (PM diésel)
PACIFIC BELL	-122.1023	37.6384	COMUNICACIONES TELEFÓNICAS, EXCEPTO RADIO/COMUNICACIONES TELEFÓNICAS/	Gases de escape de motores diésel, partículas en suspensión (PM diésel)
HAYWARD FBO SERVICES LLC	-122.1180	37.6621	PRODUCTOS PETROLÍFEROS, NEC/COMERCIO MAYORISTA DE BIENES NO DURADEROS/PETRÓLEO, PRODUCTOS PETROLÍFEROS/OTROS PRODUCTOS PETROLÍFEROS MAYORISTAS	Etilbenceno, benceno, tolueno, hexano {n-hexano}, xilenos (mezclados)
TIENDA THE HOME DEPOT N.º 1017	-122.1186	37.6634	MADERA Y OTROS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN/MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y SUMINISTROS DE JARDINERÍA/MADERA,	Gases de escape de motores diésel, partículas (PM diésel)

Nombre de la instalación	Longitud	Latitud	Descripción	Contaminantes notificados
			OTROS DISTRIBUIDORES DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN/MADE RA, OTROS DISTRIBUIDORES DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	
CHABOT COMMUNITY COLLEGE	-122.1017	37.6391	COLEGIOS UNIVERSITARIOS/SERVICIOS EDUCATIVOS/COLEGIOS, ESCUELAS PROFESIONALES/COLEGIOS UNIVERSITARIOS, INSTITUTOS TÉCNICOS	Manganeso, benceno, berilio, cadmio, emisiones de motores diésel, partículas en suspensión (PM diésel), formaldehído, plomo, níquel, arsénico, cromo hexavalente (y compuestos), mercurio
MERIDAN AVIATION INC DBA MERIDIAN HAYWARD	-122.1156	37.6534	PRODUCTOS PETROLÍFEROS, NEC/COMERCIO MAYORISTA DE BIENES NO DURADEROS/PETRÓLEO, PRODUCTOS PETROLÍFEROS/OTROS PRODUCTOS PETROLÍFEROS MAYORISTAS	Tolueno, benceno, xilenos (mezclados), hexano {n-hexano}, etilbenceno
AT&T	-122.0885	37.6614	COMUNICACIONES TELEFÓNICAS, EXCEPTO RADIO/COMUNICACIONES/COMUNICACIONES TELEFÓNICAS/	Arsénico, manganeso, cadmio, mercurio, berilio, níquel, cromo hexavalente (y compuestos), plomo, benceno, formaldehído, gases de escape de motores diésel, partículas en suspensión (PM diésel)
ESTACIÓN CHEVRON N.º 95416	-122.1082	37.6504	ESTACIONES DE SERVICIO DE GASOLINA/CONCESIONARIOS DE AUTOMÓVILES, ESTACIONES DE SERVICIO DE GASOLINA/ESTACIONES DE SERVICIO DE GASOLINA/ESTACIONES DE SERVICIO DE	Etilbenceno, benceno, naftaleno, tolueno, hexano {n-hexano}, xilenos (mezclados)

Nombre de la instalación	Longitud	Latitud	Descripción	Contaminantes notificados
			GASOLINA	
HAYWARD GAS	-122.1105	37.6664	ESTACIONES DE SERVICIO DE GASOLINA/CONCESIONARIOS DE AUTOMÓVILES, ESTACIONES DE SERVICIO DE GASOLINA/ESTACIONES DE SERVICIO DE GASOLINA/ESTACIONES DE SERVICIO DE GASOLINA	Benceno, xilenos (mezclados), etilbenceno, naftaleno, tolueno, hexano {n-hexano}

Mediciones y estudios de calidad del aire pasados y actuales

La estación de control de la calidad del aire más cercana se encuentra en Hayward, al este del centro de la ciudad y de las principales carreteras. Esta estación de control está gestionada por el Distrito del Aire del Área de la Bahía (BAAQMD) y mide el ozono. La estación de control de la calidad del aire más cercana que mide un conjunto completo de contaminantes atmosféricos se encuentra al norte de Hayward, en East Oakland (no se muestra en la figura 2.2). Estas estaciones son operadas por el BAAQMD y forman parte de la red reguladora nacional supervisada por la USEPA en apoyo de la ley federal de aire limpio. Las mediciones de las estaciones tienen por objeto representar la calidad del aire regional y demostrar el cumplimiento de las normas regionales de calidad del aire.

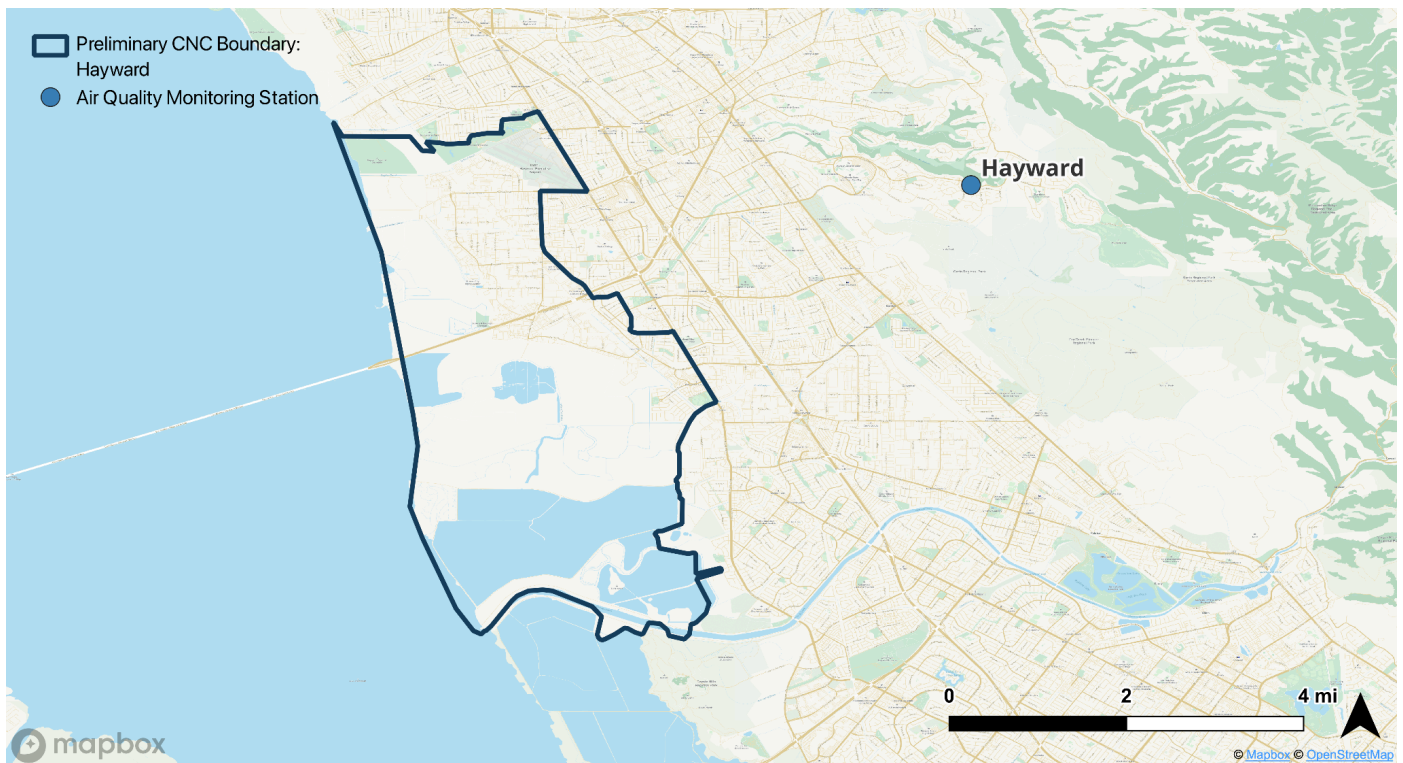


Figura 2.2: Mapa de los límites preliminares del CNC de Hayward y los sitios locales de monitoreo del Sistema de Calidad del Aire (AQS) de la EPA de EE. UU.

Aclima llevó a cabo un monitoreo de la calidad del aire en Hayward entre el 1 de diciembre de 2019 y el 30 de noviembre de 2020, en colaboración con el Distrito del Aire del Área de la Bahía (BAAQMD), como parte de una iniciativa más amplia que abarca toda el área de la bahía de San Francisco. Estos datos pueden consultarse en air.health. Los resultados mostraron una variabilidad espacial significativa para contaminantes como el NO_2 , el CO y el $\text{PM}_{2.5}$, especialmente en las zonas de Hayward cercanas a las principales autopistas (I-580 y 880) y a las carreteras con mucho tráfico o a las regiones con una importante actividad comercial e industrial (SR-230, 180 y 92). Sin embargo, el conjunto de contaminantes medidos por Aclima durante esa iniciativa no incluía contaminantes clave que permiten caracterizar fuentes específicas de contaminación, concretamente el carbono negro, útil para identificar fuentes de partículas de diésel, y los COV totales, útiles para identificar fuentes fijas de COV.

Los socios comunitarios, entre los que se encuentran la División de Servicios Ambientales de la ciudad de Hayward y organizaciones locales sin fines de lucro, han utilizado sensores de bajo costo PurpleAir para rastrear los niveles de $\text{PM}_{2.5}$ en tiempo real durante los incendios forestales. Estas iniciativas de monitoreo hiperlocal han sido especialmente valiosas en los barrios del oeste y el sur de la ciudad, donde la vulnerabilidad de la población es mayor. Los sensores han puesto de relieve picos agudos y de corta duración de $\text{PM}_{2.5}$ durante las intrusiones de humo de incendios forestales, así como niveles locales elevados de PM relacionados con la actividad de los camiones diésel y las operaciones industriales cercanas.

2.3 Lagunas en la información sobre la calidad del aire que abordará SMMI

La estación reguladora de monitoreo de la calidad del aire vecina a la comunidad de Hayward proporciona valiosos datos regionales sobre los contaminantes criterio. Sin embargo, estas estaciones están diseñadas principalmente para evaluar las tendencias generales de la calidad del aire en la región y el cumplimiento de la normativa, más que para captar la variabilidad espacial a pequeña escala de la contaminación que se experimenta a nivel de barrio o comunidad. En el caso de Hayward, no existe ninguna estación reguladora de monitoreo del aire que mida todos los contaminantes atmosféricos criterio ubicados dentro de la propia ciudad. Como resultado, las ubicaciones con concentraciones persistentemente elevadas influenciadas por la proximidad a carreteras principales, instalaciones industriales y otras fuentes de emisión suelen estar infrarrepresentadas.

Los estudios anteriores de monitoreo del aire tienen importantes limitaciones en términos de relevancia y resolución. Ningún esfuerzo de monitoreo estacionario ha medido de manera exhaustiva los contaminantes dentro de los vecindarios de Hayward. La comunidad no ha sido seleccionada como área de monitoreo AB 617, y los estudios anteriores han proporcionado pocos o ningún dato sobre la variabilidad a escala de vecindario de los tóxicos atmosféricos, en particular cerca de receptores sensibles como escuelas, hogares o parques. Además, los datos sobre contaminantes tóxicos del aire por especies (por ejemplo, COV o metales individuales) no se han medido de forma sistemática en toda la ciudad. Aunque la campaña de monitoreo móvil de Aclima se completó en 2019-2020, hubo algunas limitaciones notables en los datos. Entre ellas se encontraba la falta de especiación del carbono negro y los COV, que son fundamentales para identificar las emisiones relacionadas con el diésel y caracterizar los tóxicos procedentes de fuentes industriales y móviles.

En conjunto, estas lagunas ponen de relieve la necesidad de un monitoreo a escala comunitaria, relevante para las fuentes y con resolución espacial en Hayward, especialmente en las zonas cercanas a fuentes de emisión conocidas, como la Interestatal 880, los corredores de mercancías y las zonas industriales de la parte occidental de la ciudad. El SMMI ofrece la oportunidad de subsanar estas lagunas y producir datos útiles para informar las estrategias locales de calidad del aire.

Hayward es una ciudad urbana de tamaño medio situada en el extremo oriental de la bahía de San Francisco, con una larga historia industrial, un aeropuerto regional, importantes corredores de transporte y varios vertederos de residuos peligrosos concentrados en sus barrios occidentales. Estas características han contribuido a la acumulación de la contaminación atmosférica en comunidades que ya se enfrentan a factores de estrés social y medioambiental.

A continuación se presenta un resumen de los problemas y las fuentes de contaminación atmosférica identificados por la comunidad, respaldado por información sobre las principales instalaciones contaminantes y los puntos críticos de sustancias tóxicas en el aire:

- Contaminación industrial, del transporte y de los vertederos de residuos peligrosos concentrada en el oeste de Hayward, especialmente en barrios como Longwood y Russell City, donde las zonas residenciales son adyacentes a las zonas industriales y a las principales infraestructuras.
- El Aeropuerto Ejecutivo de Hayward y las emisiones asociadas, especialmente las preocupaciones sobre el combustible de aviación con plomo y los gases de escape de los aviones que operan a baja altitud cerca de viviendas y escuelas.

- Las principales vías de tráfico (I-880, Mission Blvd, Hesperian Blvd/Route 238) identificadas como puntos críticos de contaminación, especialmente cerca del Chabot College y de escuelas donde los niños están frecuentemente expuestos durante la entrada y salida.
- Las escuelas y las zonas residenciales cercanas a múltiples fuentes de contaminación, como la escuela Longwood y las instalaciones industriales cercanas, lo que suscita preocupación por la exposición acumulativa de las poblaciones sensibles.

Para proporcionar el tipo de datos necesarios para caracterizar las áreas de preocupación identificadas por la comunidad y priorizar las ubicaciones para planes y acciones comunitarias adicionales, se identificaron las siguientes lagunas de datos:

- **Falta de datos de monitoreo del aire localizados:** hay datos hiperlocales limitados sobre la calidad del aire en los barrios más afectados por la contaminación, como Longwood, Russell City y las zonas adyacentes al aeropuerto ejecutivo de Hayward.
- **Falta de datos específicos sobre sustancias tóxicas en el aire cerca de las fuentes:** la monitorización existente no recoge la composición detallada de los contaminantes cerca de fuentes sospechosas, como zonas industriales, corredores de tráfico importantes o instalaciones de almacenamiento de combustible.
- **Falta de información cerca de receptores sensibles:** no hay suficientes datos de monitoreo de la contaminación atmosférica cerca de lugares donde hay niños y otras poblaciones vulnerables, como escuelas (por ejemplo, la escuela Longwood), guarderías y clínicas de salud situadas en barrios de uso mixto o adyacentes a zonas industriales.
- **Falta de datos sobre múltiples contaminantes:** los datos disponibles a menudo se centran únicamente en las PM_{2,5} o el ozono. Los miembros de la comunidad están preocupados por una gama más amplia de contaminantes, como las partículas ultrafinas, el carbono negro y los contaminantes atmosféricos tóxicos (por ejemplo, el benceno y el formaldehído), que no se monitorean de forma rutinaria a escala local.

Este plan propone utilizar la monitorización móvil de la contaminación atmosférica para proporcionar a la comunidad datos sobre la concentración de contaminantes con una alta resolución espacial. La información espacial detallada que se obtiene de la monitorización móvil puede ayudar a identificar fuentes específicas y localizadas de contaminación y mostrar cómo cambian los niveles de contaminantes entre los diferentes barrios. La plataforma móvil Aclima incluye un conjunto ampliado de contaminantes que permiten mejorar la caracterización de las fuentes, incluyendo el uso del carbono negro como indicador de las partículas de diésel y los COV totales para indicar las zonas en las que pueden encontrarse contaminantes tóxicos en el aire. Además, el uso del conjunto ampliado de equipos en los laboratorios móviles asociados permite monitorear las comunidades en busca de contaminantes tóxicos específicos del aire. La información recopilada a través del monitoreo móvil respalda el desarrollo de planes de reducción de la contaminación que pueden ser diferentes para diversas partes de una comunidad, lo que permite soluciones que se adaptan específicamente a las necesidades locales.

3. Alcance de las acciones

Los datos recopilados por la monitorización móvil del aire pueden respaldar una amplia gama de acciones por parte de las comunidades y los gobiernos para reducir las emisiones y/o la exposición. Entre los ejemplos de posibles acciones se incluyen, entre otros, los siguientes:

- **Investigación normativa:** cuando estos datos identifican lugares con concentraciones elevadas de forma persistente, las agencias locales y estatales pueden decidir realizar investigaciones adicionales que pueden

dar lugar a medidas de cumplimiento y ejecución (por ejemplo, multas, nuevos requisitos de control de emisiones).

- Estrategias de gestión del tráfico: al identificar las ubicaciones con concentraciones elevadas persistentes causadas por las emisiones de los vehículos, estos datos pueden servir de base para las estrategias locales y estatales de control de las emisiones de los vehículos, incluidas iniciativas como la aplicación de medidas contra el ralentí o los programas de inspección de las emisiones de los vehículos.
- Planificación urbana: los gobiernos pueden utilizar el conocimiento de cómo varía la calidad del aire en el tiempo y el espacio para dirigir la inversión en espacios verdes o actualizar las normas de zonificación para restringir determinados usos del suelo.
- Acción corporativa: las empresas individuales pueden utilizar estos datos para ajustar sus rutas y horarios de transporte, o el funcionamiento de sus instalaciones, con el fin de reducir las emisiones y los impactos sobre la salud.
- Modelización y previsión: los datos de monitorización móvil del aire pueden servir de apoyo para mejorar la modelización de la calidad histórica del aire, lo que permite predecir mejor los patrones y los impactos futuros en toda una comunidad.
- Evaluaciones de riesgos para la salud: cuando estos datos identifican impactos desproporcionados de la contaminación en toda la geografía de una comunidad, esta información puede utilizarse junto con otros conjuntos de datos para evaluar los posibles impactos en la salud de las comunidades o identificar los lugares en los que deben realizarse evaluaciones formales de riesgos para la salud.
- Acción comunitaria: los datos proporcionados por la monitorización móvil del aire pueden ser útiles para las organizaciones comunitarias en su labor de promoción de la reducción de las emisiones y/o la exposición, incluido el desarrollo de planes locales de reducción de emisiones comunitarias (LCERP).

Una vez concluido el monitoreo, se anima a la CARB, los distritos atmosféricos, los grupos comunitarios, las agencias reguladoras, los investigadores y otras partes a aprovechar los datos para abordar cuestiones específicas relacionadas con la contaminación atmosférica.

4. Objetivos de monitoreo del aire

4.1 Definir los objetivos

Los objetivos de monitoreo del aire descritos en la sección 2 pueden ampliarse en dos **objetivos** principales de **monitoreo del aire**:

1. Identificación y caracterización de las fuentes de emisión de contaminantes atmosféricos

Este objetivo busca comprender y caracterizar mejor el aire en las proximidades de fuentes conocidas, sospechosas o desconocidas, lo que puede incluir los siguientes propósitos:

- Comprender qué lugares de las comunidades se ven afectados por la contaminación cerca de las fuentes
- Comprender cómo pueden variar las concentraciones directamente a sotavento de una fuente determinada
- Comprender cómo pueden variar las concentraciones cerca de una fuente determinada según la hora del día

2. Identificar los impactos desproporcionados de la contaminación atmosférica

La monitorización móvil del aire también se puede utilizar para investigar diversos objetivos centrados en comprender la distribución desigual de la contaminación atmosférica dentro de una comunidad:

- Identificar los principales contaminantes que afectan al aire ambiente en una comunidad.
- Comprender las concentraciones típicas de contaminantes en el aire ambiente de la comunidad
- Comprender cómo se distribuye la contaminación en una comunidad.
- Comprender cómo varía la contaminación a lo largo del tiempo en una comunidad

Estos dos objetivos respaldan la investigación de la mayoría de las preocupaciones identificadas por la comunidad, ya sea caracterizando fuentes individuales, como el aeropuerto de Hayward y las instalaciones de almacenamiento de productos químicos, o tipos de fuentes más amplios, como las emisiones de fuentes móviles de la Interestatal 880, así como el impacto de estas fuentes en toda la comunidad.

4.2 Definir métodos de monitoreo móviles para respaldar los objetivos

Dadas las lagunas identificadas en la sección 2.3 y las preocupaciones específicas de la comunidad en materia de calidad del aire, los tipos de datos necesarios incluyen observaciones de alta resolución espacial en una amplia variedad de lugares de la comunidad de Hayward, en particular para el carbono negro (como indicador de las partículas diésel), los COV y los tóxicos atmosféricos específicos relacionados con la combustión, como el benceno, el tolueno, el etilbenceno y el xileno. El enfoque de monitoreo móvil permite la recopilación de datos con alta resolución espacial en toda la comunidad durante todo el período de mapeo. Este enfoque da como resultado mediciones de una instantánea de la concentración de contaminantes atmosféricos cerca de muchas, si no la mayoría, de las áreas de preocupación identificadas por la comunidad durante el proyecto. Los datos resultantes del monitoreo móvil permiten enfocarse en una amplia gama de tipos de fuentes dentro del área de monitoreo, lo que permite flexibilidad en el análisis de fuentes sin una selección predeterminada de las mismas.

El CAMP utilizará dos enfoques de monitoreo móvil para respaldar los objetivos de monitoreo del aire del proyecto: el monitoreo de áreas amplias y el monitoreo de áreas específicas. El monitoreo de áreas amplias respalda los objetivos de monitoreo del aire en todas las áreas de monitoreo del CAMP durante todo el período de monitoreo, mientras que el monitoreo de áreas específicas se centrará en un subconjunto de preocupaciones específicas sobre la contaminación del aire, con una conducción centrada en esas preocupaciones durante períodos de tiempo más cortos.

Monitoreo de área amplia: los vehículos de monitoreo recopilan datos en toda el área de monitoreo del CAMP durante un período de tiempo prolongado utilizando la plataforma móvil Aclima. Los vehículos monitorean en carreteras de acceso público, recopilando mediciones repetidas en diferentes momentos del día, días de la semana y estaciones. El monitoreo de área amplia nos proporciona información sobre las concentraciones típicas de contaminantes y las ubicaciones de concentraciones persistentemente altas de contaminantes en toda el área del CAMP durante todo el período de monitoreo. A modo de ejemplo, la figura 1 muestra los resultados de un enfoque de monitoreo de área amplia en San Francisco, en el que se muestran las concentraciones típicas de NO₂ observadas durante un periodo de un año. El monitoreo de área amplia se llevará a cabo durante un periodo de nueve meses, entre junio de 2025 y marzo de 2026.

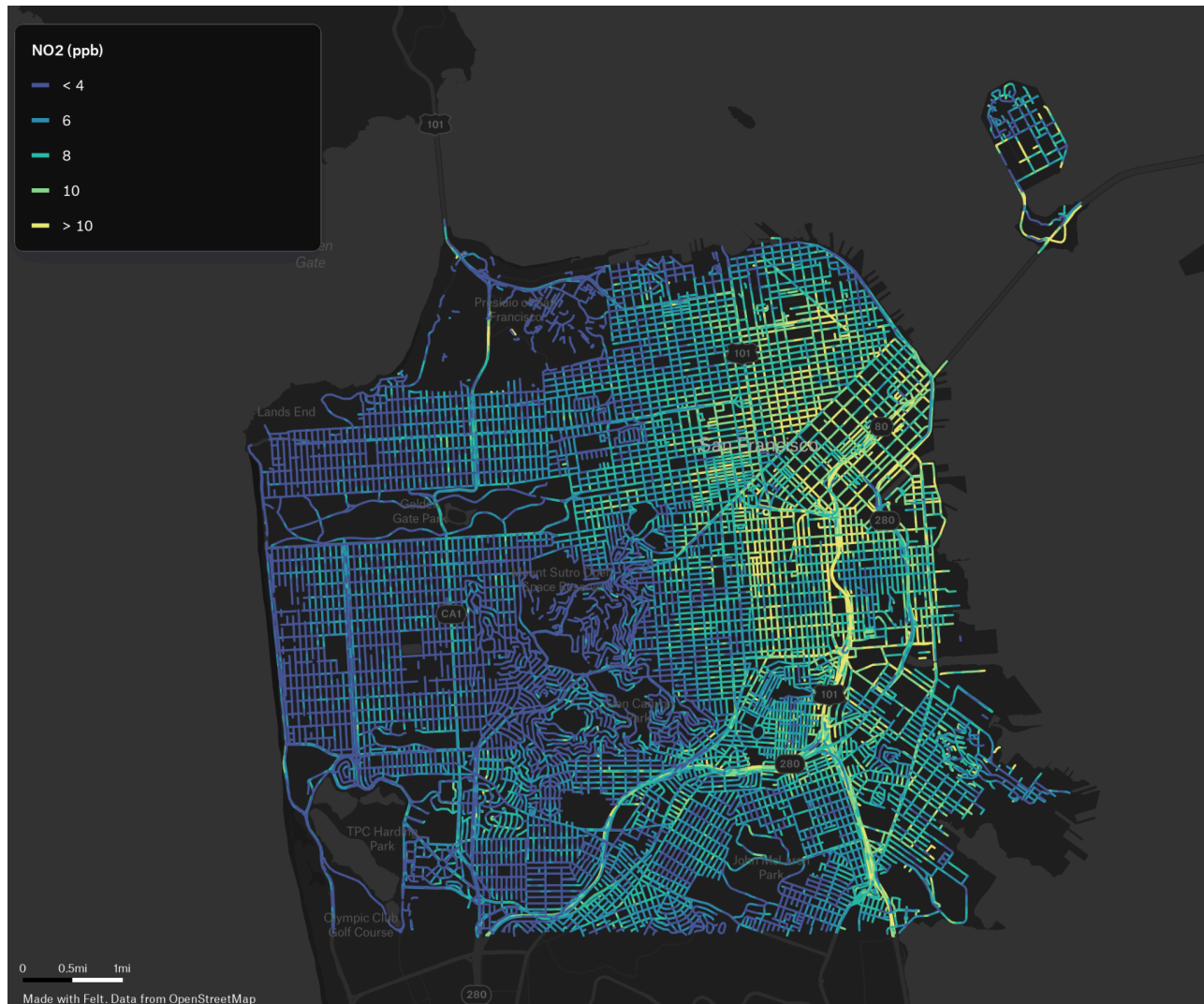


Figura 4.1: Ejemplo de estimaciones de concentración ambiental representadas gráficamente para el NO₂ en el área de la bahía de San Francisco, California, que muestran las concentraciones típicas observadas durante un período de monitoreo de un año. Este ejemplo muestra cómo las altas concentraciones de NO₂ (ilustradas por los colores verdes más brillantes) están afectando de manera desproporcionada a las zonas orientales de la ciudad. Este gráfico utiliza datos generados por el método de monitoreo de áreas extensas.

El conjunto de contaminantes medidos por el AMP permite explorar muchos tipos de fuentes identificadas por la comunidad. El carbono negro medido en combinación con el NO₂ y otros contaminantes relacionados con la combustión ayuda a identificar las zonas afectadas por la contaminación por partículas diésel. Los datos de COV totales ayudan a identificar las zonas en las que pueden encontrarse contaminantes orgánicos tóxicos en el aire, como cerca de aeropuertos o de depósitos de combustible y productos químicos. Los datos de metano y etano, combinados con otros contaminantes, ayudan a identificar fugas de gas natural, emisiones de metano relacionadas con la combustión o fuentes de metano biogénico, como vertederos y plantas de tratamiento de aguas residuales.

Monitoreo de áreas específicas: un subconjunto de vehículos de monitoreo se centra en problemas específicos de contaminación atmosférica (fuentes o áreas afectadas) a escalas espaciales más pequeñas y en períodos de tiempo más cortos. Esta estrategia de medición implica el monitoreo de un área relativamente pequeña durante un período

de tiempo más corto con una conducción más intensiva (es decir, más muestras en un área específica en un solo día). Los estudios de áreas específicas tienen una limitación inherente, ya que suelen realizarse durante un período de tiempo corto y es probable que los resultados no sean representativos de períodos de tiempo más largos (diferentes patrones de funcionamiento de las instalaciones y/o condiciones meteorológicas). Si bien el monitoreo de áreas amplias puede proporcionar resultados más representativos desde el punto de vista temporal, el monitoreo de áreas específicas es un enfoque complementario que puede proporcionarnos más detalles sobre una preocupación específica, como la composición exacta de los productos químicos que emite una instalación concreta, qué áreas de una comunidad son las más afectadas en las inmediaciones de las fuentes de contaminación o en qué momentos del día estas áreas se ven más afectadas. Los vehículos de monitoreo de áreas específicas se seleccionarán de la flota de monitoreo de áreas amplias (plataformas móviles Aclima) o de una flota especial de laboratorios móviles (un pequeño número de vehículos con sensores de mayor precisión que detectan una gama más amplia de contaminantes, incluidos los contaminantes tóxicos del aire), dependiendo de la fuente específica de preocupación. A diferencia del enfoque de monitoreo de áreas amplias, el número de preocupaciones que se pueden abordar es mucho más limitado, pero la profundidad con la que se pueden recopilar y analizar los datos sobre las preocupaciones es potencialmente mayor.

Los vehículos de monitoreo de áreas específicas pueden desplegarse de diferentes maneras para cumplir distintos objetivos.

- La conducción *por el perímetro* (Figura 4.2) recopila datos de forma sistemática en rutas predeterminadas alrededor del perímetro de una instalación o sitio conocido o sospechoso de ser una fuente de contaminación. La conducción por el perímetro puede ayudar a determinar la composición química de las emisiones de una fuente conocida.
- La conducción *transversal* (Figura 4.2) sigue una ruta diseñada para ir a barlovento, a través y a sotavento de una posible nube de contaminación procedente de una fuente conocida o potencial. La conducción transversal puede ayudarnos a comprender mejor la composición química de las emisiones de una nube y dónde está afectando la nube a la comunidad local.
- La conducción *pseudoestacionaria* se aproxima a un enfoque de monitoreo estacionario más tradicional, al detener temporalmente un vehículo de monitoreo dentro de una posible pluma de contaminación procedente de una fuente conocida o potencial. La conducción pseudoestacionaria puede ayudarnos a comprender mejor cómo varía la contaminación de una fuente a lo largo del tiempo. También permite medir ciertos contaminantes cuyos métodos de medición requieren tiempos de muestreo más largos (de minutos a una hora).
- La *conducción de estudio general* consiste en un monitoreo repetido a lo largo de una ruta predeterminada o en todas las carreteras dentro de un área predeterminada, con el fin de recopilar datos sobre los contaminantes atmosféricos de manera uniforme a lo largo del tiempo.

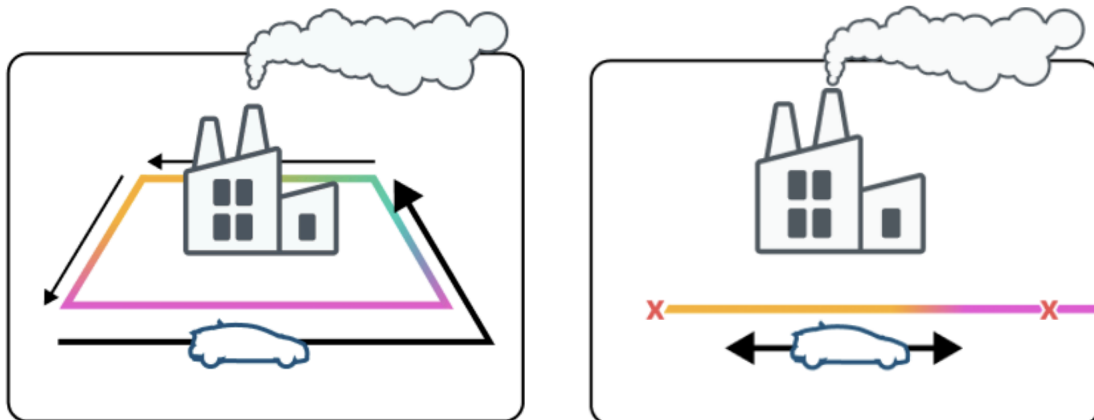


Figura 4.2: Ejemplo de técnica de medición para el monitoreo de áreas específicas utilizando (izquierda) la conducción en línea recta, que inspecciona sistemáticamente el perímetro de una instalación o sitio conocido o sospechoso, y (derecha) la conducción transversal, que sigue una ruta diseñada para tomar muestras a barlovento, a sotavento y en la dirección del viento de una posible pluma de contaminación procedente de una fuente conocida o potencial.

El monitoreo de áreas específicas para Hayward será realizado por la Universidad de California en Berkeley, y se puede encontrar información adicional sobre el monitoreo de áreas específicas en la sección 8.3. El conjunto de contaminantes que monitoreará el laboratorio móvil de la Universidad de California en Berkeley incluye diversos tóxicos atmosféricos, como benceno, tolueno y acroleína, que son relevantes para la mezcla de contaminantes atmosféricos que se espera encontrar a partir de las preocupaciones y fuentes identificadas en la sección 2. Se asignó a la Universidad de California en Berkeley este CNC debido a su capacidad única para capturar una amplia lista de contaminantes criterio, COV y sustancias tóxicas en el aire que son adecuados para caracterizar la mezcla de fuentes identificadas por la comunidad.

4.3 Preocupaciones, objetivos y planes de análisis definidos por la comunidad

El proceso de participación comunitaria ha definido una serie de preocupaciones relacionadas con la contaminación atmosférica. Estas preocupaciones se tradujeron en objetivos y subobjetivos específicos de monitoreo de alto nivel, lo que a su vez permitió seleccionar métodos de monitoreo móvil y planes de análisis de datos adecuados para recopilar el tipo de datos necesarios para subsanar las deficiencias de los esfuerzos de monitoreo anteriores y abordar las preocupaciones específicas de la comunidad. No todas las preocupaciones y fuentes de contaminación identificadas tienen asignados objetivos de monitoreo específicos. En algunos casos, esto se debe a que no se dispone de métodos de medición para monitorear las fuentes específicas de contaminación. Sin embargo, en términos más generales, se debe a que los recursos para el monitoreo de áreas específicas son limitados en todo el proyecto SMMI (62 comunidades diferentes) y no todas las preocupaciones pueden abordarse directamente mediante el enfoque de monitoreo de áreas específicas. Si bien las preocupaciones que se enumeran a continuación serán el foco principal del monitoreo en Hayward, el conjunto de datos recopilados finalmente podrá analizarse más allá del alcance del SMMI para abordar un conjunto mucho más amplio de preocupaciones y fuentes.

Cabe señalar que la selección de preocupaciones específicas que se incluirán como objetivos de monitoreo para los estudios de áreas específicas no implica que estas sean las fuentes más impactantes o las áreas más afectadas de la comunidad. Los resultados de estos estudios no podrán ofrecer una visión completa de todas las posibles fuentes de la comunidad y los objetivos de monitoreo enumerados aquí no deben interpretarse de esa manera.

La tabla 4.1 que figura a continuación ofrece un resumen de las preocupaciones específicas de la comunidad, los objetivos y subobjetivos, los métodos de monitoreo móvil y los enfoques de análisis de datos que pueden respaldar las medidas para reducir las emisiones o la exposición en una comunidad. Se puede encontrar más información sobre los métodos de monitoreo y los enfoques de presentación en las secciones 8 y 13, respectivamente.

Tabla 4.1: Preocupaciones, objetivos y planes de análisis definidos por la comunidad

Preocupación de la comunidad	Objetivo principal de monitoreo	Subobjetivo de monitoreo	Métodos de monitoreo móvil	Enfoque de análisis
Aeropuerto de Hayward	Caracterización de las fuentes	Contaminantes clave Ubicaciones afectadas Niveles de contaminantes	Objetivo: estudio general y de la zona limítrofe Realizado por la Universidad de California en Berkeley	Grupos de detecciones de mejora en un mapa Estadísticas sobre detecciones Gráfico de barras/circular de especiación química
Preocupaciones generales sobre el tráfico, incluyendo la I-880, East Tennyson, Mission Blvd, Hesperian y la ruta 238	Identificar impactos desproporcionados	Ubicaciones afectadas Niveles de contaminantes	Monitoreo de áreas amplias	Grupos de detecciones de mejora en un mapa Estadísticas sobre detecciones Gráfico diario de eventos de detección
Áreas generales afectadas: Longwood, Russell City	Identificar impactos desproporcionados	Distribución espacial	Monitoreo de áreas amplias	Estadísticas de los niveles de contaminantes en toda la zona Mapa de concentración ambiental de los principales contaminantes

5. Funciones y responsabilidades del proyecto

El SMMI define las funciones y responsabilidades de las distintas partes interesadas en la monitorización comunitaria. El Plan de Participación Comunitaria detalla estas funciones y responsabilidades y describe cómo los diferentes grupos trabajarán juntos para lograr la participación de la comunidad. En esta sección se describe la estructura organizativa de los socios del SMMI (Figura 5.1), se incluye una lista de las organizaciones comunitarias que son líderes de participación (aunque en Hayward no se utilizó ningún líder de participación) y una lista de los

miembros del PEG (Figura 5.2). La información sobre el proyecto SMMI, incluidos los enlaces a los responsables de participación, los miembros del PEG y las reuniones del PEG, también está disponible en <https://aclima.earth/ca-smmi>. Las responsabilidades de los responsables de participación y los miembros del PEG se describen en detalle en la sección 1.1.

La División de Monitoreo y Laboratorio de CARB es responsable de financiar, administrar y supervisar el proyecto, así como de garantizar que cumpla con todos los requisitos contractuales. Aclima es el contratista principal del proyecto y es responsable de diseñar e implementar un plan para la participación comunitaria en todo el estado, desarrollar CAMP para todas las comunidades del área del proyecto, desplegar plataformas móviles para recopilar datos, administrar y analizar datos, y elaborar informes públicos. CARB y Aclima se reúnen semanalmente para discutir las actualizaciones del proyecto y garantizar que este avance.

El personal de Aclima planificó y llevó a cabo actividades de divulgación y participación comunitaria para el proyecto, con el objetivo de comprender las preocupaciones específicas de la comunidad en torno a la contaminación atmosférica. Además de distribuir una encuesta sobre la contaminación atmosférica, el personal de Aclima organizó y llevó a cabo actividades de divulgación en dos reuniones comunitarias centradas en las preocupaciones locales sobre la contaminación atmosférica, adaptadas a las necesidades lingüísticas, culturales y de accesibilidad específicas de la comunidad. A continuación, el personal de Aclima resumió las preocupaciones de la comunidad en materia de contaminación atmosférica para trasladarlas al CAMP. Los miembros de la comunidad desempeñan un papel crucial al aportar sus conocimientos y experiencias sobre la contaminación atmosférica, tanto participando en las reuniones comunitarias como completando la encuesta sobre las preocupaciones en materia de contaminación atmosférica. El Grupo de Expertos del Proyecto guía la participación de la comunidad y la toma de decisiones a lo largo del proyecto, reuniéndose ocho veces durante el periodo del proyecto en reuniones facilitadas por Aclima.

SMMI Partners



Figura 5.1: Organigrama del proyecto SMMI

Community Organizations

Engagement Leads lead and co-manage community engagement efforts in the designated communities

- Acterra
- Breathe SoCal
- Californians for Pesticide Reform
- Canal Alliance
- CCEJN
- Center for Community Action and Environmental Justice (CCA EJ)
- Center on Race, Poverty, and the Environment
- Citizen Air Monitoring Network
- Clean Water Fund
- Climate Action Campaign
- Community Agency for Resources, Advocacy and Services (CARAS)
- Cool OC
- Day One
- El Concilio
- Girl Plus Environment
- Greenbelt Alliance
- HARC, Inc.
- Healthy Fresno Air
- HOPE Collaborative
- Just Cities
- Leadership Counsel
- Los Amigos de la Comunidad
- Madera Coalition for Community Justice
- One Treasure Island
- Our Children's Earth Foundation (for Rodeo Citizens Association)
- Pacoima Beautiful
- Rise South City
- Sacramento EJC
- San Leandro 2050
- SOMCAN
- Sustainable Contra Costa
- Sustainable Solano
- The Niles Foundation
- Tri-Valley Air Quality Climate Alliance
- UNIDOS Network
- United for Justice
- Valley Improvement Projects
- Valley Onward
- Valley Vision

Project Expert Group

A cross-sector group of representatives from local air districts, community-based organizations, academia, and residents from overburdened communities that guides community engagement and decision-making for this project.

- Nader Afzalan
- Stephanie L. Mora Garcia
- Brent Bucknum
- Mikela Topey
- Agustin Angel Bernabe
- Amelia Stonkus
- Anna Lisa Vargas
- Gustavo Aguirre Jr
- Jamallah Green
- Jonathan Mercado
- Ken Szutu
- Lillian Garcia
- Moses Huerta
- Ms. Margaret Gordon
- Brad Dawson
- Kate Hoag
- Lily Wu-Moore
- Payam Pakbin

Figura 5.2: Lista de organizaciones líderes en la participación y miembros del PEG para SMMI

¿Cómo se llevará a cabo el monitoreo?

6. Objetivos de calidad de los datos

Los objetivos de calidad de los datos son una serie de metas establecidas para garantizar que los datos recopilados, los análisis realizados y las visualizaciones producidas sean de suficiente calidad para abordar los objetivos de monitoreo establecidos. Estas metas pueden estar relacionadas directamente con la calidad del método de medición, por ejemplo, la exactitud o la precisión de un sensor. También pueden ser metas más cualitativas que determinan cómo se analizan y visualizan los datos de medición para abordar con precisión las preocupaciones de la comunidad sobre la calidad del aire sin dar lugar a confusiones. Los indicadores de calidad de los datos se incluyen a veces como parte de un objetivo de calidad de los datos y son métricas específicas que pueden utilizarse para determinar la calidad de una medición. Algunos indicadores de calidad de los datos que se utilizan habitualmente son la integridad, la precisión, el sesgo o el límite de detección de los datos. En [los apéndices C, D, E, F y G](#) se puede encontrar información adicional sobre estos y otros indicadores de calidad de los datos.

La monitorización móvil de la calidad del aire permite realizar diversos análisis espaciales de alta resolución que respaldan diferentes objetivos de monitorización del aire. Uno de los resultados utiliza datos resueltos en el tiempo de múltiples recorridos individuales por la misma ubicación para identificar áreas en las que las concentraciones de contaminación varían de forma sustancial y persistente con respecto a los niveles locales de fondo, lo que indica una probable fuente de emisiones local. Esto respalda el objetivo de monitorización del aire de intentar identificar y caracterizar las fuentes de contaminación. Otro resultado es la creación de mapas de concentraciones típicas de contaminación atmosférica con una resolución bloque por bloque que muestran las zonas con niveles persistentemente altos o bajos de contaminantes individuales, lo que respalda el objetivo de monitoreo del aire de identificar las zonas con un impacto desproporcionado.

Los diferentes objetivos de monitoreo tienen diferentes objetivos de calidad de datos. Los dos objetivos principales de monitoreo del SMMI y sus objetivos de calidad de datos asociados son:

1. Identificar y caracterizar las fuentes de emisión de contaminantes atmosféricos.

Contaminantes típicos de interés: CH₄, C₂H₆, BC, PM_{2.5}, NO, CO, TVOC, contaminantes atmosféricos tóxicos como benceno, tolueno, naftaleno y acroleína

Objetivos de calidad de los datos:

- a. Encontrar y cartografiar los puntos de donde probablemente proviene la contaminación mediante la detección de picos notables en las lecturas de medición que estén claramente por encima de los niveles normales de fondo. Más concretamente, esto significa que la medición del pico debe tener una relación señal-ruido de al menos 3.
- b. Garantizar un alto nivel de confianza en los lugares donde se detectan fuentes de emisión de contaminación y minimizar la presencia de «falsos positivos» en los datos resultantes. Esto se consigue asegurando que se produzcan múltiples detecciones de fuentes de emisión en el mismo

lugar antes de identificarlo como una posible fuente de contaminación. Esto se puede cuantificar como el número de detecciones por visita a un lugar concreto.

- c. Aclima supervisará y realizará un seguimiento del rendimiento de cada medición subyacente utilizando los siguientes indicadores clave de calidad de los datos: deriva de ganancia y límite de detección. En [el apéndice C](#) se incluye información adicional.

2. Identificar los impactos desproporcionados de la contaminación atmosférica

Contaminantes típicos de interés: O₃, NO₂, PM_{2,5}, BC

Objetivos de calidad de los datos:

- a. Producir una estimación de la concentración ambiental de contaminación para el área de monitoreo mediante la recopilación de mediciones en diferentes momentos del día, días de la semana y estaciones del año para tener en cuenta la variabilidad natural de los niveles de contaminación.
- b. Garantizar que los datos se distribuyan espacialmente por toda la zona definida por el usuario.
- c. Elaborar estimaciones de concentración a escalas de agregación espacial deseadas y prácticas (por ejemplo, hexágonos, segmentos de carretera).
- d. Incluir una medida de confianza (es decir, un intervalo de confianza) con cada estimación de la concentración de contaminación ambiental, de modo que los usuarios puedan comprender la fiabilidad de los valores y si los niveles de contaminación son realmente diferentes entre las distintas ubicaciones.
- e. Supervisar y realizar un seguimiento del rendimiento de cada medición de contaminantes utilizando los indicadores clave de calidad de los datos: sesgo, deriva y precisión.

Estos objetivos de calidad de los datos son en gran medida objetivos cualitativos que sientan las bases para el tipo de información que la monitorización móvil está diseñada para proporcionar. Un aspecto fundamental del control de calidad que subyace a estos objetivos es caracterizar y maximizar la calidad de las mediciones de la contaminación atmosférica, en particular en lo que respecta a los sensores. Sin embargo, la confianza en estos productos de datos dependerá de una serie de factores adicionales, como la estrategia de monitoreo móvil, el número de muestras recogidas para las características de interés (es decir, el segmento de carretera u otra escala espacial de longitud), la magnitud y la variabilidad de las concentraciones de contaminación y la meteorología durante el período del contrato. Los diferentes sensores de la plataforma móvil de Aclima tienen distintos niveles de calidad de datos y limitaciones que hay que tener en cuenta, que se describen en el apéndice C.

La completitud de los datos es un importante indicador cuantitativo de la calidad de los datos en la monitorización de la calidad del aire, ya que los datos incompletos pueden dar lugar a conclusiones sesgadas a partir de los datos recopilados. Tradicionalmente, la completitud de los datos se cuantifica a lo largo de la dimensión temporal, por ejemplo, el número de puntos de datos recopilados por tiempo total transcurrido. Con la monitorización móvil, en algunos casos, es más importante cuantificar la completitud de los datos en la dimensión espacial, por ejemplo, el número total de puntos de datos recopilados en una ubicación específica en comparación con el número esperado de puntos de datos en esa ubicación. La métrica de completitud de Aclima para el monitoreo se analiza en la sección 12. Para el monitoreo personalizado de áreas específicas, las métricas de completitud se analizan en la sección 8.3. El logro de la completitud del plan de monitoreo depende de que los sensores individuales tengan altas tasas de completitud temporal de los datos y tiempo de actividad. Las tasas de completitud del 80 % o superiores suelen permitir alcanzar de manera eficiente los objetivos de completitud espacial. Si la completitud es inferior al 80 %, se

realizarán desplazamientos adicionales para compensar y cumplir con las métricas de completitud de la monitorización. Si esto no es posible para objetivos de monitorización específicos, el impacto se detallará en el informe final.

El enfoque integral de garantía de calidad incorpora procesos y métricas para minimizar la incertidumbre. El logro de los objetivos de calidad de los datos no solo depende de indicadores individuales, ya que los retos del mundo real (por ejemplo, las ausencias de los conductores) y los acontecimientos externos (por ejemplo, los incendios forestales) pueden afectar a la calidad de los datos a pesar de un plan de garantía de calidad sólido. El objetivo principal de estos objetivos es generar datos de alta calidad con parámetros de rendimiento bien definidos, lo que permite una agregación y un análisis eficaces de los datos móviles para la toma de decisiones informadas y las iniciativas de reducción de la contaminación en diversas aplicaciones. En la sección 12 se detalla la evaluación de la eficacia en el cumplimiento de estos objetivos de calidad de los datos. En la sección 12.2 se detalla la información de control y aseguramiento de la calidad que se incluirá en el informe final.

7. Métodos y equipos de monitoreo

Aclima desplegará dos métodos de monitoreo distintos pero complementarios, gracias al uso de una flota mixta de AMP y PML:

- **Monitoreo de áreas amplias** recopilado por AMP, con monitoreo móvil guiado por un algoritmo dinámico en áreas de monitoreo definidas por la comunidad como áreas de alta preocupación por la contaminación durante las reuniones comunitarias y a través de la presentación de encuestas.
- **Monitoreo de áreas** específicas para la investigación de fuentes y áreas concretas que son motivo de preocupación, recopilado por el PML de la Universidad de California en Berkeley, con monitoreo móvil guiado por las preocupaciones sobre la calidad del aire y los objetivos de monitoreo definidos por la comunidad.

7.1 Equipo de monitoreo

La monitorización de áreas amplias como parte de este CAMP se llevará a cabo utilizando una flota de plataformas móviles Aclima (AMP, figura 7.1).



Figura 7.1: Una plataforma móvil Aclima.

Todas las AMP cuentan con un conjunto de mediciones estandarizadas que cubre una gama básica de contaminantes prioritarios y gases de efecto invernadero (GEI) que se muestra en la tabla 7.1, y que funcionan con una frecuencia de recolección de un segundo (a excepción del ozono, que se mide cada 2 segundos). La flota de Aclima llevará a cabo mediciones de monitoreo de áreas amplias durante diferentes momentos del día y diferentes días de la semana.

Tabla 7.1: Contaminación atmosférica y gases de efecto invernadero medidos por la AMP.

Contaminante	Frecuencia de medición
Monóxido de carbono (CO)	1 s
Dióxido de carbono (CO ₂)	1 s
Óxido nítrico (NO)	1 s
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	1 segundo
Ozono (O ₃)	2 segundos
Metano (CH ₄)	1 s
Etano (C ₂ H ₆)	1 s

Contaminante	Frecuencia de medición
Compuestos orgánicos volátiles totales (COVT)	1 s
Partículas finas	1 s
Carbono negro	1 s

Científicos con amplia experiencia del mundo académico y la industria desplegarán tres laboratorios móviles asociados (PML) equipados con instrumentos que miden una amplia gama de sustancias tóxicas específicas presentes en el aire. Los PML son grupos de investigación de la Universidad de California en Berkeley, Aerodyne Research y un consorcio que incluye a investigadores de la Universidad de California en Riverside, la Universidad Baylor y la Universidad de Houston. Cada vehículo está fabricado a medida con diferentes especificaciones e instrumentación. Los tres vehículos toman muestras en tiempo real con un tiempo de muestreo que oscila entre 1 segundo y 30 minutos, dependiendo del instrumento. En [el Apéndice I](#) se incluye una lista completa de los instrumentos de los PML y los contaminantes que miden.

En Hayward, el PML de la Universidad de California en Berkeley llevará a cabo la monitorización de la zona objetivo. La plataforma móvil de monitorización de la calidad del aire de la Universidad de California en Berkeley se basa en una furgoneta Ford Transit 250 con techo medio y cuenta con un conductor y un pasajero. La plataforma está compuesta por una serie de instrumentos para medir tanto los contaminantes atmosféricos criterio como los peligrosos, tanto en fase aerosol como en fase gaseosa, así como otros parámetros meteorológicos y de estado. El paquete de instrumentos de fase gaseosa mide el ozono (2B Tech 211G), el monóxido de carbono y el N₂O (Aeris MIRA Ultra CO/N₂O), el metano y el etano (Aeris MIRA Ultra CH₄/C₂ H₆), monóxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno (NO_x, Ecophysics nLD 855), dióxido de nitrógeno mediante dos métodos diferentes (Ecophysics nLD 855 y Aerodyne Cavity Attenuated Phase Shift Spectrometer [CAPS]), dióxido de carbono (Licor LI-7200 RS) y vapor de agua (tanto Aeris MIRA Ultras como Licor). Además, los compuestos orgánicos volátiles, por ejemplo, benceno, tolueno y otros (véase el apéndice G.2 del CAMP para obtener la lista completa), se miden utilizando un espectrómetro de masas de tiempo de vuelo con reactor de transferencia de protones Aerodyne Vocus (Vocus PTR-TOF-MS). El paquete de instrumentos de fase de aerosoles incluye mediciones de partículas totales en suspensión (TSI wCPC 3789), cargas de partículas (PM₁/PM_{2.5}/PM₁₀, Palas FIDAS) y carbono negro mediante dos métodos diferentes (Magee Aethelometer AE33 y Droplet Measurement Tech. Photoacoustic Extinctionmeter). La radiación solar entrante se registra mediante un sensor de radiación solar (MetOne Modelo 094). Se utiliza un Airmar 200WX para la meteorología, incluyendo la temperatura, la humedad, la presión, la velocidad y la dirección del viento. Una unidad GPS (ublox M8Q) proporciona información sobre la ubicación y la posición.

7.2 Métodos de monitoreo: monitoreo de áreas extensas

En la monitorización de áreas amplias, la flota de plataformas móviles de Aclima recopilará datos dentro de los límites del área de monitorización definida por la comunidad. Las AMP realizarán mediciones en carreteras de acceso público dentro de estos límites, recopilando mediciones repetidas en diferentes momentos del día, días de la semana y estaciones del año.

Aclima llevará a cabo el monitoreo dentro de los límites definidos, de manera que la flota completará un promedio de 20 mediciones repetidas distribuidas por todas las carreteras residenciales y principales de todos los grupos de

bloques censales para proporcionar una cobertura adecuada en toda la zona de monitoreo. Sin embargo, en lugar de especificar el número de muestras en una longitud específica de carretera dentro de cada grupo de bloques censales, Aclima utiliza un algoritmo de muestreo móvil dinámico que se actualiza diariamente con el objetivo específico de recopilar datos que maximicen la mejora en la caracterización de la calidad del aire de una ubicación. Este enfoque garantiza que se recopilen suficientes mediciones en áreas donde una mayor variabilidad de los contaminantes requiere un muestreo adicional para lograr la representatividad, o mediciones que sean representativas de las condiciones a lo largo del período de monitoreo específico. El sistema utiliza datos observados en combinación con modelos predictivos para priorizar la recopilación de datos en ubicaciones basándose en estos factores:

- Número de visitas hasta la fecha en relación con las visitas previstas, dado el tiempo transcurrido durante el periodo de monitoreo de nueve meses.
- Tiempo transcurrido desde la última visita
- Variabilidad en las concentraciones de contaminantes observadas durante las visitas repetidas, es decir, una discrepancia entre la concentración observada y la concentración prevista basada en observaciones anteriores

Al comienzo del periodo de monitoreo, el número de visitas tiene más peso que los demás factores y, una vez que se ha realizado un número adecuado de observaciones para hacer predicciones fiables, la variabilidad de las concentraciones de contaminantes observadas adquiere mayor peso. Al final, se dará prioridad a las ubicaciones donde la variabilidad de los contaminantes es mayor, con el fin de realizar más visitas repetidas y caracterizar de forma más adecuada las concentraciones medias de contaminantes en estas ubicaciones.

Aclima garantiza un monitoreo móvil continuo a lo largo del día mediante la asignación de turnos de conducción durante todo el día y el escalonamiento de las horas de inicio para evitar interrupciones operativas cuando los conductores terminan y comienzan sus turnos. El algoritmo de planificación de la conducción opera en grandes áreas, no en comunidades individuales de diferentes tamaños, y tiene como objetivo la recopilación diaria de datos espacialmente diversos en todos los CNC, independientemente de la cantidad de kilómetros de carretera que contengan esas comunidades. Para mitigar el sesgo de la hora del día, se asignan aleatoriamente ubicaciones específicas de carreteras a ventanas de 6 horas diarias para mitigar la recopilación excesivamente sesgada en determinados lugares a determinadas horas del día. El algoritmo de muestreo también da prioridad al mantenimiento de una tasa de revisitas igual en toda la zona de monitoreo, con el objetivo de alcanzar una media de 20 visitas en un periodo de nueve meses, en lugar de completar rápidamente ubicaciones específicas. Las ubicaciones que reciban 20 visitas al principio del periodo de nueve meses seguirán siendo visitadas a lo largo del tiempo.

El algoritmo de muestreo móvil garantiza una recopilación de datos suficiente para respaldar el cálculo de estimaciones de concentración ambiental resueltas espacialmente. Además, el método permite identificar las fuentes y evaluar los impactos desproporcionados, ya que dirige más muestreos a las regiones donde hay una mayor variación en las concentraciones de contaminación. Para obtener información detallada sobre la monitorización móvil de áreas amplias y el algoritmo de monitorización móvil dinámica, consulte la documentación de control de calidad de Aclima en los [apéndices C, D y E](#).

El límite de la monitorización de área amplia para Hayward se muestra en la sección 8: Áreas de monitorización.

7.3 Métodos de monitoreo: monitoreo de áreas específicas

La Universidad de California en Berkeley llevará a cabo un monitoreo de áreas específicas que se centrará en problemas concretos de contaminación atmosférica a escalas espaciales más pequeñas. Esto implica el monitoreo de

un área relativamente pequeña durante un periodo de tiempo más corto (aproximadamente de una a dos semanas) y está diseñado para complementar la cobertura del monitoreo de áreas amplias, proporcionando información más detallada sobre un área específica de interés. Esto puede proporcionar tanto una mejor caracterización de las fuentes de contaminación como una evaluación de los lugares preocupantes y los receptores sensibles de la comunidad que se ven afectados por las emisiones de las fuentes. El monitoreo de áreas específicas está diseñado para realizar una caracterización química, temporal y/o espacial detallada en un número seleccionado de lugares preocupantes identificados por las comunidades. La caracterización puede incluir aspectos como información temporal más densa sobre los contaminantes por hora del día, especiación química detallada alrededor de las fuentes preocupantes en un área en particular, o información espacial sobre la ubicación de una fuente de emisión y la extensión de las áreas y las personas afectadas por la fuente.

El método de monitoreo móvil para el monitoreo de áreas específicas es diferente del utilizado para el monitoreo de áreas amplias. Por la naturaleza del monitoreo de áreas específicas, se necesita un método de conducción más personalizado para apoyar los objetivos de monitoreo del aire y las preocupaciones específicas de cada comunidad. Al igual que con el monitoreo de áreas amplias, la representatividad se logra realizando mediciones repetidas para caracterizar suficientemente las concentraciones de contaminantes; sin embargo, las mediciones repetidas suelen (aunque no exclusivamente) realizarse en un período de tiempo más condensado en estas investigaciones específicas.

La sección 8 (Áreas de monitoreo) detalla el estudio de monitoreo de áreas específicas que se llevará a cabo en Hayward.

7.4 Fortalezas y limitaciones del monitoreo móvil

Debido a la naturaleza de la monitorización móvil y a sus diferencias con respecto a la monitorización fija, este enfoque presenta fortalezas y limitaciones inherentes.

- El monitoreo móvil puede cubrir más área con una mayor resolución espacial que las redes fijas (es decir, menos lagunas espaciales en la cobertura). Sin embargo, dado que los vehículos de monitoreo móvil solo pueden permanecer un tiempo limitado en un lugar determinado, puede haber lagunas temporales en ese lugar en las que no se disponga de datos de monitoreo.
- Los sensores e instrumentos de monitoreo móvil pueden recopilar datos válidos sobre una amplia variedad de contaminantes importantes para informar la acción de la comunidad, pero para lograr una alta resolución espacial, recopilan datos sobre menos contaminantes y con menor precisión y exactitud que las redes fijas. Como resultado, los sensores de monitoreo móvil no están certificados por la EPA de EE. UU. para recopilar datos que puedan compararse con los estándares nacionales de calidad del aire ambiente (NAAQS) y utilizarse en acciones reguladoras en virtud de la Ley de Aire Limpio. Para determinadas medidas reglamentarias, puede ser necesario realizar un estudio de seguimiento utilizando métodos de monitoreo aprobados por la EPA de EE. UU.
- Si bien el monitoreo móvil puede proporcionar una cantidad significativa de información en una zona geográfica determinada, es posible que los vehículos de monitoreo solo estén presentes en esa zona durante un periodo de tiempo limitado. Esto puede significar que los eventos poco frecuentes o los patrones estacionales no se recojan en el conjunto de datos.

8. Áreas de monitoreo

8.1 Asignación de kilometraje a la comunidad

Un requisito para el SMMI es que al menos el 50 % de la población de las áreas monitoreadas viva en áreas designadas como comunidades desfavorecidas (DAC), según la definición del 25 % superior de las puntuaciones de CalEnviroScreen en virtud de la ley SB535. En todas las CNC designadas para su monitoreo como parte del SMMI, la población total es de aproximadamente 7,9 millones de personas, de las cuales 2,9 millones viven en DAC (aproximadamente una cuarta parte de la población de DAC de todo California). Los recursos de monitoreo de Aclima se ajustan a la longitud de las carreteras contenidas en la zona de monitoreo seleccionada; en otras palabras, se necesitan más vehículos y conductores para monitorear las zonas con una longitud total de carreteras mayor. Para todos los CNC combinados, la longitud total de las carreteras contenidas es de aproximadamente 18 000 millas. Los distritos censales DAC suman en conjunto unas 6700 millas. Aclima determinó que la asignación de recursos para SMMI de manera que se pudieran cubrir aproximadamente 12 000 millas de carreteras permitiría cubrir las comunidades DAC y, al mismo tiempo, mantener el porcentaje total de la población DAC en el 50 % o más, mientras que la adición de recursos adicionales reduciría el porcentaje de la población DAC que recibe recursos de monitoreo. La implicación de esto es que, dado que no todas las comunidades recibirán recursos de monitoreo para cubrir toda la comunidad, sería necesario desarrollar un proceso equitativo para asignar los recursos de monitoreo por comunidad que garantice que las comunidades con mayor proporción de población DAC reciban más recursos de monitoreo. En consulta con el Grupo de Expertos del Proyecto (PEG), Aclima desarrolló un método para asignar recursos de monitoreo para el monitoreo de áreas amplias en los 62 CNC que forman parte del SMMI. El enfoque constaba de tres pasos:

1. El número total de kilómetros de carretera disponibles se distribuyó entre los distritos atmosféricos según la proporción de población contenida en los CNC de cada uno de los cinco distritos atmosféricos que contienen los 62 CNC (condado de Imperial, costa sur, valle de San Joaquín, área metropolitana de Sacramento y área de la bahía)⁸. Esto dio como resultado la asignación del 100 % de las millas de carretera para los CNC de los distritos aéreos de Sacramento, San Joaquín y el condado Imperial, ya que la proporción de la población de estos distritos aéreos es mayor que su proporción de millas de carretera CNC en comparación con la de todos los CNC. En el caso de los CNC del Área de la Bahía y la Costa Sur, había más kilómetros dentro de los CNC que kilómetros disponibles, por lo que se necesitaba un método para asignar los kilómetros restantes entre los CNC individuales.
2. Se definió una métrica de priorización personalizada para cada sector censal de todos los CNC con el fin de clasificar los CNC según diversos indicadores socioeconómicos y medioambientales. Este método de priorización se definió en consulta con el PEG. A continuación se describe cómo se definió esta métrica de priorización.
3. Los distritos censales individuales dentro de los CNC se seleccionaron sucesivamente en función de esta clasificación personalizada hasta agotar el total de millas de carretera disponibles para el monitoreo en cada distrito aéreo. La longitud en millas de carretera de los distritos censales seleccionados se suma para cada CNC, y ese total es el número de millas disponibles para el monitoreo de ese CNC. El número total de millas asignadas a cada comunidad mediante este método se presenta en [el Apéndice B](#).

⁸ Las poblaciones utilizadas para cada distrito aéreo en este cálculo son: Área de la Bahía: 2 838 232; Imperial: 15 330; Área metropolitana de Sacramento: 138 633; Distrito Escolar Unificado del Valle de San Joaquín: 687 473; Costa Sur: 4 573 865.

La métrica de priorización se creó como alternativa a la puntuación [CalEnviroScreen](#) (CES4.0), respondiendo a las preocupaciones planteadas por el PEG sobre la relevancia de muchas de las métricas utilizadas en CalEnviroScreen aplicadas al SMMI. Cabe señalar que, dado que las comunidades DAC se definen en función del CES (en virtud de la SB535), la métrica de priorización del PEG dará lugar a que algunas comunidades no DAC tengan prioridad sobre las comunidades DAC. A continuación se describe la metodología utilizada por Aclima, en coordinación con el PEG.

- Aclima propuso una ponderación personalizada de los indicadores ambientales y socioeconómicos individuales relevantes para las metodologías de monitoreo del SMMI (incluidos algunos de CalEnviroScreen y otros). La ponderación se determinó mediante una encuesta a los miembros del PEG, que asignaron colectivamente ponderaciones a cada indicador disponible.
- Normalización de la puntuación de la encuesta: Se utilizó el método Máx./Mín. para normalizar las respuestas de la encuesta de los miembros del PEG a una escala de 0 a 1. Esto garantizó que la tendencia de los encuestados individuales a dar puntuaciones consistentemente más altas o más bajas no sesgara los resultados generales.
- Ponderación y puntuación de los indicadores: Los resultados brutos normalizados de la encuesta se utilizaron para crear factores de ponderación para cada indicador. Estos factores de ponderación se muestran en [el Apéndice B](#). Para cada sector censal, se obtiene una puntuación de asignación de kilometraje convirtiendo cada valor indicador en un rango porcentual entre todos los sectores censales contenidos en los CNC. Este rango se multiplica por su peso correspondiente, sumando todos los indicadores y normalizando a un valor entre 1 y 100. Los indicadores se tomaron del CES 4.0 y se añadieron dos indicadores adicionales no pertenecientes al CES: la densidad de [puntos críticos de sustancias tóxicas en el aire AB2588](#) y la densidad de grandes fuentes autorizadas, ambas medidas como el número de fuentes por unidad de longitud de carretera en los distritos censales. Algunas de las fuentes del inventario no tenían emisiones registradas; estas fuentes se eliminaron primero antes de calcular la densidad de las fuentes.
- Cálculo de la puntuación final: Se sumaron las puntuaciones ponderadas de cada indicador para cada sector censal. A continuación, este resultado sumado se normalizó a una escala de 1 a 100 para crear una puntuación de asignación de kilometraje PEG para cada sector censal incluido en los 62 CNC. Los indicadores y puntuaciones finales están disponibles en [el Apéndice B](#).

Si bien este enfoque dio como resultado que los distritos censales con las puntuaciones de prioridad más altas se priorizaran dentro de los CNC a efectos de la asignación de kilometraje, el Plan de Participación Comunitaria ([Apéndice A](#)) esbozó un proceso para que los responsables de la participación trabajaran directamente con las comunidades para utilizar el kilometraje presupuestado para seleccionar los límites de monitoreo de acuerdo con las prioridades indicadas por las comunidades. Si bien este proceso empodera a las comunidades locales para tomar decisiones sobre dónde dirigir el monitoreo, hay que reconocer que los límites finales del área de monitoreo pueden no incluir necesariamente a las comunidades más desfavorecidas según lo definido por métricas establecidas como CalEnviroScreen o por la métrica desarrollada por PEG.

En el caso de Hayward, la longitud total de las carreteras (solo carreteras residenciales y principales) dentro de la comunidad es de 50 millas, y el kilometraje asignado es de 50 millas, según se ha determinado mediante el proceso anterior.

8.2 Cobertura de monitoreo de área amplia

Los vehículos de Aclima recopilarán mediciones detalladas de la contaminación en función de la ubicación y el tiempo en toda la comunidad. Esto se llevará a cabo durante un periodo de nueve meses, mientras los vehículos circulan por carreteras abiertas al público. Los barrios específicos en los que se llevará a cabo este monitoreo móvil fueron decididos por los propios miembros de la comunidad durante las reuniones dirigidas por el personal de Aclima. El monitoreo de área amplia se llevará a cabo de manera constante durante un período de nueve meses, de junio a marzo, con una frecuencia de repetición en todas las ubicaciones (a nivel de grupo de bloques censales) de aproximadamente una vez cada dos semanas.

Los mapas que se muestran a continuación identifican la región seleccionada por la comunidad para el monitoreo de áreas amplias, junto con las características de la ubicación de las fuentes conocidas de contaminación atmosférica y las preocupaciones identificadas por la comunidad. Los datos meteorológicos (velocidad y dirección del viento) se recopilarán en la plataforma móvil y serán una característica adicional basada en la ubicación que se incorporará al análisis y la interpretación de los datos.

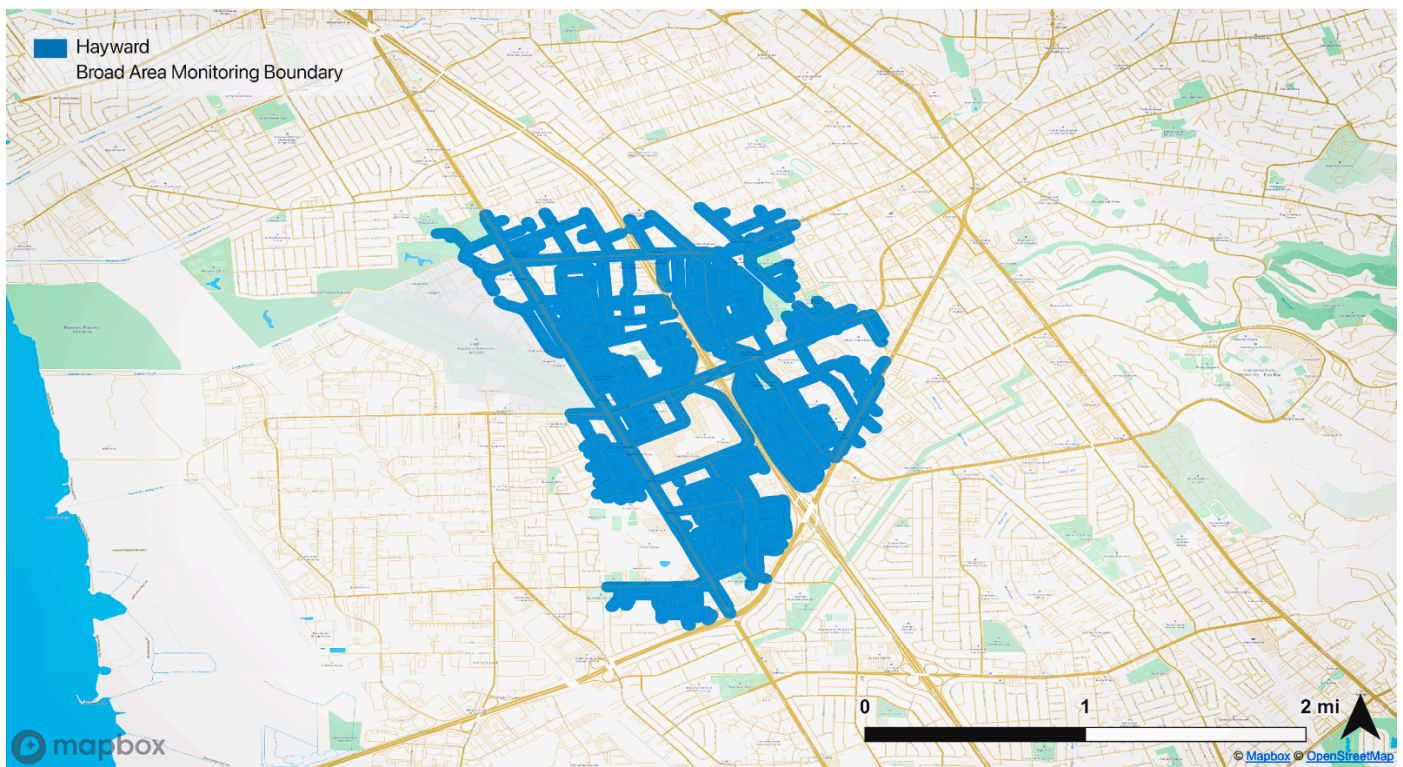


Figura 8.1: Mapa de la zona de monitoreo móvil en Hayward.

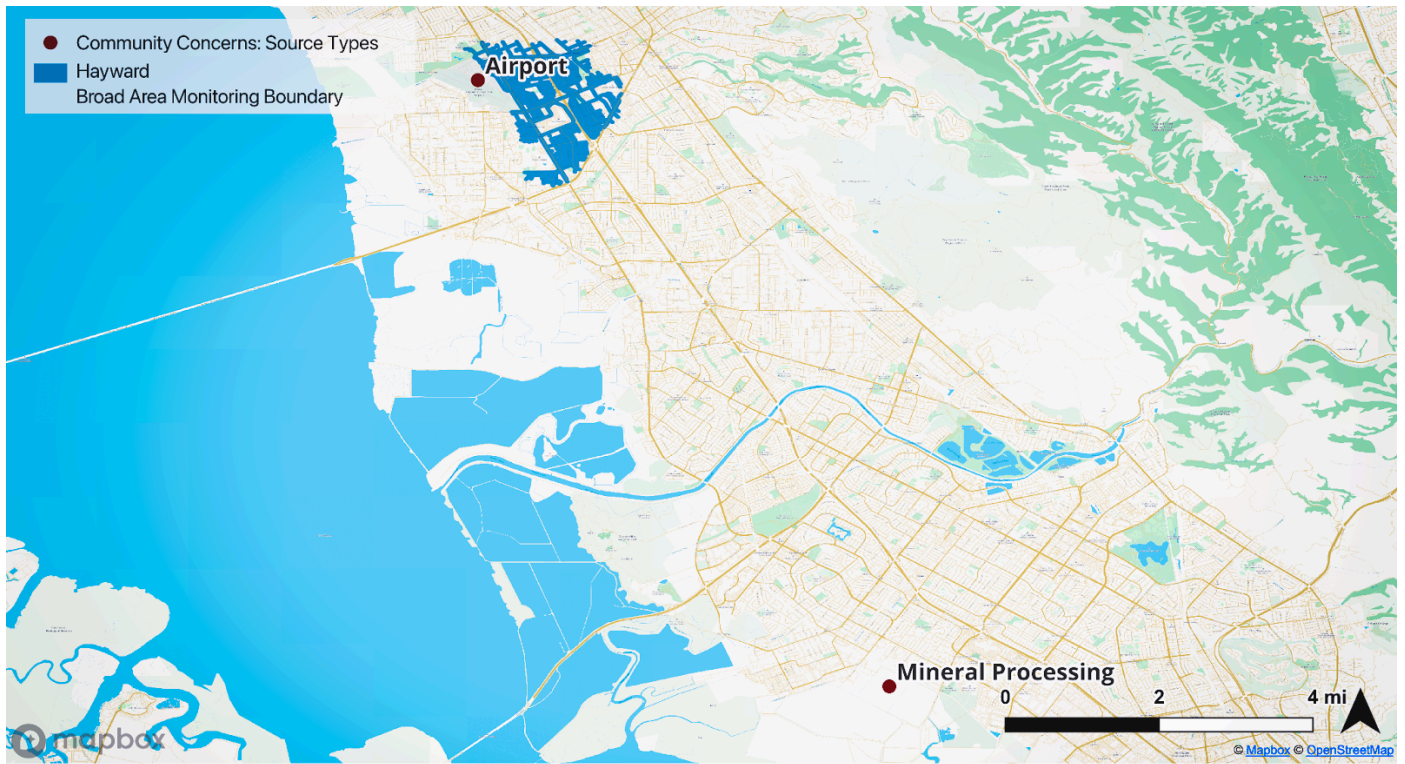


Figura 8.2: Mapa de los límites de la zona de monitoreo amplio de Hayward y las preocupaciones de la comunidad sobre la calidad del aire local. Las preocupaciones señaladas por los miembros de la comunidad de Hayward incluyen el aeropuerto de Hayward, una planta de procesamiento de minerales y (aunque no se muestra en esta figura) las principales vías de tráfico, como la autopista 880 y la ruta estatal 238.

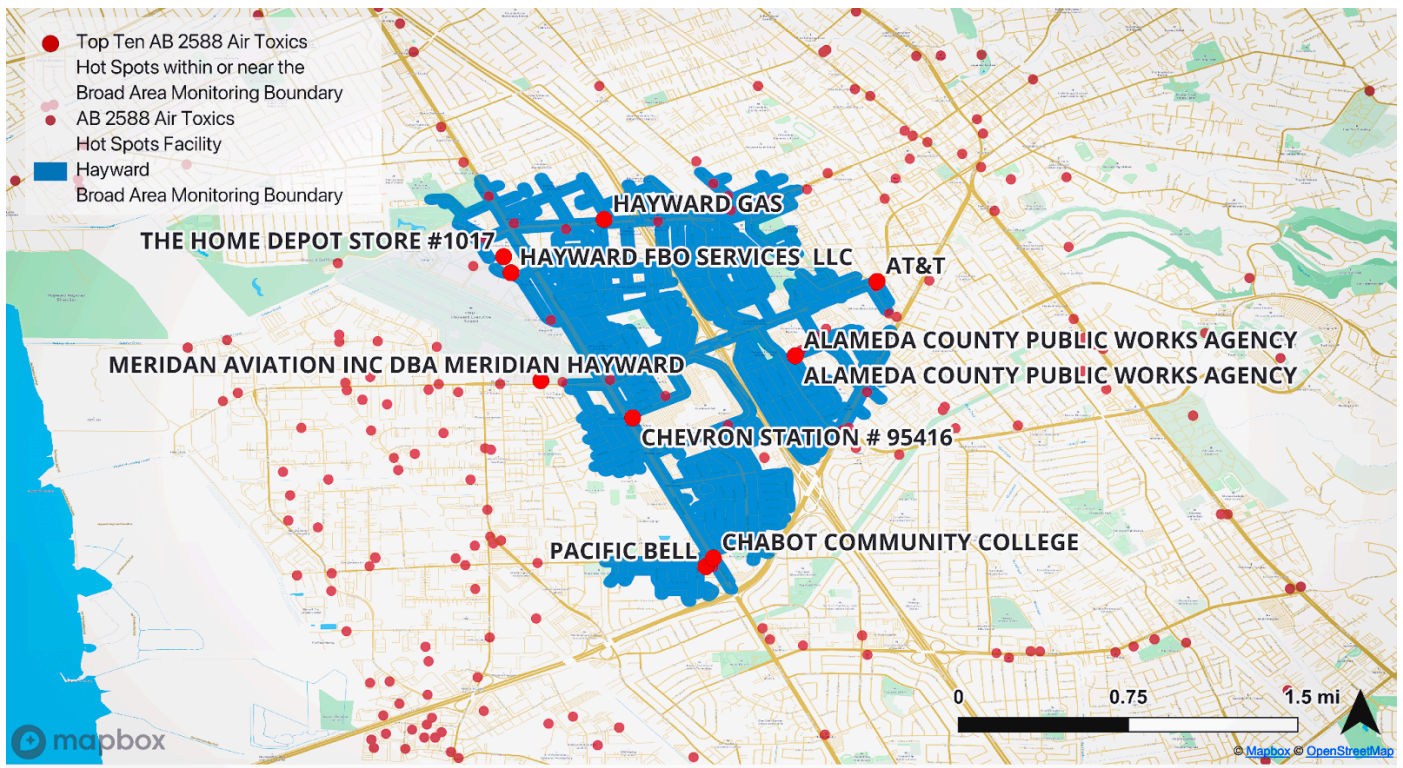


Figura 8.3: Mapa de los puntos críticos de sustancias tóxicas en el aire según la ley AB 2588 dentro y cerca de los límites de la zona de monitoreo de Hayward. Se destacan los 10 puntos críticos principales, según las emisiones totales ponderadas por toxicidad (TWE). Estas fuentes incluyen organismos públicos, instituciones educativas, mayoristas de petróleo, empresas de telecomunicaciones y estaciones de servicio.

8.3 Monitoreo de áreas específicas

Los estudios de monitoreo de áreas específicas están diseñados para abordar de manera flexible las preocupaciones específicas sobre la calidad del aire planteadas por las comunidades. El método de monitoreo, el enfoque de análisis de datos y el enfoque de visualización se personalizarán para recopilar, visualizar e interpretar los datos de la manera más eficaz para proporcionar resultados que, en última instancia, puedan utilizarse para tomar medidas que aborden la preocupación por la contaminación del aire. Aclima y la Universidad de California en Berkeley, con la orientación del PEG, han desarrollado un método que se basa en un conjunto modular de enfoques predeterminados de monitoreo, análisis y visualización que pueden combinarse de manera única para abordar diferentes tipos de preocupaciones y objetivos de monitoreo.

La encuesta sobre la calidad del aire, las reuniones comunitarias realizadas por los EL y otras actividades de divulgación llevadas a cabo con miembros de la comunidad y representantes del distrito del aire identificaron y priorizaron las preocupaciones de la comunidad en materia de calidad del aire (detalladas en la sección 2.3).

A partir de las preocupaciones y los objetivos de monitoreo, se selecciona el enfoque de monitoreo, análisis y visualización más adecuado para proporcionar resultados prácticos que ayuden a abordar las preocupaciones de la comunidad en materia de calidad del aire.

El estudio de área específica para Hayward será realizado por el laboratorio móvil de monitoreo de Berkeley y abordará la preocupación identificada por la comunidad sobre el aeropuerto de Hayward. El objetivo principal de

monitoreo de este estudio de área específica es la caracterización de las fuentes de emisiones de combustible relacionadas con las operaciones del aeropuerto. Algunos de los contaminantes clave en los que se centrará el estudio son los COV totales, el metano/etano, el benceno, el tolueno, la acroleína, otros tóxicos orgánicos atmosféricos, el carbono negro, las PM_{2,5}, el CO y el NO₂. Este estudio de área específica se llevará a cabo utilizando el siguiente enfoque de monitoreo:

- **Monitoreo de la línea de cerramiento** mientras se conduce alrededor del perímetro de una instalación u otra fuente estacionaria de contaminación atmosférica.
- **Estudio general:** monitoreo repetido a lo largo de una ruta predeterminada o en todas las carreteras dentro de un área predeterminada, con el fin de recopilar datos sobre los contaminantes atmosféricos de manera uniforme a lo largo del tiempo.

El laboratorio móvil de la Universidad de California en Berkeley supervisará Hayward mediante una combinación de supervisión de la línea de cerramiento alrededor del aeropuerto de Hayward y un estudio general de los barrios residenciales cercanos. Además, se realizarán transectos de las principales carreteras de toda la comunidad. De este modo se abordarán las preocupaciones relativas a las fuentes de alta emisión y se obtendrán múltiples mediciones de fondo para la zona. Se elaborará un plan de recorrido de manera que cada zona o carretera objetivo pueda medirse en aproximadamente 8 horas. Este plan de recorrido se repetirá al menos 5 veces entre septiembre de 2025 y febrero de 2026, con la ubicación de inicio y la ruta escalonadas de manera que las mediciones repetidas de las fuentes se completen en diferentes momentos del día para elaborar estadísticas. El plan de ruta puede estar sujeto a cambios, ya que el laboratorio móvil de la Universidad de California en Berkeley está pilotado por un equipo experimentado de científicos atmosféricos, y las rutas se seleccionan en tiempo real de acuerdo con los flujos de datos entrantes cuando se realiza el monitoreo dentro de los límites de la comunidad. Esto significa que, aunque la ruta exacta de un recorrido puede modificarse sobre la marcha, un recorrido no se marcará como «completado» hasta que se realice un estudio general en torno a las preocupaciones identificadas por la comunidad y los puntos críticos de aire tóxico. Por lo tanto, algunos recorridos pueden durar más de 8 horas o puede ser necesario repetirlos si se observan datos especialmente interesantes que requieran abandonar la zona objetivo. Aclima y el equipo de Berkeley se pondrán en contacto con los miembros de la comunidad cuando se hayan ultimado los planes. En ese momento se podrá discutir la información específica de la comunidad sobre las preocupaciones y fuentes locales, así como la accesibilidad de determinadas carreteras, con el fin de informar sobre las rutas cartografiadas.

El siguiente mapa muestra el área de interés para este estudio de área específica.



Figura 8.4: Mapa que muestra el área aproximada del estudio específico de Hayward: barrios al sur y al este del Aeropuerto Ejecutivo de Hayward. El plan de recorrido real y el alcance de la monitorización están por determinar. Véase el texto para obtener una descripción del enfoque de monitorización.

9. Procedimientos de control de calidad

Los procedimientos de control de calidad son una parte importante de todos los planes de monitoreo del aire, ya que describen el trabajo que se realizará antes, durante y después del período de medición para garantizar que los datos recopilados cumplan con los objetivos de calidad de datos de Aclima.

9.1 Procedimientos de garantía y control de calidad de Aclima

Aclima cuenta con un conjunto completo de procedimientos de control de calidad (QC) que se aplican a lo largo de todo el proceso de monitoreo, desde el momento en que se instalan los sensores en los vehículos hasta que se analizan los datos finales. Estos procedimientos nos ayudan a rastrear y minimizar la incertidumbre, garantizando que los datos recopilados sean adecuados para los objetivos de monitoreo previstos. A continuación se ofrece una breve descripción general de estos procedimientos. En [los apéndices C, D y E](#) se incluye una descripción completa de estos procedimientos, incluida la frecuencia de las comprobaciones de control de calidad realizadas.

Garantizar la precisión de las mediciones de los sensores: calibración

La calibración es una parte fundamental del proceso de control de calidad de Aclima. Aclima compara sus sensores con instrumentos y estándares de referencia fiables para asegurarse de que informan de los niveles correctos de contaminantes. Aclima lo hace en varias etapas:

- **Antes de la implementación (calibración previa a la implementación):** antes de que los vehículos de monitoreo móvil comiencen a recopilar datos en la comunidad, cada sensor se somete a un minucioso proceso de calibración.
- **Durante y después de la implementación (verificación de la calibración):** durante y después de un periodo de monitoreo móvil, los sensores se devuelven a las instalaciones de calibración de Aclima y se recalibran utilizando los mismos métodos que antes de la implementación. Esto ayuda al equipo a ver si los sensores se han desviado o han cambiado sus lecturas durante el periodo de monitoreo. Las verificaciones de calibración se realizarán aproximadamente una vez cada 6-8 semanas durante el periodo de monitoreo de 9 meses.
- **Corrección de la desviación de la calibración:** Si Aclima detecta que la calibración de un sensor ha cambiado entre dos eventos de calibración, el equipo revisa cuidadosamente los datos y puede aplicar ajustes para garantizar la precisión de las mediciones realizadas durante el periodo de monitoreo. La forma en que Aclima corrige la desviación depende del contaminante y del tipo de producto de datos (por ejemplo, promedios a largo plazo frente a picos a corto plazo).

Comprobaciones continuas durante el monitoreo:

Hay varias verificaciones continuas que se realizan mientras los vehículos de monitoreo móvil están en el campo:

- **Comprobaciones del conductor:** Los conductores capacitados de Aclima realizan inspecciones visuales diarias del sistema de monitoreo, lo que incluye la comprobación de las líneas de muestreo y la realización de **comprobaciones de PM cero** para garantizar que el sistema funciona correctamente. También supervisan la conectividad de los datos y limpian la entrada del sensor de carbono negro.
- **Comprobaciones automáticas del sistema:** La plataforma móvil de Aclima supervisa continuamente diversos **indicadores del estado del sistema**, como la temperatura, la presión, la humedad y los caudales dentro de los sensores. Si estos indicadores se salen de los rangos aceptables, los datos se marcan automáticamente para su revisión. Esto nos ayuda a identificar posibles problemas desde el principio.
- **Revisión manual de datos:** El personal técnico de Aclima supervisa de forma remota los datos entrantes y los diagnósticos del sistema semanalmente para buscar tendencias, patrones inusuales o posibles problemas con los sensores que las comprobaciones automáticas podrían pasar por alto. Aclima puede comparar sus datos con los de las estaciones de monitoreo del aire reguladoras cercanas para proporcionar un contexto sobre cómo se comportan generalmente los contaminantes a lo largo del tiempo en la región.

Abordar y corregir problemas:

Si se detecta algún problema durante los controles de calidad, Aclima cuenta con los siguientes procedimientos para abordarlo:

- **Solución de problemas y reparaciones:** En el caso de problemas menores, los conductores pueden realizar reparaciones sencillas sobre el terreno. Para problemas más complejos, los sensores o incluso todo el nodo

móvil de Aclima (AMN) pueden devolverse a las instalaciones de calibración para su reparación, recalibración o sustitución.

- **Marcado y exclusión de datos:** Si Aclima identifica datos que pueden ser inexactos debido a un mal funcionamiento del sensor u otro problema, los marca en el sistema. Los datos gravemente comprometidos se excluyen de análisis posteriores para evitar que afecten a los productos finales. Los datos que pueden tener una incertidumbre ligeramente mayor se anotan y pueden tratarse con más precaución. Se indicará tanto la gravedad como el motivo del marcado.
- **Ajustes de datos:** si una comprobación de calibración revela una desviación constante en las lecturas de un sensor desde la calibración anterior, Aclima puede aplicar ajustes a los datos recopilados durante el despliegue para mejorar su precisión durante ese periodo de tiempo. Todas las modificaciones de datos se registran cuidadosamente en la base de datos de Aclima. Durante las comprobaciones de calibración, los sensores también se someten a recalibraciones para obtener el siguiente conjunto de parámetros de calibración para la siguiente fase de recopilación de datos.

Tabla 9.1: Resumen de los procedimientos y la frecuencia de control de calidad de Aclima

Actividad de control de calidad	Frecuencia
Comprobaciones del sistema del controlador (ceros PM, conectividad de datos, comprobaciones de tubos y comprobaciones de cables)	Diario
Revisión manual de datos	Semanal
Comprobaciones de calibración (y recalibración posterior)	Cada 6-8 semanas
Mantenimiento rutinario (sustitución del filtro interno u otros consumibles, comprobación de fugas)	Cada 6-8 semanas en las comprobaciones de calibración
Comprobaciones de instalación y desinstalación (comprobaciones de flujo, limpieza de la línea de muestreo, sustitución de filtros de la línea de muestreo, etc.)	Cada 6-8 semanas en las revisiones de calibración
Mantenimiento bajo demanda	Según sea necesario

Colocación de AMN de Aclima en sitios regulados

Los AMN de Aclima se instalarán en dos sitios de monitoreo reglamentarios operados por CARB o distritos locales de aire en toda California para realizar comparaciones a largo plazo con el fin de comparar directamente las mediciones de Aclima con las mediciones reglamentarias en diferentes regiones del estado. Hay dos motivos para esta comparación:

1. Proporcionar transparencia sobre cómo se comparan las mediciones de Aclima con las mediciones FEM/FRM de los principales contaminantes criterio (NO₂, O₃, CO y PM_{2.5}).

2. Identificar cualquier sesgo específico de la región en la comparación de la medición de PM2.5 de AMN con los métodos FEM. Aclima consultará con CARB para determinar si se debe realizar algún ajuste sistemático a los datos de PM2.5 de Aclima basándose en los resultados de esta comparación (véanse los apéndices C y D para obtener más detalles sobre el tratamiento del sesgo sistemático).

Estas comparaciones se evaluarán y cuantificarán utilizando diversos indicadores de calidad de los datos (DQIs) (por ejemplo, sesgo, precisión, error medio de sesgo, R2, etc.). En el momento de la publicación de este CAMP, se ha instalado una AMN en un sitio regulatorio en Sacramento (centro de Sacramento, calle T, 1309 T Street, Sacramento, CA) y en Fresno (Fresno, Garland, 3727 N. 1st Street, Ste. 104, Fresno, CA). Estos sitios se seleccionaron en función de la disponibilidad de espacio, así como del deseo de recopilar datos de la AMN en el Valle Central para caracterizar las diferencias regionales en las PM2.5. Estos datos se incluirán en el conjunto de datos que se hará público al término del SMMI y los resultados de la intercomparación se resumirán en el informe final.

Documentación y supervisión:

Aclima mantiene registros detallados de todas las actividades de control de calidad. Esto incluye registros de calibración, registros de mantenimiento, notas de revisión de datos y cualquier ajuste de datos realizado. El director de control de calidad es responsable de supervisar el sistema de control de calidad de Aclima, asegurándose de que se sigan los procedimientos de la empresa y de que los datos de Aclima cumplan con altos estándares de calidad. Los resultados de los registros de calibración se resumirán en el informe final del proyecto.

9.2 Procedimientos de control y garantía de calidad de los laboratorios móviles asociados

El proceso de control y garantía de calidad de Berkeley PML incluye calibraciones semanales de los instrumentos de fase gaseosa utilizando estándares de gas certificados, y lecturas semanales de referencia para los instrumentos de fase particulada. El objetivo de recuperación de datos es del 90 % para cada día o unidad, y se realizan repeticiones si no se cumplen los objetivos de recuperación. La precisión, medida mediante comprobaciones de intervalo y comparaciones de desviación estándar relativa, y la exactitud, evaluada mediante las respuestas de los instrumentos a concentraciones de gas conocidas, se supervisan y notifican periódicamente. Cualquier cambio significativo en la precisión o exactitud da lugar a una comprobación diagnóstica completa. La tabla 9.2 muestra las actividades de control de calidad y su frecuencia. Además, los datos se revisan continuamente durante la adquisición para detectar registros de datos potencialmente problemáticos mediante alarmas de los instrumentos. Estas alarmas se marcan y registran con la indicación correspondiente de si los datos se ven afectados o no. Los datos que se consideran defectuosos, ya sea por alarmas automáticas o por revisión manual, se marcan en los archivos transmitidos.

Se instalará un AMN de Aclima en el PML para realizar comparaciones entre las mediciones del PML y las de Aclima. Además, se han previsto ejercicios de comparación entre los diferentes equipos del PML que participan en el SMMI, que se espera que incluyan comparaciones cruzadas de gases de referencia y colocaciones estacionadas.

La descripción completa de estos procedimientos se incluye en un documento adjunto en [el Apéndice G](#).

Tabla 9.2: Resumen de los procedimientos y la frecuencia de control de calidad de la Universidad de California en Berkeley

Actividad de control de calidad	Instrumentos asociados	Frecuencia
Mezcla de gases COV de 1 ppm de 1,3-butadieno, 1,3,5-trimetilbenceno, 1 ppm de acetaldehído, 1 ppm de acetona, 1 ppm de acrilonitrilo, 1 ppm de etanol, 1 ppm de hexano, 1 ppm de isopreno, 1 ppm de limoneno, 1 ppm de m-xileno, 1 ppm de metiletilcetona, 1 ppm de metilvinilcetona, 1 ppm de tolueno	Vocus PTR-TOF-MS	1 vez por semana
5 ppm de NO	CAPS NO2 y Ecophysics NO/NO2/NOx	1 vez por semana
1,9 ppm CH4, 400 ppm CO2, 0,1 ppm CO	Aeris CH4/C2H6, Licor CO2, Aeris CO/N2O	1 vez por semana
30 ppm CH4, 1 ppm C2H6, 2000 ppm CO2, 10 ppm CO	Aeris CH4/C2H6, Licor CO2, Aeris CO/N2O	1 vez por semana

10. Gestión de datos

En esta sección se describe brevemente cómo el sistema de Aclima gestiona los datos de los nodos móviles de Aclima (AMN) y los laboratorios móviles asociados (PML) a lo largo de la campaña SMMI, cumpliendo con los elementos específicos del alcance del trabajo relacionados con los procedimientos de gestión de datos y los mecanismos de transferencia. En [el apéndice F](#) se incluye una descripción detallada de la gestión de datos.

10.1 Categorías y niveles de datos

Los datos recopilados como parte de este CAMP abarcarán desde mediciones de 1 segundo utilizadas para el análisis, combinaciones o resúmenes de los datos recopilados a lo largo del período de observación, hasta notificaciones más rápidas de la detección de altas concentraciones. Aclima organiza estos datos en niveles que reflejan el grado de procesamiento, desde el nivel más bajo (nivel 0 o L0) en la lectura del sensor hasta el nivel alto (nivel 4 o L4) en los análisis modelados que sintetizan puntos de datos individuales en información útil y resúmenes de datos para su difusión a través de la visualización y la presentación de informes.

Tabla 10.1: Niveles de procesamiento de datos de Aclima. Los asteriscos (*) indican los niveles de datos proporcionados a CARB o en apoyo de la comunicación no científica y la visualización comunitaria.

Nivel de datos	Nombre	Definición	Ejemplo
0	Señal sin procesar	Señal original producida por el sensor.	Voltaje, número digital, datos brutos de espectros de masas.
1	Cantidades geofísicas	Derivadas de datos de nivel 0	Concentración en ppb o ug/m3

Nivel de datos	Nombre	Definición	Ejemplo
	intermedias	utilizando principios físicos básicos o ecuaciones de calibración.	
2a*	Cantidades geofísicas estándar	Estimación utilizando sensores y mediciones físicas asociadas directamente relacionadas con el principio de medición.	NO2 derivado de O3 y Ox (O3+NO2) Corrección de la temperatura y la humedad en las estimaciones del sensor. Picos de metano y sustancias tóxicas atmosféricas especificadas derivados de datos de series temporales.
2b	Cantidades geofísicas estándar, ampliadas	Nivel 2a, pero utilizando fuentes de datos externas para la corrección de artefactos y directamente relacionadas con el principio de medición.	No se prevé su uso en la iniciativa SMMI.
3	Cantidades geofísicas avanzadas	Productos geoespaciales agregados utilizando métodos estadísticos estándar.	Mapas básicos de concentración media. Mapas de eventos de mejora.
4*	Cantidades geofísicas espacialmente continuas, fenomenología espacio-temporal modelizada	Productos geoespaciales agregados utilizando modelos estadísticos avanzados y datos potencialmente externos	Mapas de concentración reconstruidos estadísticamente con intervalos de confianza. Mapas de ubicaciones con concentraciones persistentemente elevadas

10.2 Canalización de gestión de datos

El proceso de gestión de datos incluye cinco etapas que gestionan los datos desde su recopilación hasta su análisis. En primer lugar, los datos del sensor de 1 Hz y los metadatos que los acompañan se **publican** en sistemas remotos (en la nube). A continuación, los datos del sensor y los metadatos se **ingestan** en el almacenamiento en la nube de Aclima. Estos datos de nivel 0 se archivan para garantizar que nunca se alteren. Los datos PML se procesan por separado, pero en formatos compatibles. Los datos brutos de nivel 0 se **transforman** en cantidades físicas calibradas (nivel 1) y en mediciones estándar más refinadas (nivel 2a), aplicando las correcciones necesarias, los ajustes de desfase temporal para el retraso del sensor y realizando un marcado de calidad de los datos tanto automático como manual. A continuación, los **modelos** se utilizan para agregar la información L1/L2a en productos de datos

geoespaciales de nivel superior (nivel 3 utilizando métodos estadísticos estándar y nivel 4 empleando técnicas de modelización avanzadas) para identificar las fuentes de emisión y las zonas afectadas de manera desproporcionada. Por último, los datos de todos los niveles se etiquetan y **almacenan** utilizando un almacenamiento de datos en la nube escalable. Los datos originales recopilados se conservan siempre y se toman instantáneas en estados críticos. CARB tendrá acceso durante un periodo de tres meses tras la finalización del contrato.

10.3 Revisión de datos y garantía de calidad

El sistema de gestión de datos incorpora soporte para comprobaciones de revisión de datos, definidas como el marcado manual o automatizado de señales automatizadas de series temporales de sensores. Los detalles científicos de la revisión de datos se pueden encontrar en los [apéndices C, D, E y F](#). Las diferentes actividades de revisión de datos y control de calidad se llevan a cabo en diferentes etapas.

Durante el despliegue activo de un dispositivo de monitoreo y a medida que los datos se transmiten a la nube, el equipo de monitoreo comprueba periódicamente (mediante una combinación de procesos manuales y automatizados) los datos que se ingieren para marcar cualquier problema de calidad de los sensores o de los datos que pueda surgir. Siempre que es posible, los problemas se resuelven rápidamente sobre el terreno. Se marcan los datos que deben omitirse por cualquier motivo (por ejemplo, fugas, fallo de los sensores, bloqueo del flujo, etc.).

Una vez finalizada la implementación de un dispositivo de monitoreo (cuando el dispositivo regresa a su base), el equipo de monitoreo lleva a cabo una revisión completa de todos los datos de los sensores recopilados durante la implementación de ese dispositivo, para garantizar que cualquier problema que pueda haber pasado desapercibido durante el período de implementación se detecte antes de que los datos se verifiquen definitivamente. Una vez más, se marcan los problemas de datos bien caracterizados y se señalan las omisiones en el uso.

Una vez finalizada la implementación de todos los dispositivos de monitoreo de la flota (una vez que todos los dispositivos regresan a la base y finaliza el período de monitoreo), todos los datos recopilados se vuelven a procesar para tener en cuenta las marcas y omisiones y preparar los datos para su entrega a CARB y a la comunidad.

Los datos originales procedentes de los sensores se conservan siempre, así como todas las anotaciones de las distintas etapas de revisión y control de calidad, de modo que se pueda rastrear adecuadamente la inclusión u omisión de datos específicos.

10.4 Transferencia de datos

Los datos L2a finalizados de Aclima y los PML se transferirán a la CARB a través de un almacenamiento seguro en la nube, siguiendo un esquema definido compatible con el AQS de la EPA, cuando sea aplicable. La cadencia de entrega de los datos finalizados a la CARB será mensual, a partir de los cuatro meses siguientes a la recopilación de los datos. El formato de los archivos y otros detalles se especifican en [el apéndice F](#).

10.5 Visualización de datos

Los datos se utilizarán para crear conjuntos de datos y visualizaciones (por ejemplo, Esri StoryMaps) centrados en la identificación de fuentes de contaminación y áreas de impacto desproporcionado, con plantillas y capas de datos específicas descritas. Aclima se encargará de desarrollarlos, pero CARB será el propietario y el anfitrión de los StoryMaps finales.

11. Plan de trabajo para realizar mediciones de campo

El plan debe describir los procedimientos de campo que seguirán quienes realicen las mediciones y proporcionar el calendario para el monitoreo del aire de la comunidad. Los procedimientos de campo detallan las tareas individuales con suficiente detalle para que el personal con la formación necesaria pueda completarlas. Algunos ejemplos de procedimientos de campo específicos son la documentación de las acciones en los libros de registro, la cumplimentación de los formularios de cadena de custodia y la realización de procedimientos específicos de control de calidad. El calendario debe establecer la duración de las mediciones de campo e indicar los hitos para completar las tareas clave. El plan también describirá los pasos de comunicación y coordinación para garantizar que el personal de campo sepa a quién contactar en caso de dudas y cómo se entregan los productos del trabajo. También deben documentarse las consideraciones de seguridad pertinentes.

El plan de trabajo para las mediciones de campo se distingue por el enfoque de monitoreo.

11.1 Monitoreo de áreas amplias

11.1.1 Materiales y procedimientos de campo

La monitorización de áreas amplias implica principalmente la flota de Aclima (Aclima Mobile Platforms o AMP). Cada vehículo es operado por un conductor de Aclima, que comienza su turno en un centro local encendiendo los instrumentos, realizando una revisión de seguridad y solucionando cualquier problema. Su jornada de conducción se gestiona mediante una aplicación móvil en su vehículo e incluye descansos obligatorios. La jornada termina de vuelta en el centro local y con una rutina de apagado de los instrumentos. Durante el día, cada AMP está activa en una ruta, recopilando datos constantemente a intervalos de 1 segundo.

11.1.2 Comunicación y coordinación

El equipo de operaciones utiliza una serie de aplicaciones de software para la comunicación, la gestión de la flota, la seguridad y la navegación:

- La información para cada operador que comienza su turno se comunica a través de una aplicación de mensajería.
- Cada operador puede acceder a recursos en línea (instrucciones escritas y en vídeo) que describen procedimientos operativos estándar específicos y proporcionan recursos para una serie de situaciones que pueden surgir.
- Las fotos o notas que el operador toma durante el día se capturan a través de una aplicación dedicada a la gestión de la flota.
- Una interfaz de sensores/instrumentos proporciona al operador información básica sobre el estado de los informes de datos.
- Una aplicación de mapeo del tablero carga el plan de monitoreo del día y proporciona orientación sobre la ruta que debe seguir el operador.
- Para la comunicación general, se mantiene una línea telefónica de despacho.
- Los operadores también pueden presentar tickets para los problemas que no se pueden resolver de inmediato.

- La formación en materia de seguridad y las cuestiones relacionadas con ella se gestionan a través de una plataforma específica.

11.1.3 Cronograma: duración, frecuencia, hitos y plazos

La supervisión de áreas amplias se llevará a cabo mediante plataformas móviles Aclima (AMP) desde junio de 2025 hasta finales de febrero de 2026, durante un total de aproximadamente nueve meses de supervisión.

11.2 Monitoreo de áreas específicas

Además de la supervisión de áreas amplias, en la siguiente sección se detalla el plan de trabajo para la supervisión de áreas específicas que se llevará a cabo en Hayward.

11.2.1 Materiales y procedimientos de campo

La camioneta de Berkeley, siempre operada por un afiliado de Berkeley junto con un copiloto/navegador, parte del campus de la Universidad de California en Berkeley o, cuando es necesario, de una ubicación externa predeterminada cercana a las áreas de muestreo previstas. Las jornadas de conducción comienzan con revisiones de seguridad, inspección de instrumentos y servidores, resolución de problemas cuando es necesario y calibraciones cuando corresponde. Antes de cada jornada de conducción se predeterminan el área y el tiempo objetivo. La jornada termina de vuelta en el lugar de partida, y se llevan a cabo comprobaciones de seguridad, resolución de problemas y comprobaciones de datos posteriores a la conducción, así como procedimientos de calibración cuando sea necesario.

La camioneta registra datos a intervalos de 1 segundo, tanto cuando está en funcionamiento como cuando está en reposo. En casos excepcionales, la camioneta puede utilizarse para un monitoreo estacionario limitado en determinados lugares y situaciones, y se comunicarán los datos de los periodos estacionarios. En los demás casos, los datos de monitoreo de los días de conducción se preparan automáticamente para su comunicación, y los datos estacionarios están disponibles previa solicitud.

11.2.2 Comunicación y coordinación sobre el terreno

Antes y después de la operación, la coordinación y la comunicación de las actividades de monitoreo se realizan principalmente a través de reuniones presenciales entre el equipo de la camioneta (operadores y copilotos) y el personal clave del proyecto. A lo largo de la operación, las necesidades de gestión, seguridad y navegación se abordan mediante una serie de procedimientos:

- Cada miembro del equipo tiene acceso a recursos en línea basados en la nube que incluyen procedimientos operativos estándar específicos y recursos para resolver una serie de situaciones comunes.
- La navegación la gestiona principalmente el copiloto, que dirige al operador basándose en la información continua que le proporcionan los sistemas de datos. Los datos de los instrumentos se trazan en un mapa en tiempo real, lo que permite identificar simultáneamente las ubicaciones con concentraciones elevadas persistentes y realizar un seguimiento de las carreteras recorridas anteriormente.
- Durante cada recorrido, el copiloto toma notas que se guardan automáticamente en una unidad en la nube.
- En la camioneta se instala una cámara de salpicadero que guarda las fotos localmente. La tarjeta SD se copia manualmente en una unidad en la nube después de cada recorrido.

- Una interfaz basada en la web proporciona información en tiempo real a los operadores de la camioneta sobre el estado de los instrumentos y las concentraciones de contaminantes medidas.
- Cuando la camioneta está en funcionamiento, siempre hay un científico senior de guardia disponible en Berkeley para garantizar la seguridad, la coordinación, la resolución de problemas y otras tareas de asistencia. Los miembros del equipo de guardia tienen acceso casi en tiempo real a la interfaz basada en la web para supervisar de forma remota el progreso y ayudar en la resolución de problemas.
- Antes de llevar a cabo el monitoreo, el equipo del PML de Berkeley se reunirá con los representantes del proyecto del Grupo de Expertos del Proyecto SMMI con el fin de comprender adecuadamente el contexto local en torno a las preocupaciones sobre la calidad del aire especificadas en el CAMP para el monitoreo de las áreas objetivo. Durante esta reunión también se pueden establecer canales de comunicación para proporcionar información actualizada en tiempo real de los miembros de la comunidad sobre las condiciones actuales de la calidad del aire o los eventos previstos que puedan afectar a la calidad del aire durante el período de monitoreo.

11.2.3 Calendario: duración, frecuencia, hitos y plazos

El monitoreo de áreas específicas se llevará a cabo en Hayward durante aproximadamente una semana, en un periodo que se determinará entre septiembre de 2025 y febrero de 2026. Consulte la sección 8.3 para obtener más detalles sobre la duración y la frecuencia del monitoreo.

¿Cómo se utilizarán los datos para tomar medidas?

12. Evaluación de la eficacia

El plan de trabajo de monitoreo y los datos se evaluarán en todas las etapas de la fase de monitoreo del SMMI para garantizar que se cumplan los objetivos de monitoreo del aire. Estas evaluaciones incluyen procesos continuos durante el monitoreo, la revisión de los datos mientras se lleva a cabo la recopilación y la verificación de los datos al final del período de monitoreo, una vez que se han recopilado todos los datos. Para obtener más detalles sobre estos procesos, véase la documentación detallada de control de calidad de Aclima en [los apéndices C, D, E y G](#). Se puede encontrar más información sobre la publicación de datos públicos en la sección 14.2 y la sección 10 del [apéndice F](#).

12.1 Evaluación de la eficacia durante el periodo de monitoreo:

La eficacia se evaluará de forma continua durante la fase activa de recopilación de datos para garantizar que el monitoreo avanza según lo previsto y que los posibles problemas se identifican y se abordan con prontitud. Esta evaluación continua incluirá varios componentes clave:

- **Revisión manual de datos:** El personal de Aclima llevará a cabo evaluaciones semanales del rendimiento de los vehículos y los sensores, así como de la calidad general de los datos. Estas revisiones consisten en una revisión visual de los datos de series temporales de todos los sensores de cada vehículo desplegado, respondiendo a las alertas automáticas de patrones específicos conocidos de problemas con los dispositivos (por ejemplo, fugas en la línea de muestreo) y abordándolos con medidas correctivas según sea necesario, así como una revisión de otros datos de diagnóstico asociados. El equipo de Berkeley lleva a cabo la revisión manual de los datos utilizando un enfoque descrito en [el Apéndice G](#).
- **Comprobaciones automáticas de la calidad de los datos:** El proceso de tratamiento de datos incluye indicadores de estado automáticos que señalan cuando las mediciones se salen de las especificaciones ambientales o físicas predefinidas para los sensores. Estos indicadores sirven como alertas inmediatas de posibles fallos en los sensores, anomalías en los datos (por ejemplo, valores negativos o concentraciones fuera del rango del sensor) o problemas con los sistemas de apoyo, como los caudales. Estas comprobaciones se realizan a medida que los datos fluyen a través del proceso de tratamiento de datos, casi en tiempo real.
- **Revisión contextual de los datos:** Cuando sea posible, se utilizarán los datos de los sitios de monitoreo reglamentarios dentro del área de mapeo para proporcionar un contexto de las tendencias de la calidad del aire a gran escala a lo largo del tiempo. Esto permite comparar los datos de los sensores de Aclima con las redes establecidas, lo que ayuda a identificar si los patrones observados son coherentes con las tendencias generales o si pueden indicar problemas con las mediciones de Aclima. Durante estas comparaciones se tendrán en cuenta factores como la distancia entre las mediciones móviles y fijas, el tipo de carretera, el tipo de sitio y la agregación temporal. Estas evaluaciones se realizan semanalmente como parte del proceso de revisión manual.
- **Objetivos de calidad de las mediciones:** Los criterios cuantitativos aceptables para los indicadores de calidad de los datos en los sensores individuales (por ejemplo, precisión y sesgo) servirán como puntos de referencia para evaluar la eficacia. Estos se denominan criterios de aceptación de la calibración en el documento detallado de garantía de calidad de Aclima ([Apéndice C](#)). Además de la calibración previa al inicio del monitoreo, todas las AMN se someterán a comprobaciones de calibración (y posteriores recalibraciones) cada 6-8 semanas durante el periodo de monitoreo de 9 meses, incluido el final del mismo. El equipo de Berkeley evaluará sus comprobaciones de control de calidad de acuerdo con los criterios de aceptación detallados en [el Apéndice G](#).
- **Verificación de datos:** Se llevará a cabo un exhaustivo proceso de verificación de datos de forma continua durante todo el periodo de monitoreo con el fin de producir datos definitivos en incrementos mensuales, y la primera entrega se realizará cuatro meses después del inicio del monitoreo. El proceso de verificación de datos consiste en 1) un proceso de revisión manual de los datos, 2) una revisión de los resultados de la calibración, 3) la aplicación (cuando sea necesario) de parámetros de calibración ajustados e indicadores de calidad de los datos para su reprocesamiento, y 4) una revisión final de los datos reprocesados con los ajustes de calibración aplicados y los indicadores de calidad de los datos. Durante este proceso, todas las comprobaciones de calidad de los datos descritas anteriormente se reevalúan justo antes e inmediatamente después de cualquier reprocesamiento de los datos.

- **Evaluación de la exhaustividad de la monitorización de áreas amplias:** Las campañas de monitorización móvil de Aclima están diseñadas para recorrer repetidamente las carreteras de una zona de monitorización, de modo que se visitan las carreteras una media de 20 veces. Un sistema automatizado de planificación de recorridos evalúa diariamente la cobertura de los recorridos en toda la región y indica a los conductores que den prioridad a las carreteras de las regiones relativamente menos recorridas. Además, los analistas de Aclima supervisan continuamente la cobertura temporal y espacial de los recorridos en caso de que sea necesario trazar manualmente las rutas para evitar regiones con un número inesperadamente bajo de visitas. Esto se controla midiendo el número medio de mediciones en cada carretera por grupo de bloques censales.
- **Evaluación de la exhaustividad de la supervisión del área objetivo:** El equipo de Berkeley evaluará la exhaustividad y la representatividad de una manera adecuada y acorde con el estudio del área objetivo realizado. En Hayward, el enfoque consiste en un estudio general de las áreas cercanas a las fuentes conocidas y que son motivo de preocupación para la comunidad. El número de pasadas repetidas se analizará junto con la variabilidad entre pasadas por parte de los científicos encargados de la recopilación de datos para evaluar la exhaustividad de la supervisión.

12.2 Evaluación de la eficacia al final del periodo de monitoreo:

Al concluir las fases de recopilación y verificación de datos, se llevará a cabo una evaluación exhaustiva de la eficacia general de la iniciativa de monitoreo del aire en la comunidad. Esta evaluación final se documentará en el informe final de la SMMI y proporcionará una valoración general de la incertidumbre asociada a los datos recopilados y los productos derivados de los datos. Esto abarcará diversas fuentes de error, entre ellas la variabilidad dentro de la red (incertidumbre entre las diferentes plataformas de monitoreo), la comparabilidad entre redes (comparación con otras redes de monitoreo, como los sitios reglamentarios), los errores de medición específicos de los sensores y los errores de modelización y muestreo.

- **Comparación con datos externos:** El informe incluirá comparaciones entre las mediciones de Aclima y los datos de los sitios de monitoreo fijos reglamentarios. Estas comparaciones evaluarán la exactitud y precisión de las mediciones móviles de Aclima en comparación con los métodos de referencia establecidos en diversas escalas de tiempo. Se utilizarán métricas como el error medio de sesgo (MBE), el error medio absoluto (MAE) y R^2 para cuantificar la concordancia entre los conjuntos de datos. Además, se incluirán comparaciones de las estimaciones de concentración ambiental modeladas con los promedios anuales de los monitores reglamentarios cercanos para evaluar el rendimiento general de los productos de datos.
- **Resultados de la calibración de Aclima y PML:** Resultados de las calibraciones realizadas en los nodos móviles de Aclima (AMN) y el equipo de PML, tanto antes como durante y después de su implementación. Estos resultados ayudarán a caracterizar el error de medición típico a nivel del dispositivo, comparando las lecturas de los sensores con los instrumentos de referencia y entre sí.
- **Comparación estacionaria con datos reglamentarios:** Esta evaluación comparará los datos de los AMN estacionarios de Aclima, ubicados en sitios de monitoreo reglamentarios, con las mediciones de esos monitores reglamentarios. Esta comparación ayudará a determinar el error de medición y cómo los datos de Aclima se alinean con los datos de la red reglamentaria establecida.

- **Comparación móvil con datos reglamentarios:** este análisis implicará la comparación de las mediciones in situ recopiladas por la flota de monitoreo móvil de Aclima cerca de los sitios reglamentarios con los datos concurrentes de esos sitios estacionarios. Esto proporcionará información sobre la concordancia entre las mediciones móviles y estacionarias, teniendo en cuenta tanto los errores de medición como la variabilidad espacial y temporal natural de los contaminantes. Esto solo es relevante para los datos de Aclima, no para los datos del PML.
- **Comparación de la concentración ambiental con los datos reglamentarios:** Las estimaciones de la concentración ambiental hiperlocal se compararán con las concentraciones medias a largo plazo de los monitores fijos reglamentarios. Esto ayudará a evaluar la incertidumbre general de las estimaciones de Aclima, incluyendo factores como la modelización y la escasez temporal de las mediciones móviles. Esto solo es relevante para los datos de Aclima, no para los datos del PML.
- **Análisis de la exhaustividad y la representatividad:** Se realizará un análisis para mostrar la distribución de la recopilación de datos a lo largo del día, los días de la semana y las estaciones. Además, se informará del número de pasadas en cada ubicación. Se llevarán a cabo análisis similares de forma similar tanto para los enfoques de monitoreo de áreas específicas como de áreas amplias.

12.3 Fin de la monitorización

El monitoreo finaliza cuando se completan los despliegues de todos los vehículos (AMP y PML). Dadas las restricciones de tiempo fijas para que el informe final del SMMI se complete en mayo de 2026, el período de monitoreo de área amplia finalizará después de 9 meses de recolección de datos. Para determinar la finalización satisfactoria al cabo de 9 meses, el equipo de monitoreo evaluará si:

- La cobertura del monitoreo ha superado el porcentaje mínimo requerido para las comunidades prioritarias dentro de las áreas de monitoreo de SMMI (es decir, en todos los CNC, no solo en Hayward).
- Los datos recopilados son suficientemente representativos de la variación estacional, horaria y semanal en toda la zona monitoreada (es decir, no están sesgados por la recopilación de datos en un momento específico), de modo que puedan respaldar los objetivos, subobjetivos y planes de presentación definidos de forma única en este plan de monitoreo.
- Los datos recopilados son suficientemente representativos de la variación espacial de la calidad del aire en toda el área monitoreada, de modo que puedan respaldar los objetivos, subobjetivos y planes de presentación definidos de manera única en este plan de monitoreo.

Los resultados de todas las evaluaciones cuantitativas de la eficacia mencionadas anteriormente se incluirán en un informe de garantía de calidad que acompañará al informe final del proyecto. Se incluirán detalles sobre las actividades mencionadas anteriormente tanto para los equipos de Aclima como para los de PML.

13. Análisis e interpretación de datos

13.1 Preparación de los conjuntos de datos finalizados

Tal y como se describe en la sección 10 sobre gestión de datos (y en detalle en la documentación sobre gestión de datos [del apéndice F](#)), los datos «finalizados» de 1 segundo recopilados por todos los sensores e instrumentos se

someterán a varios protocolos de verificación y validación de datos, así como a pasos de transformación, antes de que se describan como finalizados y se pongan a disposición de la CARB.

Los datos «finalizados» se definen como señales de sensores transformadas en cantidades geofísicas de medición (Nivel 2a), calculadas utilizando la señal del sensor más las mediciones físicas asociadas directamente relacionadas con el principio de medición, como las mediciones de temperatura y humedad relativa. También se incluirán los datos marcados como artefactos.

13.2 Análisis, interpretación y visualización de datos por parte de Aclima

Los datos de monitoreo móvil recopilados en el marco de este CAMP tienen por objeto facilitar la adopción de medidas específicas por parte de las comunidades y la CARB, incluyendo cualquier trabajo futuro para identificar y priorizar lugares para un monitoreo más completo del aire a escala comunitaria, o desarrollar Programas Comunitarios de Reducción de Emisiones (CERP).

Para apoyar este posible trabajo futuro, el equipo de monitoreo generará una serie de conjuntos de datos adicionales que pueden ayudar a las comunidades a comprender e interpretar mejor los datos en el contexto de las preocupaciones detalladas en este CAMP. Estos conjuntos de datos se sumarán a los datos finalizados de 1 segundo proporcionados directamente a CARB y requerirán un procesamiento adicional, tal y como se describe en la sección 10 de este plan de monitoreo. El apéndice E, sección 2.3, analiza los datos adicionales que se comunicarán, incluidas las métricas cuantitativas que se asociarán con las mejoras. Estos conjuntos de datos pueden ayudar a identificar y caracterizar las fuentes o a identificar impactos espaciales y temporales desproporcionados dentro de una comunidad.

A continuación se ofrece una breve descripción de los diferentes enfoques de análisis y visualización posibles utilizados por SMMI. En algunos casos, los enfoques de análisis se combinan con enfoques de monitoreo específicos, pero pueden existir diversas combinaciones de enfoques de monitoreo y análisis que podrían seleccionarse para alcanzar adecuadamente los objetivos de monitoreo deseados.

- **Grupos de detecciones de aumentos en un mapa:** identificación de las ubicaciones de los aumentos de contaminantes (concentraciones elevadas por encima de los niveles de fondo) en un mapa. La agrupación o clasificación de los aumentos de contaminantes se refiere a la identificación de las ubicaciones en las que se detectan múltiples aumentos de los mismos contaminantes en diferentes momentos a lo largo del monitoreo.
- **Estadísticas sobre detecciones de aumentos:** valores estadísticos que describen la frecuencia con la que se detectaron aumentos en una ubicación específica. Algunos ejemplos son el número de detecciones, el número de detecciones por visita o el número de días distintos en los que se detectaron.
- **Gráfico de barras o gráfico circular de especiación química:** gráfico de barras o gráfico circular que indica la concentración relativa de diferentes contaminantes clave de interés en una ubicación específica. Puede representar los contaminantes dentro de una detección de aumento, promediados en un grupo de aumentos (es decir, múltiples aumentos en la misma ubicación) o en concentraciones ambientales del aire de fondo.
- **Gráfico diurno de eventos de detección de aumentos:** este análisis muestra la frecuencia de las detecciones de aumentos en una ubicación concreta por hora del día. Este análisis requiere un muestreo equilibrado a lo largo de diferentes momentos del día en la misma ubicación.
- **Gradientes de concentración ambiental sobre transectos de plumas:** muestra las concentraciones ambientales a medida que varían en el espacio en la región a sotavento de una pluma de contaminación atmosférica. Este tipo de análisis suele combinarse con el enfoque de monitoreo de transectos de plumas, pero en determinadas situaciones también puede ser adecuado un enfoque de estudio general.

- **Mapa de concentración ambiental de los principales contaminantes:** muestra un mapa de las concentraciones ambientales que son generalmente representativas durante el período de tiempo en que se lleva a cabo el monitoreo. Por lo general, para este tipo de análisis se requiere el método de monitoreo de estudio general o el monitoreo de área amplia.
- **Gráfico de barras o gráfico circular con el desglose químico de toda la zona:** gráfico de barras o gráfico circular que muestra la proporción relativa de las diferentes concentraciones de contaminantes detectadas en promedio en una zona concreta cubierta. Por lo general, el método de monitoreo de estudio general es el más útil para este tipo de análisis.

Estas visualizaciones de ejemplo pueden ayudar a abordar las preocupaciones específicas de la comunidad de Hayward en relación con los objetivos de monitoreo asignados en la Tabla 4.1. El mapa de estimaciones de concentración ambiental que se muestra en la Figura 13.1, a continuación, responde directamente al objetivo de monitoreo de identificar impactos desproporcionados (por ejemplo, emisiones del tráfico en vecindarios cercanos a la Interestatal 880 y otras carreteras principales). El mapa de calor de las ubicaciones con concentraciones persistentemente elevadas de COV totales (Figura 13.2) responde a los objetivos de monitoreo de caracterizar las fuentes (por ejemplo, el aeropuerto de Hayward y los sitios de almacenamiento de productos químicos/combustibles). Tenga en cuenta que el monitoreo de áreas amplias puede dar lugar a visualizaciones que proporcionan información (por ejemplo, grupos de mejoras) sobre preocupaciones adicionales a las que no se han asignado específicamente objetivos de monitoreo o fuentes desconocidas que no figuran específicamente como preocupaciones de la comunidad en este documento.

A continuación se muestran algunos ejemplos de visualizaciones de datos finales.

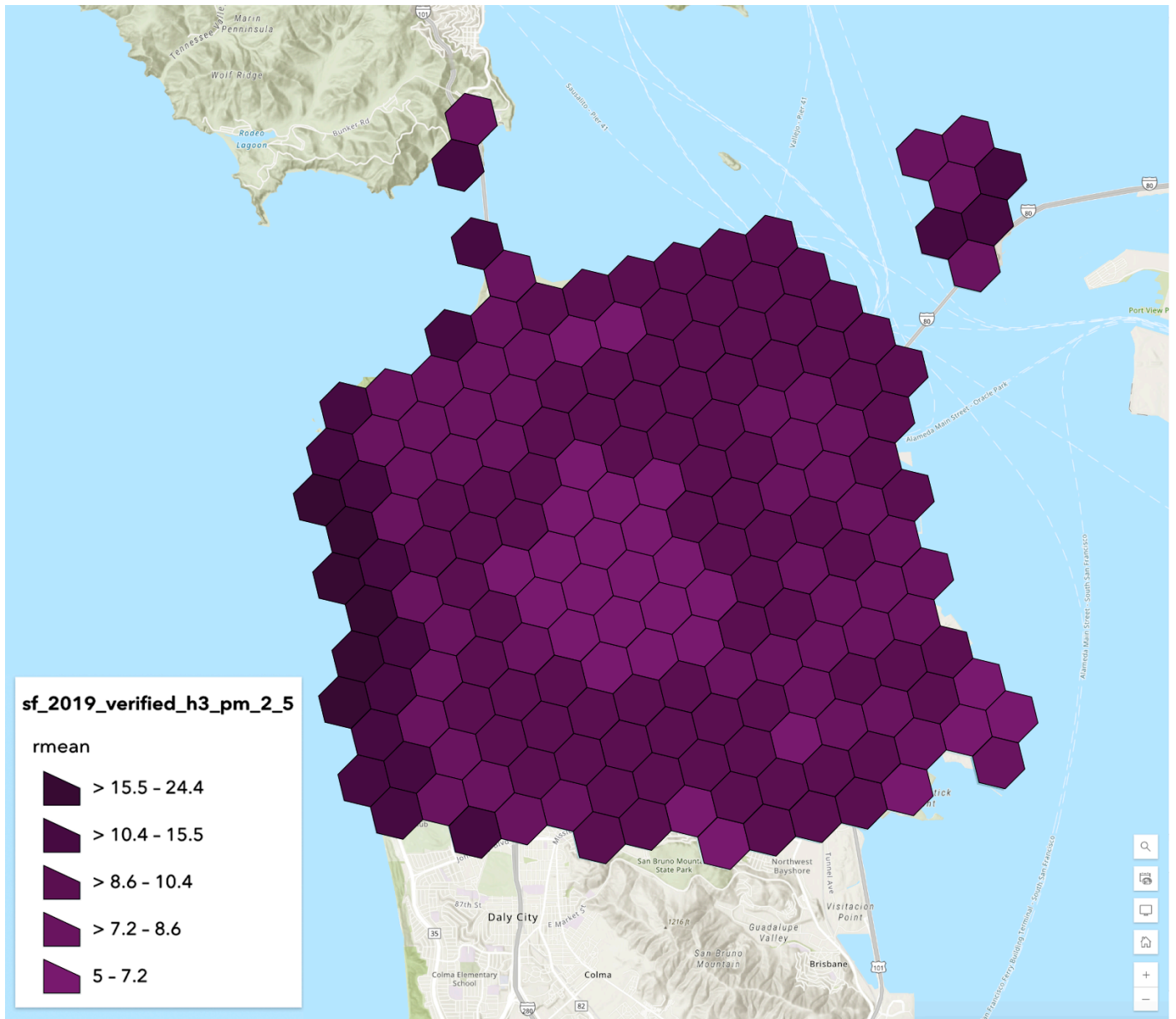


Figura 13.1: Ejemplo de un mapa de la concentración ambiental de $PM_{2.5}$ en un área específica trazado utilizando hexbins. En este tipo de mapa, el color indica la concentración de contaminantes. En este ejemplo, los colores indican las concentraciones de $PM_{2.5}$ para los datos recopilados durante un período de un año en San Francisco, California. Datos del mapa © [Mapbox](#), © [OpenStreetMap](#).

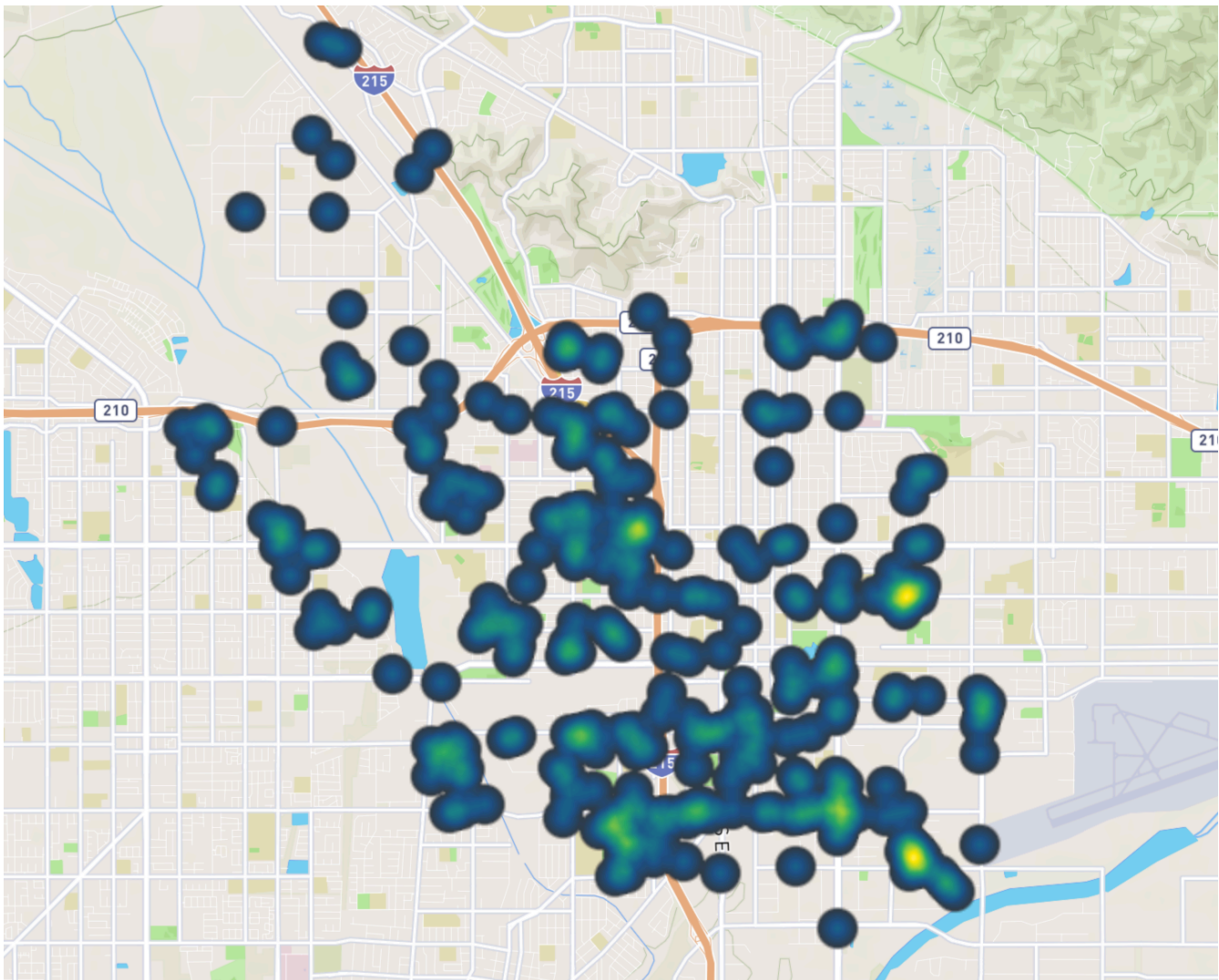


Figura 13.2: Ejemplo de representación de un conjunto de datos basados en mejoras (TVOC) como mapa de calor. En este tipo de mapa se muestra la densidad de los eventos de mejora individuales, donde los colores más brillantes indican una mayor densidad de mejoras detectadas. En este ejemplo se muestran los datos recopilados durante un periodo de tres meses en San Bernardino, California. Datos del mapa © [Mapbox](#), © [OpenStreetMap](#).

Para las preocupaciones a las que se han asignado objetivos de monitoreo específicos en este plan de monitoreo, los enfoques de análisis se especifican en la Tabla 4.1, en la Sección 4.3. Los apéndices D y E proporcionan descripciones más detalladas de cómo se realizan los diferentes análisis y las diferentes implementaciones de los enfoques que son posibles. Estos apéndices también enumeran limitaciones importantes que se tendrán en cuenta en la etapa de análisis y se comunicarán en la presentación pública de los resultados. La implementación específica de estos enfoques se determinará después de recopilar y evaluar los datos. Los datos de las plataformas Aclima y del PML de la Universidad de California en Berkeley se analizarán de acuerdo con los enfoques generales descritos anteriormente.

14. Comunicación de los resultados para respaldar la acción

Los datos de monitoreo móvil recopilados en esta comunidad se analizarán y presentarán para respaldar acciones específicas destinadas a reducir las emisiones o la exposición. Esto requiere una visualización accesible, de las que Aclima dispone de muchas. CARB ha seleccionado ESRI StoryMaps como su plataforma de visualización.

El proyecto ofrece a los responsables de participación presupuestos complementarios para el desarrollo de capacidades y el establecimiento de relaciones con el fin de fomentar las asociaciones necesarias para traducir los datos en acciones de reducción de emisiones.

14.1 Notificación de concentraciones elevadas antes de la finalización del contrato

El objetivo principal del SMMI no es la notificación en tiempo real. Sin embargo, durante la recopilación de datos, puede haber casos en los que las concentraciones de contaminantes superen significativamente los niveles esperados. Para hacer frente a estas situaciones, se ha establecido un protocolo de respuesta para garantizar que estas anomalías se revisen y evalúen rápidamente en coordinación con los organismos pertinentes y se compartan con las partes interesadas de la comunidad. Si las concentraciones superan los umbrales (definidos a continuación) y la detección se considera viable tras el análisis y la evaluación por parte de Aclima o de un laboratorio móvil asociado, Aclima informará a los distritos locales de aire u otras autoridades locales pertinentes. No todas las detecciones darán lugar a un informe. Solo después de una investigación en profundidad por parte de científicos sobre el terreno o de forma remota mediante el análisis de datos, se considerará que un evento detectado es viable para su notificación. La tabla 14.1 proporciona el marco general del proceso de evaluación y la estructura de notificación.

El objetivo de informar sobre las altas concentraciones observadas es proteger la salud y la seguridad públicas y, aunque no se tomarán medidas reglamentarias como resultado directo de los datos recopilados por SMMI, los reguladores locales pueden decidir llevar a cabo un monitoreo adicional u otros tipos de investigaciones basadas en estos informes. Además, aunque en el marco de notificación se utilizan valores numéricos de umbrales basados en la salud, cabe destacar que las notificaciones se activan cuando se detectan valores superiores a estos valores numéricos y no indican un rebasamiento del umbral basado en la salud, que debe tener en cuenta el período de promedio del umbral basado en la salud.

Cuadro 14.1: Marco general del proceso de evaluación y estructura de notificación

Contaminante	Protocolo de evaluación inicial	Notificación de datos y comunicación a los distritos locales de aire u otras autoridades locales pertinentes por parte de Aclima	Actualizaciones de la comunidad
<p>Metano/etano</p> <p>Umbral relevante: 100 ppm de metano^a</p>	<p>Aclima:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Detección inicial <ul style="list-style-type: none"> ○ Detección por encima del umbral ● Investigación <ul style="list-style-type: none"> ○ Véase la descripción en la sección 14.1 	<p>Aclima:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Si la detección cumple los requisitos, prepare y envíe el informe: <ul style="list-style-type: none"> ○ Lugar/hora del evento ○ Detecciones históricas en la zona ○ Clasificación de la fuente de metano (termogénica o biogénica) ○ Descripción del entorno local (uso del suelo, fuentes, características destacadas) ○ Espacio reservado para el resumen de los resultados y los siguientes pasos ● Notificar a la empresa de servicios públicos local (o al distrito aéreo, según corresponda en función de la fuente) en un plazo de 2-3 días hábiles a partir de la verificación ● Enviar por correo electrónico el informe completo a los contactos designados de CARB en un plazo de 2 a 3 días hábiles tras la verificación 	<p>CARB:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Los informes resumidos mensuales se publicarán en el sitio web de CARB e incluirán: <ul style="list-style-type: none"> ○ Un resumen de los informes generados ○ Las ubicaciones y las marcas de tiempo de las detecciones. ○ Los resultados del análisis preliminar. ○ Las medidas tomadas o los pasos de seguimiento recomendados <p>Aclima:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Se incluirá un resumen completo en el informe final de la campaña, que abarcará: <ul style="list-style-type: none"> ○ Todos los eventos detectados a lo largo de la campaña ○ Patrones y tendencias históricos ○ El progreso general y las medidas de respuesta

Contaminante	Protocolo de evaluación inicial	Notificación de datos y comunicación a los distritos locales de aire u otras autoridades locales pertinentes por parte de Aclima	Actualizaciones de la comunidad
<p>Contaminantes tóxicos del aire</p> <p>(véase la tabla 14.2 para obtener más detalles)</p>	<p>PML: Detección inicial</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Detección por encima de los REL agudos de la OEHHA de California al menos dos veces en la misma ubicación <p>Investigación:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Véase la descripción en la sección 14.1. 	<p>PML: Si tras el análisis y la monitorización repetida se considera que la detección es un evento viable:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Aclima notificará al distrito aéreo inmediatamente después de verificar el evento. ● Los PML prepararán y presentarán un informe en un plazo de 3 días a partir de la verificación: <ul style="list-style-type: none"> ○ Lugar/hora del evento ○ Contaminante y concentración ○ Detecciones históricas en la zona ○ Descripción del entorno local (uso del suelo, fuentes, características destacadas) <p>Nota: Los plazos de presentación de informes pueden variar en función de la instrumentación utilizada, los protocolos de control y aseguramiento de la calidad y el tiempo necesario para validar los resultados.</p>	<p>CARB:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Los informes resumidos mensuales se publicarán en el sitio web de CARB e incluirán: <ul style="list-style-type: none"> ○ Un resumen de los informes generados ○ Ubicaciones y marcas de tiempo de las detecciones ○ Los resultados del análisis preliminar ○ Las medidas tomadas <p>Aclima:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Se incluirá un resumen completo en el informe final de la campaña, que abarcará: <ul style="list-style-type: none"> ○ Todos los eventos detectados a lo largo de la campaña ○ Patrones y tendencias históricos ○ El progreso general y las medidas de respuesta

- a) El umbral para el metano no se basa en un límite de acción específico relacionado con la salud, sino en datos históricos recopilados por Aclima, que indican valores típicamente asociados con fugas importantes de gas natural.
- b) Los contaminantes tóxicos del aire son aquellos que pueden medirse como PML y ser monitoreados en tiempo real por científicos a bordo de la plataforma móvil.

A continuación se proporcionan detalles adicionales sobre el proceso de investigación que se llevará a cabo tras una detección inicial por encima de las concentraciones umbral indicadas. En el caso del metano, los analistas de Aclima inician esta investigación de forma remota, normalmente en las 24 horas siguientes a la detección inicial. El

monitoreo de seguimiento, si es necesario, puede tardar días o semanas en completarse. En el caso de los contaminantes tóxicos del aire (o el metano detectado en los PML), los equipos de PML cuentan con personal técnico a bordo para realizar un seguimiento en tiempo real en la mayoría de los casos. De lo contrario, el monitoreo de seguimiento se llevará a cabo lo antes posible. El objetivo de este proceso es identificar eventos y fuentes de contaminación anormalmente altos, y Aclima se reserva el derecho de revisar los umbrales indicados basándose en los datos recopilados durante el monitoreo (en colaboración con CARB) en los casos en que los excesos sean frecuentes y el monitoreo de seguimiento reste valor de manera significativa al monitoreo planificado del área objetivo o la notificación de excesos frecuentes como eventos individuales resulte inviable.

Metano

La detección de metano en el umbral de 100 ppm o superior suele indicar (aunque no siempre) una fuga de gas natural de los sistemas de distribución residenciales. Se seguirá el siguiente proceso para investigar cada detección de metano que active la alarma:

1. Comprobación de los diagnósticos de medición
2. Evaluación del tipo de fuente utilizando la relación etano/metano y la presencia de CO
 - a. Para fuentes de tipo termogénico (es decir, de origen fósil) (relación etano/metano entre el 1 % y el 10 % y sin aumento simultáneo de CO
 - i. Comprobación de datos históricos y recuento del número de días distintos con aumentos > 5 ppm
 - ii. Informar de las ubicaciones en las que el número de días sea 3 o superior
 - iii. Realizar un seguimiento de las ubicaciones con menos de 3 días y realizar un seguimiento semanal
 - iv. Verificar la información contextual sobre la ubicación para determinar si hay fuentes obvias; de lo contrario, suponer que proviene de las líneas subterráneas de distribución de gas natural.
 - v. Informar a la empresa de servicios públicos local si se sospecha que se trata del sistema de distribución de gas; de lo contrario, informar al distrito de aire.
 - b. Para el tipo de fuente biogénica (relación etano/metano <1 % o sin detección simultánea de etano):
 - i. Compruebe si existe alguna correlación entre el etano y el metano para determinar si la fuente es biometano o una mezcla de gas natural renovable (metano biogénico mezclado con gas natural tradicional), que normalmente tiene una relación etano/metano inferior al 1 %. Siga las instrucciones para los tipos de fuentes de gas natural indicadas anteriormente.
 - ii. Compruebe los datos históricos y cuente los días distintos con aumentos > 5 ppm.
 - iii. Compruebe la información contextual sobre la ubicación para determinar si hay fuentes obvias
 - iv. Utilice su criterio científico y la información contextual para determinar si debe informar al distrito local de calidad del aire
 - c. Para fuentes móviles (fuerte aumento simultáneo de CO):
 - i. No se requieren medidas adicionales.

Sustancias tóxicas en el aire

La detección de sustancias tóxicas individuales en el aire por encima del umbral de notificación (como se indica en la tabla 14.2) dará lugar a una investigación de seguimiento de acuerdo con el siguiente proceso:

1. Comprobación de los diagnósticos de medición
2. El equipo técnico a bordo determina si la fuente probable es transitoria (por ejemplo, un vehículo en tránsito) o si se trata de una fuente estacionaria posiblemente persistente o una fuente desconocida.
 - a. Fuente estacionaria probablemente persistente o fuente desconocida:
 - i. El operador del vehículo regresa al lugar de la detección inicial lo antes posible para realizar mediciones de seguimiento. El operador del vehículo considerará si las mediciones de seguimiento inmediatas podrían afectar negativamente a la capacidad de medir una fuente prioritaria y programará el seguimiento en consecuencia.
 - ii. Si se supera el umbral al menos dos veces en el mismo lugar, se tomará una medición promedio de una hora en las inmediaciones de las detecciones iniciales. La medición puede tomarse con el vehículo estacionado o en movimiento para caracterizar mejor la extensión de la pluma, a discreción del equipo técnico a bordo.
 - iii. Se notificará al distrito local de aire si las concentraciones medias de una hora de cualquier contaminante alcanzan o superan un nivel de exposición de referencia agudo (CA OEHHA Acute REL), que figura en la tabla 14.2. *Cabe señalar que, en el caso del benceno, el tolueno y la acroleína, la incertidumbre de estas mediciones en tiempo real (antes del posprocesamiento y el control de calidad y garantía de calidad finales) puede ser tan alta como un factor de 2. Las determinaciones de sobrepasamiento para todas las especies también incluirán incertidumbres debidas a las calibraciones y las condiciones ambientales (humedad, temperatura, presión), y se utilizará el criterio del equipo científico para determinar si se deben notificar o no los casos límite.*
 - b. Fuente móvil u otra fuente transitoria (por ejemplo, un rebasamiento detectado mientras se repostaba el vehículo en una gasolinera):
 - i. No se requiere ninguna acción adicional.

Tabla 14.2: Umbrales utilizados para la notificación de eventos de sustancias tóxicas en el aire

Contaminante	Umbral de acción ^{a,b}
Formaldehído	45 ppb
benceno	8,5 ppb
tolueno	1,3 ppm
acroleína	1,1 ppb
monóxido de carbono	20 ppm

- a) Los umbrales se basan en los límites de acción sanitaria ([California OEHHA Acute REL](#)), sin embargo, cabe señalar que estos límites solo se utilizan como referencia para iniciar una investigación de seguimiento y no indican que dichos límites de acción sanitaria se hayan superado realmente. El evento solo se notificará si los científicos consideran que la detección es un evento viable basándose en su investigación. Además, las especies detectadas por este método serán señales no calibradas que pueden presentar un alto grado de incertidumbre (hasta un factor de 2 en algunos casos).
- b) La CARB se reserva el derecho de actualizar los umbrales de acción durante el transcurso del monitoreo basándose en los datos recopilados durante el mismo, por ejemplo, si se descubre que el número de superaciones del umbral es mayor de lo previsto.

14.2 Acceso público a los datos

Una vez finalizado el contrato, CARB pondrá a disposición del público los datos de monitoreo definitivos a través del sitio web CARB AQview. Los datos de cada región y contaminante se proporcionarán en formato estandarizado, con valores separados por comas (CSV), para garantizar una amplia compatibilidad con las herramientas y el software de análisis de datos más utilizados. Este enfoque favorece la transparencia, fomenta el análisis independiente y facilita la participación de la comunidad y el mundo académico en los resultados del monitoreo del aire.

14.3 Mapas narrativos de la comunidad

Aclima utilizará los datos brutos definitivos y los análisis de datos seleccionados adecuadamente (descritos en las secciones 13.2 y 13.3) en visualizaciones accesibles en línea, públicas, interactivas y de uso gratuito, creadas en la plataforma Esri. Estas visualizaciones tendrán el formato de una plataforma personalizada creada con Esri StoryMaps y alojada por CARB. Se dispone de una serie de análisis para identificar las posibles fuentes y los lugares con un impacto desproporcionado, basándose en los datos recopilados tanto a través de la monitorización de áreas específicas realizada por la Universidad de California en Berkeley como de la monitorización de áreas amplias realizada por Aclima. Solo se incorporarán a las visualizaciones públicas los datos finales cuya calidad haya sido garantizada.

14.4 Informe final

Se entregará un informe final a CARB al término del contrato, el 19 de mayo de 2026. Este informe proporcionará un análisis exhaustivo de los datos recopilados por Aclima y los laboratorios móviles asociados durante el SMMI e incluirá las siguientes secciones:

Resumen ejecutivo: El informe incluirá un resumen ejecutivo para destacar las conclusiones clave, las recomendaciones o las limitaciones del informe.

Resumen y cronología del monitoreo del aire: El informe proporcionará un resumen de las actividades de monitoreo del aire realizadas y una cronología de cuándo se llevaron a cabo estas actividades. Esto ofrecerá el contexto y los antecedentes del proyecto.

Análisis de la recopilación, validación y análisis de datos: El informe detallará cómo se recopilaron los datos sobre la calidad del aire utilizando las plataformas de monitoreo móviles de Aclima y los laboratorios móviles asociados. También explicará los procedimientos de garantía y control de calidad (QA/QC) implementados para asegurar la integridad de los datos, incluyendo cómo se validaron los datos. Además, el informe describirá los métodos utilizados para analizar los datos recopilados, lo que podría incluir análisis para identificar fuentes de contaminación y áreas de impacto desproporcionado, como indicios de diésel, ubicaciones de contaminantes atmosféricos tóxicos persistentemente elevados y fugas de gas natural.

Resumen de los hallazgos y conclusiones significativos: El informe presentará un resumen de los hallazgos clave de la campaña de monitoreo del aire. Esto incluirá las concentraciones ambientales y cualquier aumento de la contaminación identificado. Estos hallazgos se presentarán de manera que sean comprensibles para un público no científico.

Recomendaciones y próximos pasos: Basándose en los hallazgos, el informe ofrecerá recomendaciones para los posibles próximos pasos. Esto puede incluir sugerencias para realizar un seguimiento de los progresos o verificar los

resultados obtenidos por los programas comunitarios de reducción de emisiones, o para futuros esfuerzos de monitoreo más exhaustivos.

Plan de difusión: El informe describirá cómo se difundirán y debatirán los datos y los hallazgos con los responsables de la toma de decisiones pertinentes, de modo que la información pueda dar lugar a las medidas previstas para la reducción de emisiones y la mejora de la salud pública. Esto incluirá el uso de visualizaciones de datos de acceso público, como ESRI StoryMaps. El informe también mencionará la reunión pública virtual organizada para explicar los resultados del proyecto y debatir los posibles pasos a seguir.

Reunión pública: Para ayudar a los miembros de la comunidad a comprender mejor el contenido del informe final de una manera accesible, el personal de Aclima y de la Junta de Recursos del Aire de California organizará reuniones en línea por distrito aéreo (o subgrupo dentro del distrito aéreo si es necesario) para explicar los resultados del proyecto, responder preguntas, que los miembros de la comunidad compartan sus experiencias con el proyecto y discutir los posibles pasos a seguir. Aclima desempeñará un papel importante en la divulgación y la promoción de la asistencia de la comunidad a esta reunión. La reunión se llevará a cabo en inglés con interpretación al español y salas de descanso designadas para el español. Para garantizar una mayor accesibilidad a los resultados, Aclima proporcionará resúmenes de una página con los resultados para cada comunidad, tanto en inglés como en español, que Aclima podrá distribuir físicamente o a través de WhatsApp o mensajes de texto.

Aportaciones de las partes interesadas: El informe técnico final incorporará las aportaciones de las partes interesadas en la iniciativa, incluyendo el Grupo de Expertos del Proyecto, los representantes de la comunidad, los responsables de la calidad del aire y los líderes de la justicia ambiental.

Accesibilidad: Aclima tendrá en cuenta las necesidades de accesibilidad del documento impreso, como el texto alternativo y el diseño de colores.

El informe se proporcionará a la CARB tanto en formato PDF como en el formato electrónico original.

Anexos

Los apéndices completos están disponibles aquí: <https://aclima.earth/smmi-camp-appendices>

- Apéndice A: Plan de participación comunitaria (CEP) de SMMI
- Apéndice B: Asignación de kilometraje comunitario de SMMI
- Apéndice C: Sistema de garantía de calidad de Aclima
- Apéndice D: Sistema de validación y garantía de calidad de las estimaciones hiperlocales de concentración ambiental de Aclima
- Apéndice E: Sistema de garantía de calidad de los productos de datos hiperlocales mejorados de Aclima
- Apéndice F: Plan de gestión de datos de Aclima
- Apéndice G: Planes de proyectos de garantía de calidad (QAPP) y planes de gestión de datos de los laboratorios móviles asociados
- Apéndice H: Enfoque para la asignación de estudios de áreas específicas
- Apéndice I: Tabla completa de contaminantes e instrumentación
- Apéndice J: Documentación de comentarios públicos y respuestas
- Apéndice K: Evaluaciones de las reuniones comunitarias