Apéndice C: información técnica complementaria (emisiones y modelado)

Como se mencionó en el Capítulo 5 del PLAN (Descripción general de la calidad del aire), el Distrito de Aire colaboró estrechamente con el Comité Directivo de la Comunidad (Community Steering Committee, CSC) para llevar a cabo una amplia evaluación técnica de las fuentes de contaminación del aire y los impactos en el área del Camino hacia un Aire Limpio (Path to Clean Air, PTCA). Este apéndice se basa en el Capítulo 5 y proporciona información técnica complementaria relacionada con el desarrollo del inventario de emisiones, el modelado de la calidad del aire y la evaluación de la exposición. Esta información complementaria cubre cuatro temas principales:

1. **Enfoque técnico:** proporciona una descripción general de los métodos y conjuntos de datos utilizados para elaborar el inventario de emisiones y llevar a cabo la evaluación de la exposición basada en modelos.
2. **Resultados adicionales del modelado:** presenta una evaluación de las contribuciones de fondo y locales a las concentraciones de contaminantes en la comunidad del PTCA, y un análisis del potencial de los impactos respiratorios agudos a causa de los eventos de combustión por antorcha de la refinería Chevron.
3. **Actualización del inventario de Chevron:** resume el inventario de emisiones de la refinería Chevron de 2021, que se reunió después del desarrollo del inventario de referencia de 2019 que se presenta en el Capítulo 5 del PLAN.
4. **Pronósticos de emisiones:** resume los inventarios de emisiones "habituales" para los hitos de 5 y 10 años (2029 y 2034) después de la aprobación del PLAN.

Las siguientes secciones cubren cada una de estas áreas temáticas en detalle, siendo la sección de actualizaciones del inventario de Chevron de especial interés para dar seguimiento a los futuros cambios de emisiones en la comunidad.

Enfoque técnico

Los análisis técnicos para el área del PTCA se basaron, en parte, en el Plan del Programa Comunitario de Protección del Aire de la Junta de Recursos del Aire de California (California Air Resources Board, CARB) (Junta de Recursos del Aire de California, 2018a), que describe una metodología general para las evaluaciones técnicas a escala comunitaria. Los requisitos clave en el Plan de la CARB incluyen un inventario de emisiones a escala comunitaria y un análisis de atribución de fuentes para estimar la contribución relativa de las fuentes o categorías de fuentes a la exposición elevada de contaminación del aire en la comunidad. Los métodos y conjuntos de datos utilizados para llevar a cabo estos análisis se describen en las siguientes subsecciones.

Desarrollo del inventario de emisiones

Como parte del proceso de evaluación técnica, la CARB prescribe el desarrollo de un inventario de emisiones de planificación para todas las comunidades del proyecto de ley (Assembly Bill, AB) 617.

Este inventario debe incluir los contaminantes criterio[1] y los contaminantes tóxicos del aire (Toxic Air Contaminants, TAC)[2] de todas las fuentes dentro del límite de la comunidad para un año base seleccionado (Junta de Recursos del Aire de California, 2019). El Distrito trabajó con la CARB para establecer un año base (2019) y un dominio del inventario de planificación para la comunidad del PTCA. El dominio del inventario se definió como un área rectangular que se alinea con una red de celdas en malla de 1 km x 1 km del dominio de modelado estatal de la CARB (Junta de Recursos del Aire de California, 2020). Como se muestra en la Figura A-1, este límite rectangular del inventario de emisiones cubre el área del PTCA, así como las áreas circundantes con fuentes de emisión que podrían afectar a la comunidad.

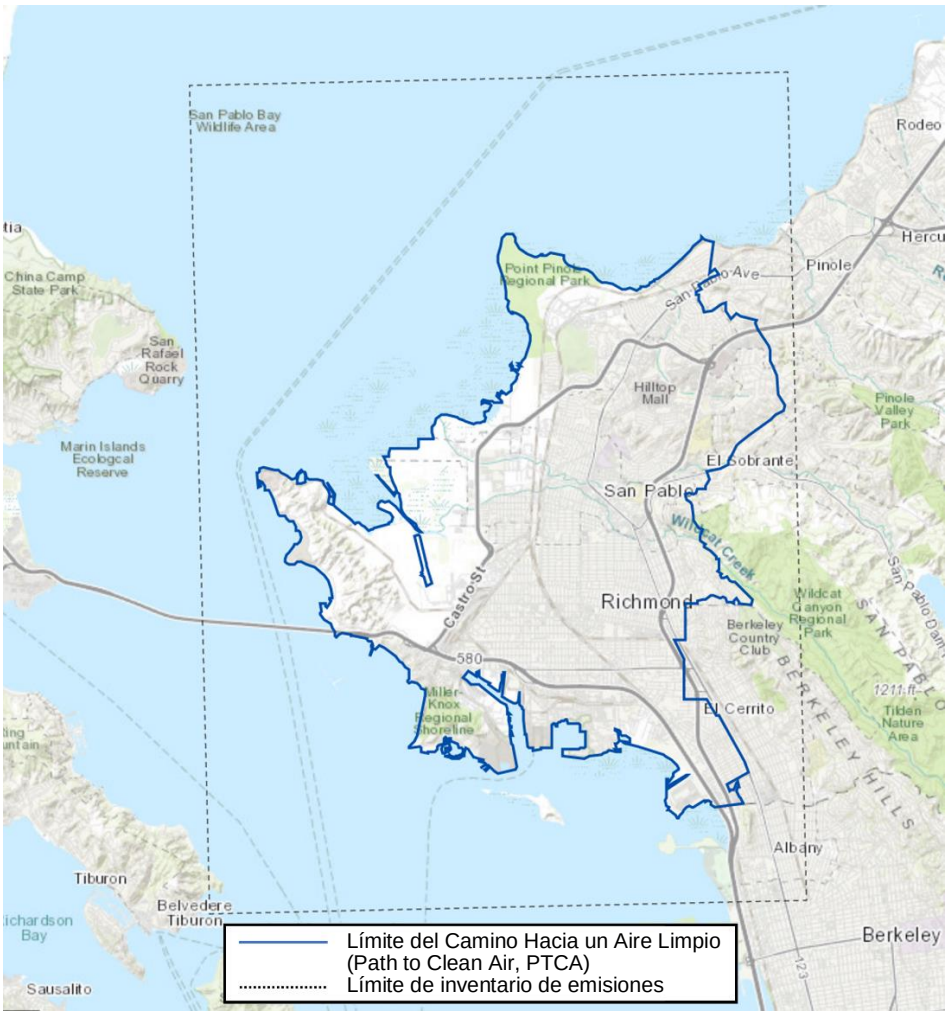

Figura A-1. Mapa que muestra el límite del inventario de emisiones en relación con el límite de la comunidad del PTCA.

[1] Los contaminantes criterio incluyen monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), gases orgánicos totales (Total Organic Gases, TOG), gases orgánicos reactivos (Reactive Organic Gases, ROG), amoniaco (NH_3), óxidos de azufre (SOx), materia particulada de 10 micrones o menos (materia particulada [Particulate Matter, PM]$_{10}$) y materia particulada de 2.5 micrones o menos ($PM_{2.5}$).
[2] La CARB o la Agencia de Protección Ambiental (Environmental Protection Agency, EPA) de EE. UU. identificó los TAC o "contaminantes tóxicos del aire" como contaminantes que pueden causar cáncer u otros efectos graves para la salud (p. ej., defectos de nacimiento).

Los inventarios de emisiones suelen organizarse en cuatro grandes sectores de fuentes: fuentes puntuales, fuentes de área, fuentes móviles en carretera y fuentes móviles fuera de carretera. La Tabla A-1 proporciona una definición de estos sectores de fuentes y resume los métodos generales utilizados para estimar sus emisiones en el área del PTCA. Tenga en cuenta que el inventario de referencia representa una combinación de información del Distrito de Aire y la CARB, y que se utilizaron datos locales detallados cuando estaban disponibles.

Tabla A-1. Métodos del inventario de emisiones por sector de fuentes.

Sector de fuentes	Definición	Metodología
Puntuales	Fuentes estacionarias permitidas o tratadas como instalaciones individuales (p. ej., refinerías y centrales eléctricas).	Emisiones basadas en datos informados anualmente al Distrito de Aire por cada instalación permitida y revisados por los ingenieros del Distrito. Emisiones estimadas a nivel de proceso o dispositivo utilizando una variedad de métodos y conjuntos de datos, incluidas las pruebas de fuente y los factores de emisión.
De área	Fuentes estacionarias que son demasiado pequeñas o dispersas para tratarse de manera individual (p. ej., fuentes residenciales).	Emisiones estimadas por la CARB o el Distrito a nivel de condado y reducidas a escala utilizando sustitutos espaciales, como uso de suelo o datos la de población. En el caso de las cocinas comerciales, el Distrito estableció estimaciones específicas de los restaurantes que se basaron en supuestos generalizados sobre el tipo y la cantidad de carne que se cocina en diversos tipos de restaurantes.
En carretera	Fuentes móviles que operan en las carreteras (p. ej., automóviles y camiones).	Emisiones en carretera basadas en los datos de tráfico detallados del conjunto de datos Streetlytics de Bentley y los factores de emisión del modelo Factores de Emisión (EMission FACtors, EMFAC) de la CARB. [a] Las emisiones también se estimaron para las operaciones de empresas de camiones utilizando los resultados de una encuesta de actividad de camiones realizada por el personal del Distrito.
Fuera de carretera	Fuentes móviles como barcos, locomotoras y equipos de construcción que no operan en las carreteras.	Emisiones de líneas ferroviarias, patios ferroviarios, transbordadores y actividades de construcción preparadas por el Distrito con base en datos locales. La CARB preparó las demás emisiones de fuentes fuera de carretera (p. ej., embarcaciones oceánicas) utilizando una variedad de enfoques.

[a]El inventario de emisiones en carretera de 2019 se desarrolló originalmente utilizando datos del EMFAC2017v1.0.2 (Junta de Recursos del Aire de California, 2018b). Las estimaciones de las emisiones resultantes se ajustaron para reflejar los datos del EMFAC2021 (Junta de Recursos del Aire de California, 2021a) cuando se publicó esa versión del modelo.

Tenga en cuenta que, para las fuentes permitidas, los datos de emisiones del inventario del PTCA fueron generalmente consistentes con los conjuntos de datos del año de referencia de 2019 enviados a la CARB conforme al programa de Informes de Emisiones de Contaminantes Criterio y Sustancias Tóxicas (Criteria Toxics Reporting, CTR), que contienen actualizaciones de

las emisiones en cuatro instalaciones para reflejar los datos recopilados recientemente por el Distrito para los esfuerzos de elaboración de reglas. Por ejemplo, las emisiones de $PM_{2.5}$ de la refinería Chevron se actualizaron para adaptarlas a los análisis realizados recientemente en apoyo a las enmiendas a la Regla 6-5, que regulan las emisiones de partículas de las unidades de craqueo catalítico fluidificado de las refinerías petroleras. El inventario de $PM_{2.5}$ que se reunió para Chevron como parte de los análisis de la Regla 6-5 incluye ajustes para reflejar los impactos de un proyecto reciente de modernización (Distrito para el Control de la Calidad del Aire del Área de la Bahía, 2021). Además, las emisiones de contaminantes tóxicos del aire de Chevron, Chemtrade y West Contra Costa County Sanitary Landfill se actualizaron utilizando inventarios preliminares desarrollados en apoyo a las próximas evaluaciones de riesgos para la salud (Health Risk Assessments, HRA) de esas instalaciones.

En términos generales, la CARB estableció una metodología para desarrollar inventarios de emisiones de TAC a escala comunitaria y comparar la toxicidad relativa de diferentes compuestos mediante el cálculo de emisiones ponderadas por toxicidad (Toxicity Weighted Emissions, TWE). En esta metodología, las emisiones de fuentes puntuales se basan en los inventarios de contaminantes tóxicos informados a los distritos de aire por parte de las instalaciones permitidas. En el caso de las fuentes de área, móviles en carretera y móviles fuera de carretera, las emisiones de TAC se calculan aplicando perfiles de especiación química a las emisiones de PM y TOG. Estos perfiles de especiación, administrados por la CARB, separan las emisiones de PM y TOG de una determinada categoría de fuentes en especies químicas individuales. Posteriormente, todas las especies que se enlistan en el Apéndice A-I de la Regulación de Criterios y Directrices del Inventario de Emisiones de "Puntos Críticos" de Contaminantes Tóxicos del Aire del AB 2588 se descartan como contaminantes tóxicos (Junta de Recursos del Aire de California, 2021b). Las TWE se calculan multiplicando las emisiones másicas de cada TAC por los valores de salud correspondientes de la Oficina de Evaluación de Peligros para la Salud Ambiental (Office of Environmental Health Hazard Assessment, OEHHA). Estos valores de salud incluyen factores de potencia cancerígena y niveles de exposición de referencia (Reference Exposure Level, REL) no cancerígenos crónicos y agudos, y los cálculos de TWE también incluyen factores de ajuste de peso molecular para contabilizar la fracción de peso molecular de un compuesto asociada a los efectos específicos en la salud (Junta de Recursos del Aire de California, 2021b). Como se mencionó anteriormente, las TWE resultantes proporcionan un medio útil para comparar la toxicidad relativa de los TAC en un inventario; sin embargo, las TWE no cuantifican los riesgos específicos para la salud, que se basan en exposiciones a concentraciones de TAC específicos y no solo en los niveles de emisión.

Una vez completado el inventario de planificación, se configuran las estimaciones de emisiones de $PM_{2.5}$ y TAC para su uso en los esfuerzos de modelado de dispersión. Los inventarios de modelado se desarrollaron para todas las fuentes de las que se disponía información suficiente en el momento del análisis (p. ej., tasa de emisiones, características físicas, resolución espaciotemporal).

Modelado de la calidad del aire

Una vez emitidos a la atmósfera, los contaminantes están sujetos a procesos como la dispersión, transformación química y deposición húmeda y seca. Los modelos de calidad del aire utilizan inventarios de emisiones, datos meteorológicos y otra información para simular estos procesos y proporcionar estimaciones de las concentraciones de contaminantes en lugares específicos de interés. Para cuantificar las concentraciones de PM 2.5 y otros contaminantes en la comunidad del PTCA, el Distrito de Aire utilizó tres modelos diferentes de la calidad del aire, como se describe a continuación.

Primero, se utilizó el modelo **Comunitario de Calidad del Aire Multiescala (Community Multiscale Air Quality, CMAQ)** para proporcionar una estimación de las concentraciones "de fondo" en la comunidad del PTCA (p. ej., las concentraciones que existirían en ausencia de cualquier fuente local debido al transporte de contaminantes). El CMAQ, un complejo modelo fotoquímico en malla, se utilizó para evaluar el impacto de estas emisiones transportadas. El CMAQ requiere una variedad de datos de entrada, incluida información meteorológica como la temperatura, la velocidad del viento y la tasa de precipitación. El personal del Distrito de Aire preparó los datos meteorológicos en malla para el CMAQ utilizando la versión 4.1 del modelo Weather Research and Forecasting (WRF). Posteriormente, se actualizó una plataforma existente del CMAQ para 2016 (Tanrikulu et al., 2019) y se utilizó para realizar una simulación de referencia en toda el Área de la Bahía en 2018. Además de la simulación de referencia de 2018, se realizó una segunda simulación del CMAQ en 2018 que excluyó las fuentes de emisiones locales dentro de la comunidad del PTCA. Las diferencias entre estas dos simulaciones del CMAQ se utilizaron para estimar las concentraciones de fondo en la comunidad del PTCA, como se muestra en la Tabla A-2. En la sección "Resultados adicionales del modelado" de este apéndice se proporciona información adicional sobre la relación entre las concentraciones de fondo y los impactos de las fuentes locales.

Tabla A-2. Concentraciones de contaminantes de fondo y riesgo de cáncer para el área del PTCA.

Parámetro	Valor	Unidades
Concentración de $PM_{2.5}$	6.03	Microgramos por metro cúbico ($\mu g/m^3$)
Concentración de DPM	0.15	Microgramos por metro cúbico ($\mu g/m^3$)
Riesgo de cáncer	149	Casos adicionales de cáncer por millón de personas

Además, se utilizó el modelo **California Puff (CALPUFF)** para estimar las concentraciones de $PM_{2.5}$ resultantes de las fuentes de emisiones de la refinería Chevron en Richmond. El modelo CALPUFF se realizó inicialmente para evaluar la calidad del aire y los impactos en la salud de las emisiones de $PM_{2.5}$ de Chevron en apoyo a las enmiendas a la Regla 6-5, que limita las emisiones de las unidades de craqueo catalítico fluidificado de las refinerías. El CALPUFF se ejecutó en toda el Área de la Bahía con una resolución en malla de 1 km y en un área de estudio más pequeña con una resolución en malla de 100 m.[3] El uso del subdominio de 100 m permitió un análisis más detallado de los impactos de las refinerías del que se disponía usando el CMAQ, que normalmente se ejecuta con resoluciones en malla de 1 km o superiores. Además, el CALPUFF puede utilizar información meteorológica en malla del WRF por toda el área en la que se prevé el desplazamiento de la estela de emisiones, lo que ofrece una ventaja sobre los modelos de dispersión que solo utilizan información meteorológica en la ubicación de las fuentes (Distrito para el Control de la Calidad del Aire del Área de la Bahía, 2021a). Dado que el modelado detallado CALPUFF sobre las emisiones de $PM_{2.5}$ de Chevron ya estaba disponible, se utilizaron esos resultados para cuantificar las concentraciones de $PM_{2.5}$ resultantes de las operaciones de esa instalación. Los impactos modelados para los receptores de la comunidad del PTCA se extrajeron de los resultados generales del CALPUFF y se utilizaron para la atribución de fuentes y análisis de exposición.

Finalmente, se utilizó el **Modelo Regulatorio de la Agencia de Protección Ambiental (AERMOD) de la American Meteorological Society** para estimar las concentraciones de contaminantes de otras

[3] El dominio de 100 m abarcó las áreas de ejecución del CALPUFF de 1 km con concentraciones simuladas de $PM_{2.5}$ superiores a 0.1 $\mu g/m^3$.

fuentes locales en la comunidad. El AERMOD es el modelo preferido de la Agencia de Protección Ambiental (Environmental Protection Agency, EPA) de EE. UU. para el modelado de dispersión de campo cercano y se requiere para todos los modelados de evaluación de riesgos para la salud (HRA) realizados por o para el Distrito de Aire (Distrito para el Control de la Calidad del Aire del Área de la Bahía, 2020b). Además, el AERMOD es el único modelo aprobado actualmente por la EPA de EE. UU. para las aplicaciones de fuentes móviles, como los análisis de puntos críticos de PM (Agencia de Protección Ambiental de EE. UU., 2021). Debido a su capacidad para manejar múltiples tipos de fuentes, el AERMOD se utilizó para modelar la dispersión de todas las fuentes locales evaluadas en el dominio de emisiones del PTCA, excepto para el uso de los resultados actuales del CALPUFF para cuantificar los impactos de las emisiones de PM2.5 de la refinería Chevron, como se describió anteriormente.[4]

En general, el AERMOD se aplicó utilizando enfoques consistentes con los que se desarrollaron previamente durante la evaluación técnica de la comunidad del AB 617 en West Oakland (Distrito para el Control de la Calidad del Aire del Área de la Bahía, 2019). Una diferencia clave con respecto al enfoque de West Oakland es el uso de datos meteorológicos para el modelado de dispersión. El AERMOD se ejecuta utilizando datos meteorológicos que representan a una sola ubicación, a diferencia de los campos meteorológicos en malla que utilizan el CMAQ y el CALPUFF. Sin embargo, a diferencia de West Oakland, el área del PTCA es un lugar difícil de modelar utilizando solo un conjunto de datos meteorológicos debido a la cadena de colinas que recorren desde Point San Pablo en el norte hasta Point Richmond en el sureste, las tierras planas en el área central al este del dominio, las colinas al este de las llanuras y una línea costera compleja que rodea el área por tres lados. Debido a que ningún conjunto único de observaciones meteorológicas representaría esta compleja topografía, el Distrito de Aire se basó en datos meteorológicos modelados del WRF para ejecutar el AERMOD de conformidad con los conjuntos de datos modelados utilizados para ejecutar el CMAQ y el CALPUFF. Se utilizó un programa utilitario de la EPA llamado Programa de Interfaz de Modelos de Mesoescala (Mesoscale Model Interface Program, MMIF) para crear datos meteorológicos disponibles para el AERMOD en cuatro subdominios representativos en el área del PTCA. Después, se modelaron todas las fuentes de un subdominio determinado con el AERMOD utilizando el conjunto de datos meteorológicos adecuado.

El AERMOD también requiere un archivo receptor que defina las ubicaciones en las que el modelo estimará las concentraciones de contaminantes. Se generó una malla receptora maestra con receptores espaciados cada 50 m en las direcciones x y y dentro del dominio receptor, lo que dio como resultado 76,072 ubicaciones de receptores discretas. Se seleccionó un espaciado de 50 m para resolver adecuadamente los gradientes de concentración espacial alrededor de las fuentes de emisiones mientras los tiempos de ejecución del modelo se mantenían razonables (cuantos más receptores se definen, más tiempo tarda el AERMOD en completar una simulación anual).

Evaluación de la exposición

Para estimar las exposiciones a la contaminación del aire de los residentes de la comunidad, se combinaron las concentraciones promedio anuales de contaminantes del modelado a escala local con los datos de la población del censo. El último censo decenal de EE. UU., realizado en

[4] Las emisiones de contaminantes tóxicos del aire de Chevron se evaluaron de acuerdo con el enfoque de HRA que se está implementando para la Regla 11-18, que se basa en el AERMOD para caracterizar la dispersión de contaminantes.

2020, proporciona recuentos de la población residencial a nivel de bloque censal. Esta población modelada refleja una población residencial ("nocturna") similar a la utilizada en la mayoría de los estudios epidemiológicos a gran escala sobre la contaminación del aire en exteriores. La exposición total de la población contiene unidades de personas multiplicadas por la concentración (p. ej., persona/ µg/m^3). Calculamos las exposiciones promedio al determinar primero las exposiciones totales en la resolución de bloque censal. Luego, calculamos una exposición promedio para todos los residentes del área del PTCA sumando la exposición de la población en todos los bloques censales y dividiéndola por la suma de la población. De acuerdo con los estudios epidemiológicos, utilizamos indistintamente las "exposiciones promedio" con las "concentraciones ponderadas por la población" o, de manera equivalente, las exposiciones "per cápita". Todas estas tienen las mismas unidades que las concentraciones modeladas. En el caso de la $PM_{2.5}$, por ejemplo, las unidades son microgramos por metro cúbico (µg/m^3).

Para apoyar el desarrollo de la estrategia del PLAN, se estimó la contribución de fuentes individuales y grupos de fuentes a los valores promedio de exposición residencial basándose en los resultados del modelado de la calidad del aire. Este proceso normalmente se denomina "atribución de fuentes" o "distribución de fuentes", y en este análisis los resultados ya se habían atribuido a las fuentes debido a la ejecución individual de cada fuente en el AERMOD. Dado que el modelado se realizó a cada fuente de emisiones por separado, las contribuciones de cada fuente a los parámetros modelados (p. ej., concentraciones de $PM_{2.5}$ o riesgo de cáncer) en cada ubicación receptora pudieron rastrearse y compararse con las contribuciones de otras fuentes. Luego, el total de un parámetro determinado en un receptor podría calcularse como la suma de las contribuciones de las fuentes individuales. Este proceso respaldó el análisis de la manera en que los distintos grupos de fuentes contribuyen a las concentraciones de contaminantes, exposiciones y riesgo de cáncer en diversas partes de la comunidad.

Resultados adicionales del modelado

Esta sección complementa los resultados del modelado presentados en el Capítulo 5 mediante la presentación de: (1) una evaluación modelada de las concentraciones de contaminantes totales en la comunidad del PTCA, que incluye tanto las concentraciones de fondo como los impactos de las fuentes locales; y (2) un análisis del modelado del potencial de impactos respiratorios agudos a causa de los eventos de combustión por antorcha de la refinería Chevron.

Concentraciones de fondo

Las concentraciones de contaminantes en la comunidad del PTCA son el resultado de las fuentes de emisión locales y la contaminación regional que se transporta desde fuera del área de estudio. En otras palabras, las fuentes locales contribuyen a una concentración progresiva que se suma a la concentración "de fondo" existente de un determinado contaminante, lo que da como resultado la concentración total a la que están expuestos los residentes. Esta exposición total a contaminantes puede variar de un año a otro en función de las diferencias en los niveles de emisiones, la meteorología y otros factores. Por ejemplo, los datos de monitoreo ambiental de 2013 a 2022 muestran que las concentraciones promedio anuales de $PM_{2.5}$ en la estación de San Pablo han variado de 7.8 µg/m^3 (2019) a 12.7 µg/m^3 (2018) y alcanzaron un promedio de 10.1 µg/m^3 a lo largo de esa década. Aunque el PLAN se centra en reducir la porción local de esa exposición total, es útil comprender las contribuciones relativas de fuentes locales frente a fuentes regionales a esas exposiciones totales. Por lo tanto, el Distrito de Aire realizó un modelado a escala regional y local para estimar esas contribuciones.

La Figura A-2 muestra las concentraciones residenciales promedio anuales de $PM_{2.5}$ y materia particulada de diésel (Diesel Particulate Matter, DPM),[5] así como el riesgo residencial promedio de cáncer para la comunidad[6] del PTCA, todo esto basado en los resultados combinados del modelado regional y local. En el caso de la $PM_{2.5}$, el componente regional modelado es de 6.0 µg/m³ y el componente local modelado es de 1.1 µg/m³, o el 15 % del total (7.1 µg/m³). El gran componente regional se debe en parte a la $PM_{2.5}$ secundaria que se forma a partir de las interacciones de especies precursoras como NOx, SOx y amoniaco. Debido a que estas interacciones tardan en completarse, la formación secundaria de $PM_{2.5}$ normalmente ocurre en la dirección del viento de las fuentes de emisiones. También debe tenerse en cuenta que el componente local de $PM_{2.5}$ se subestima debido a las fuentes omitidas del modelado a escala local.[7] Algunas fuentes, como la quema de combustible residencial y el uso de cortadoras de césped, eran demasiado pequeñas y dispersas para incluirse en el modelado de dispersión, y estas fuentes representan el 19 % del total de emisiones de $PM_{2.5}$ en el inventario de planificación del PTCA.

Para la mayoría de los TAC, la formación secundaria no es un problema importante, por lo que el componente local generalmente es más alto que en el de PM2.5. En el caso de la DPM, las fuentes locales representan el 40 % de la concentración residencial promedio anual de 0.25 µg/m3. De manera similar, las fuentes locales representan el 36 % del valor promedio de riesgo de cáncer de 232 en un millón. Estos hallazgos ilustran cómo los impactos de las fuentes locales, que varían según el contaminante, representan los aumentos progresivos sobre las concentraciones de fondo existentes y generan disparidades en la exposición a la contaminación del aire.

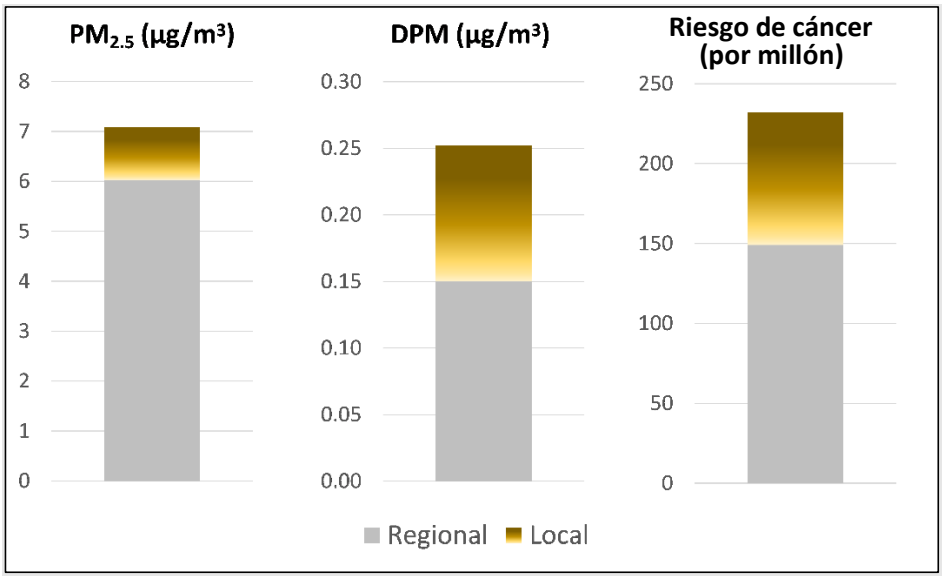

Figura A-2. Contribuciones regionales frente a locales a las concentraciones de $PM_{2.5}$ y DPM, y al riesgo de cáncer.

[5] Esas son las concentraciones de contaminantes modeladas a las que estaría expuesto un residente promedio del área del PTCA.
[6] Los resultados del modelado regional para el índice de riesgo crónico (Hazard Index, HI) no están disponibles, ya que el modelo regional solo puede configurarse para simular una cantidad limitada de TAC y el Distrito se ha enfocado históricamente en compuestos que son impulsores clave del riesgo de cáncer.
[7] Los datos de monitoreo ambiental parecen confirmar esta subestimación; como se indicó anteriormente, la estación de San Pablo reportó una concentración promedio anual de $PM_{2.5}$ de 7.8 µg/m³ en 2019, que es 0.7 µg/m³ más alta que el total modelado de 7.1 µg/m³ (regional más local).

Impactos potenciales de los eventos de combustión por antorcha de Chevron

En respuesta a las preocupaciones de la comunidad sobre el impacto de los eventos de combustión por antorcha de Chevron en la salud respiratoria de la comunidad del PTCA, el personal del Distrito de Aire llevó a cabo una evaluación basada en los modelos de estos eventos. La evaluación se centró en las emisiones de dióxido de azufre (SO_2) debido a: (a) la disponibilidad inmediata de datos de emisiones diarias de SO_2; y (b) el potencial de que las exposiciones agudas al SO_2 causen impactos respiratorios. Por ejemplo, en su proceso de elaboración de normas para el estándar nacional actual de 1 hora de SO_2 de 75 partes por mil millones (parts per billion, ppb), la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. indicó que se demostró de manera experimental que la exposición al SO_2 a niveles tan bajos como 200 ppb durante 5 a 10 minutos provoca una disminución moderada o grave de la función pulmonar en algunos asmáticos que hacen ejercicio.[8]

Para apoyar este análisis, se obtuvieron las emisiones totales diarias de SO_2 informadas de cada combustión por antorcha en la refinería Chevron de 2020 a 2022, en las que se notificó que cualquier antorcha emitía 1,000 libras de SO_2 o más (consulte la Tabla A-3). Para desarrollar las tasas de emisión por hora, estos totales diarios se dividieron entre las duraciones proporcionadas en los informes causales que describían esos eventos específicos de combustión por antorcha. Se seleccionó una tasa de emisión de SO_2 de 100 gramos por segundo (g/s) como referencia para el modelado, una tasa que es probable que ocurra al menos varias veces al año suponiendo que los datos de 2020 a 2022 son predictivos. Para proporcionar información sobre los posibles impactos de los eventos de combustión por antorcha más pequeños o grandes, también se modelaron tasas de emisión de 30 g/s y 300 g/s (tenga en cuenta que los datos de 2020 a 2022 muestran múltiples casos con tasas estimadas de emisión de SO2 de 300 g/s o superiores).

Tabla A-3. Emisiones totales diarias de SO_2 informadas de las combustiones por antorcha de la refinería Chevron durante los eventos seleccionados. Fuente: https://www.baaqmd.gov/about-air-quality/research-and-data/flare-data.

Fecha	Combustión por antorcha	SO_2 (lb)	Duración (h)	Tasa (g/s)
28 de diciembre de 2022	S6013: Combustión por antorcha de North Isomax V-281	2,415	1.5	205
18 de agosto de 2022	S6010: Combustión por antorcha de alto nivel, LSFO	1,520	10.6	18
2 de agosto de 2022	S6016: Combustión por antorcha de FCC V-731	1,722	6.8	32
4 de marzo de 2022	S6013: Combustión por antorcha de North Isomax V-281	2,148	2.0	135
25 de febrero de 2022	S6013: Combustión por antorcha de North Isomax V-281	9,552	3.9	313
30 de diciembre de 2021	S6013: Combustión por antorcha de North Isomax V-281	23,178	9.4	309
13 de diciembre de 2021	S6019: Combustión por antorcha de Alky-Poly V-732	2,230	5.9	48
13 de diciembre de 2021	S6016: Combustión por antorcha de FCC V-731	1,566	5.8	34

[8] Registro Federal, Vol. 75, n.º 119, martes, 22 de junio de 2010.

Fecha	Combustión por antorcha	SO_2 (lb)	Duración (h)	Tasa (g/s)
5 de noviembre de 2021	S6013: Combustión por antorcha de North Isomax V-281	2,254	16.8	17
4 de noviembre de 2021	S6013: Combustión por antorcha de North Isomax V-281	2,048	—	—
3 de noviembre de 2021	S6013: Combustión por antorcha de North Isomax V-281	1,468	—	—
2 de noviembre de 2021	S6013: Combustión por antorcha de North Isomax V-281	4,580	—	—
30 de octubre de 2021	S6013: Combustión por antorcha de North Isomax V-281	2,682	10.2	33
28 de octubre de 2021	S6013: Combustión por antorcha de North Isomax V-281	1,868	—	—
27 de octubre de 2021	S6013: Combustión por antorcha de North Isomax V-281	3,915	1.4	344
25 de octubre de 2021	S6016: Combustión por antorcha de FCC V-731	4,734	—	—
25 de octubre de 2021	S6013: Combustión por antorcha de North Isomax V-281	1,434	—	—
24 de octubre de 2021	S6039: Combustión por antorcha de lubricantes V-3501	1,264	11.1	14
24 de octubre de 2021	S6013: Combustión por antorcha de North Isomax V-281	10,379	13.0	101
24 de octubre de 2021	S6010: Combustión por antorcha de alto nivel, LSFO	2,123	7.1	37
14 de agosto de 2021	S6039: Combustión por antorcha de lubricantes V-3501	8,909	2.5	458
14 de mayo de 2021	S6039: Combustión por antorcha de lubricantes V-3501	6,988	0.7	1,355
2 de mayo de 2021	S6013: Combustión por antorcha de North Isomax V-281	7,217	4.0	226
21 de enero de 2021	S6010: Combustión por antorcha de alto nivel, LSFO	2,472	1.7	185
16 de enero de 2021	S6013: Combustión por antorcha de North Isomax V-281	3,626	—	—
22 de febrero de 2020	S6010: Combustión por antorcha de alto nivel, LSFO	14,531	3.8	484
16 de febrero de 2020	S6013: Combustión por antorcha de North Isomax V-281	1,286	0.3	463

Las tasas de emisión de SO_2 referentes de 30, 100 y 300 g/s se utilizaron como datos para una simulación del modelado de dispersión del AERMOD, que se configuró para predecir el impacto máximo modelado de 1 hora de cada ubicación potencial en la dirección del viento en la comunidad. En estas condiciones tan desfavorables, siempre que la tasa de emisión de SO_2 de una combustión por antorcha simulada igualaba o superaba los 100 g/s, se observaba la probabilidad de que las concentraciones promedio de SO2 de 1 hora superaran las 75 ppb

en todas las áreas residenciales modeladas. Esto significa que una tasa de emisión de SO2 de 100 g/s podría provocar un gran impacto en cualquier ubicación residencial de la comunidad, dadas las condiciones adecuadas (p. ej., la dirección y velocidad del viento). Incluso con tasas tan bajas como 30 g/s, el modelado seguía indicando la probabilidad de esos impactos en los vecindarios cercanos a la refinería.

Se realizaron simulaciones adicionales para evaluar la probabilidad de los impactos en una cantidad considerable de residentes en condiciones menos desfavorables. Se utilizaron datos del censo (2020) para representar las ubicaciones de los residentes y las condiciones meteorológicas se tomaron de la aplicación anual más reciente del modelo Weather Research and Forecasting (WRF) por parte del Distrito de Aire (2018). Para una liberación de SO_2 de 100 g/s adaptada a un conjunto aleatorio de condiciones por hora, el modelado indicó al menos un 5 % de probabilidad de exponer al menos 1,000 residentes a un nivel promedio de SO_2 de 1 hora de 75 ppb o más (Tabla A-4). Para un evento mayor (300 g/s), la probabilidad aumentó en un 15 % o más, dependiendo de qué combustión por antorcha era la fuente. Esto indica una probabilidad significativa de que ocurra un gran impacto durante un año normal, teniendo en cuenta los patrones históricos de la actividad de combustión por antorcha y la meteorología.

Tabla A-4. Probabilidades modeladas de que al menos 1,000 residentes del PTCA estén expuestos a una concentración de SO_2 de 75 ppb o más durante 1 hora en diversos escenarios de emisiones.

Resultados de diversas tasas simuladas de emisión de SO2 de 1 hora (g/s)

Fuente modelada	**30 g/s**	**100 g/s**	**300 g/s**
Combustión por antorcha de Alky-Poly	0.01 %	4.9 %	15 %
Combustión por antorcha de FCC	0.00 %	4.6 %	15 %
Combustión por antorcha de la planta de hidrógeno	0.31 %	6.9 %	18 %
Combustión por antorcha de alto nivel, LSFO	0.06 %	7.7 %	21 %
Combustión por antorcha de lubricantes	0.00 %	4.7 %	15 %
Combustión por antorcha de North Isomax	0.00 %	5.2 %	16 %
Combustión por antorcha de South Isomax	0.00 %	5.1 %	15 %

Cabe señalar que varios aspectos del enfoque de modelado podrían llevar a subestimar el potencial de los impactos respiratorios agudos a causa de la combustión por antorcha. En primer lugar, aunque las tasas de emisión modeladas de SO_2 se basaron en datos históricos, probablemente subestimaron las tasas de emisión pico reales de SO_2 de 1 hora: un análisis más detallado de una muestra de datos de monitoreo continuo de emisiones mostró que en algunos de los eventos que analizó el personal (Tabla A-3), la mayor parte del SO_2 se liberó durante dos horas consecutivas o menos, mientras que la duración de los eventos informados fue considerablemente más larga. En segundo lugar, es posible que la conversión del total de compuestos reducidos de azufre distintos del sulfuro de hidrógeno (H_2S) no se haya considerado completamente en los totales informados de SO_2. En tercer lugar, las simulaciones se realizaron con una combustión por antorcha a la vez, mientras que, en realidad, los eventos de combustión por antorcha pueden incluir múltiples antorchas de manera simultánea. En cuarto lugar, se sabe que la combustión por antorcha provoca emisiones de contaminantes distintos del SO_2 (como la materia particulada fina [$PM_{2.5}$] y algunos contaminantes tóxicos del aire [TAC]) que también pueden contribuir a los impactos respiratorios.[9] Al mismo tiempo, existen incertidumbres atribuibles al modelo utilizado (AERMOD) y a los datos meteorológicos (del WRF), que podrían llevar a una sobrepredicción de las concentraciones de SO_2 a nivel del suelo.

Los hallazgos del modelado a veces pueden corroborarse mediante el monitoreo del aire si algunos de los posibles escenarios modelados ocurren realmente. Como se mencionó anteriormente, las predicciones de los modelos conllevan cierto grado de incertidumbre, que normalmente es mayor en predicciones más específicas (como lo que sucedería en un solo conjunto de circunstancias, en lugar de todo un rango de posibilidades), por lo que no es razonable esperar una concordancia perfecta. Dejando esto de lado, si los datos de monitoreo del aire no muestran la misma distribución de los niveles de SO_2 que predijo el modelado (en este caso, promedios de 1 hora por encima de 75 ppb), aun así no significa que esos impactos no podrían ocurrir en el futuro si existe la combinación correcta de condiciones. Los impactos pronosticados también podrían haber ocurrido en el pasado, pero en un lugar que no contaba con un monitor de SO_2.

Teniendo en cuenta estas limitaciones, el personal realizó una revisión preliminar de los datos disponibles de SO_2 de los sitios de monitoreo del Distrito de Aire y los monitores a nivel de suelo (Ground-level Monitor, GLM) de Chevron en la región del PTCA de 2017 a 2021. Se observaron diversos casos de concentraciones de SO_2 por hora superiores a los niveles típicos, incluidos algunos casos de concentraciones horarias cercanas a 75 ppb (Figura A-3). Aunque ninguno de esos casos parecía estar relacionado con un evento de combustión por antorcha informado,[10] aún existe la posibilidad de que ocurran impactos relacionados con la combustión por antorcha en ubicaciones no monitoreadas, así como futuros impactos en cualquier ubicación de la región del PTCA. Existen otros tipos de sistemas de monitoreo en la región del PTCA, como el monitoreo de vallas de la refinería, que pueden contribuir a nuestra comprensión de las emisiones de SO_2 que traspasan las vallas de fuentes con y sin combustión por antorcha. En las próximas evaluaciones de la calidad del aire, podrán incluirse análisis de los datos de monitoreo de vallas en el contexto de otra información de monitoreo y resultados del modelado.

[9] Las condiciones subóptimas de combustión por antorcha, que este análisis no modeló, pueden aumentar las emisiones de estos y otros contaminantes.
[10] Estas observaciones podrían indicar los posibles impactos del SO_2 a causa de fuentes industriales distintas a la combustión por antorcha.

Con base en los resultados del modelado y las incertidumbres relacionadas, el personal concluyó que los patrones recientes de combustión por antorcha tienen el potencial de causar impactos respiratorios adversos en grupos sensibles de la comunidad del Camino hacia un Aire Limpio (PTCA).

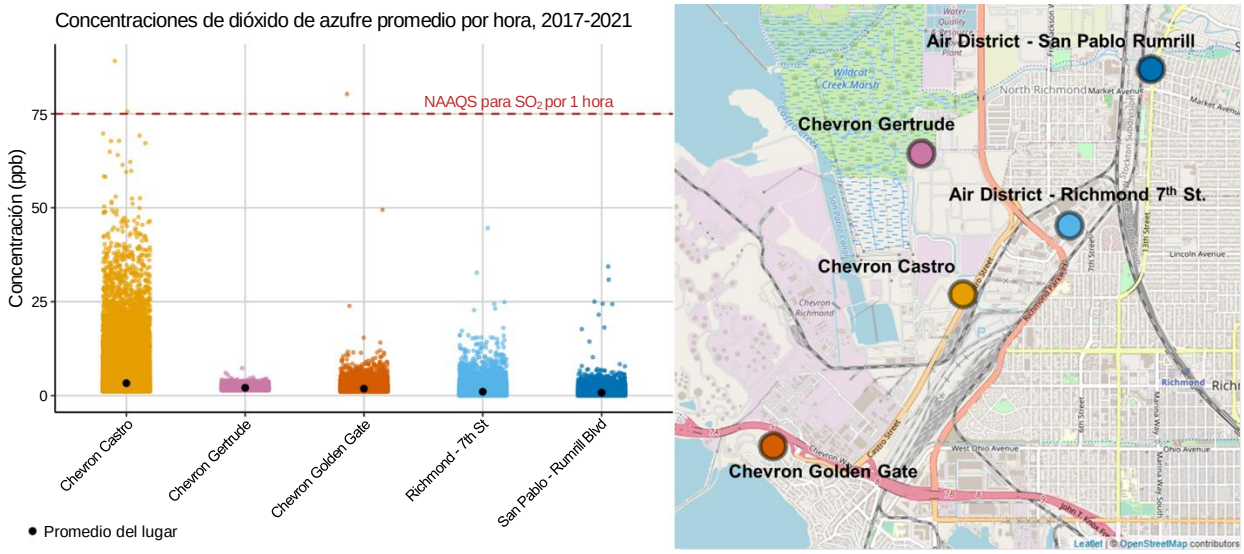

Figura A-3. Concentraciones promedio de SO_2 por hora en los monitores a nivel del suelo (GLM) de Chevron y los sitios de monitoreo seleccionados del Distrito de Aire para el periodo de 2017 a 2021 (izquierda), y mapa de ubicaciones de los sitios de monitoreo (derecha).

Actualizaciones del inventario de Chevron

Como se documenta en el Capítulo 5 del PLAN, el Distrito de Aire desarrolló un inventario de referencia de 2019 que incluía estimaciones de emisiones de la refinería Chevron y otras fuentes permitidas en el área del PTCA. Sin embargo, elaborar un inventario de emisiones para una instalación compleja como Chevron es un proceso repetitivo por el cual se recopilan datos constantemente, garantizando su calidad e integrándolos por fuente y tipo de contaminante para mejorar la confiabilidad y exhaustividad de las estimaciones de emisiones. Los datos de emisiones pueden sufrir variaciones anuales debido a diferentes supuestos, niveles de producción asociados, disponibilidad de información mejorada y otros factores.

A fin de ilustrar este proceso repetitivo y proporcionar la información más reciente de Chevron, esta sección resume el inventario de emisiones de 2021 más reciente que se recopiló para la refinería casi al final del proceso de desarrollo del PLAN. Este inventario no solo representa un año más reciente, sino también incorpora los hallazgos del estudio de líquidos pesados (Heavy Liquids Study, HLS) del Distrito de Aire, que se llevó a cabo para mejorar la estimación de las emisiones orgánicas provenientes de fugas de componentes de las refinerías (p. ej., válvulas, conectores, etc.). El HLS estableció un conjunto de tasas de emisión promedio y perfiles de contaminantes que se aplicarán a los componentes de emisiones fugitivas, muchos de los que están asociados con dispositivos de almacenamiento como tanques.

En las subsecciones siguientes, se proporciona un resumen del inventario de 2021 y las comparaciones con el inventario de referencia original de 2019. Estas comparaciones incluyen un análisis de las razones de los cambios en las emisiones entre 2019 y 2020, que pueden implicar aumentos o disminuciones reales en las emisiones (p. ej., debido a cambios en la producción o a nuevas fuentes que entran en funcionamiento), información mejorada (p. ej., los resultados del HLS) o ambos.

Contaminantes tóxicos del aire

La Tabla A-5 resume las emisiones ponderadas por toxicidad de los procesos de la refinería Chevron en 2021 y muestra los valores correspondientes de 2019 al lado. En general, el total de TWE cancerígenas es un 81 % más alto en el inventario de 2021 que en el de 2019, mientras que el total de TWE crónicas es un 33 % más alto en 2021. En el caso de las TWE cancerígenas, el mayor cambio se produce en las emisiones fugitivas, específicamente en las fugas de válvulas, bridas, conectores, bombas y sellos de compresores. Estos cambios están asociados al HLS y se atribuyen a una mejor comprensión de las emisiones de estos dispositivos más que a un aumento real de las emisiones. En el caso de las TWE crónicas, el mayor cambio ocurre en las emisiones de calderas y calentadores de procesos, y gran parte del cambio se atribuye a los hornos reformadores de la planta de hidrógeno.

Tabla A-5. Resumen de las TWE cancerígenas y crónicas de la refinería Chevron por tipo de proceso.

	TWE cancerígenas		TWE crónicas	
Tipo de proceso	**2021**	**2019**	**2021**	**2019**
Calderas/calentadores de proceso	20,576.43	18,728.09	877.35	144.98
Plantas de azufre	NA	NA	517.82	195.35
Craqueo catalítico	179.00	1,064.00	224.01	592.81
Cogeneración	5,368.80	722.86	271.66	469.47
Tanque de almacenamiento	2,047.80	633.95	23.38	12.53
Emisiones fugitivas	12,106.51	231.91	18.26	15.02
Recuperación de vapores/antorchas	117.63	1,064.79	10.46	21.92
Otros	108.55	153.03	2.94	4.25
Carga de cisternas	18.34	NA	1.97	<0.01
Generador	1,236.15	34.24	1.83	0.05
Carga de barcazas	10.14	12.30	1.09	0.42
Generador de reserva (BUG)	419.19	507.60	0.62	0.75
Revestimiento y limpieza	0.56	0.75	0.57	0.61
Torres de refrigeración	231.49	214.68	0.47	0.35
Limpieza de contenedores de almacenamiento/transporte	2.89	4.33	0.31	0.15
Vagones cisterna y camiones: pérdidas por operaciones	10.42	10.46	0.27	0.27
Tratamiento de aguas residuales	7.61	82.67	0.17	5.15
Incineración	2.69	NA	0.07	NA
Granallado de superficies	0.03	0.05	<0.01	0.01
Distribución y abastecimiento de gasolina	0.13	<0.01	<0.01	<0.01
Total de la refinería Chevron	42,444.36	23,465.71	1,953.26	1,464.10

En el Capítulo 5 del PLAN, las Tablas 5-10 y 5-11 proporcionan información resumida sobre 12 TAC individuales que representaron el 97 % de las TWE cancerígenas y el 93 % de las TWE crónicas de Chevron en el inventario de 2019. Sin embargo, en el inventario de 2021, unos cuantos TAC aparecen como importantes, incluidos los hidrocarburos aromáticos policíclicos (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAH), la naftalina y el dicloruro de etileno. La Tabla A-6 proporciona información resumida sobre una lista ampliada de 20 TAC de alta prioridad que representan el 98 % de las TWE cancerígenas y el 95 % de las TWE crónicas de Chevron en el inventario de 2019. Cabe señalar que los PAH que se incluyeron en el inventario de 2021 con

base en los hallazgos del HLS ahora son el segundo factor que más contribuye a las TWE cancerígenas en Chevron, solo por debajo del cromo hexavalente. También hay que destacar que las emisiones de ácido sulfúrico, que contribuyen a riesgos crónicos para la salud, son más de dos veces mayores en el inventario de 2021 que en el de 2019.

Tabla A-6. Resumen de las TWE cancerígenas y crónicas de la refinería Chevron por contaminante.

	TWE cancerígenas		TWE crónicas	
Contaminante	**2021**	**2019**	**2021**	**2019**
Cromo hexavalente	17,953.88	17,782.84	1.33	1.32
PAH	10,580.29	17.14		
Naftalina	2,807.87	144.41	20.41	1.05
Dicloruro de etileno	1,967.83	0.04	0.52	0.00
DPM	1,732.91	541.84	2.57	0.80
Benceno	1,607.98	1,397.03	41.10	35.71
Formaldehído	1,481.52	985.50	61.01	40.58
Cadmio	1,458.46	197.23	38.61	5.22
Arsénico	1,258.54	818.78	56.54	36.78
Níquel	686.09	539.71	419.16	329.73
1,3-butadieno	182.53	652.89	1.19	4.27
Etilbenceno	56.42	32.95	0.03	0.01
Cianuro de hidrógeno (HCN)			141.02	174.40
Acroleína			43.18	1.21
Tolueno			0.53	1.84
Xileno			0.34	1.12
Manganeso			223.09	434.32
Ácido clorhídrico			117.73	59.80
Ácido sulfúrico			677.46	246.31
Sulfuro de hidrógeno (H2S)			19.32	10.96

El inventario de 2021 también incluye cambios en las emisiones de contaminantes criterio del aire (Criteria Air Pollutant, CAP), como se muestra en la Tabla A-7. En general, las emisiones de CAP son más altas en el inventario de 2021 y los cambios porcentuales se indican en la fila inferior de la tabla. Por ejemplo, las emisiones de NOx son un 54 % más altas en 2021 que en 2019, debido en gran parte al aumento de las emisiones de calderas y calentadores de proceso. Sin embargo, las emisiones de $PM_{2.5}$ son un 8 % menores en 2021 que en 2019, debido en gran parte a las bajas emisiones de craqueo catalítico. Específicamente, las emisiones de PM2.5 de la unidad de craqueo catalítico fluidificado (Fluidized Catalytic Cracking Unit, FCCU) disminuyeron en aproximadamente un 28 %, pasando de 228.6 toneladas al año (TPA) a 164.5 TPA. Esta disminución coincide con los cambios porcentuales en la producción de coque de refinería y barriles de alimento fresco procesado. Las emisiones de $PM_{2.5}$ de la cogeneración también son menores en el inventario de 2021, lo que refleja en parte una redistribución de las emisiones entre las turbinas de cogeneración de gas y los generadores de vapor de recuperación de calor (Heat Recovery Steam Generator, HRSG), que se incluyen en el tipo de proceso "Calderas/calentadores de proceso". Las emisiones totales de $PM_{2.5}$ de las unidades de cogeneración/HRSG disminuyeron aproximadamente un 45 % entre 2019 y 2021, lo que refleja cambios similares en el rendimiento de estas fuentes.

Tabla A-7. Resumen de las emisiones de contaminantes criterio del aire de Chevron por tipo de proceso.

	Inventario de 2021 (toneladas/año)					Inventario de 2019 (toneladas/año)				
Tipo de proceso	**NO_x**	**TOG**	**SO_x**	**$PM_{2.5}$**	**CO**	**NO_x**	**TOG**	**SO_x**	**$PM_{2.5}$**	**CO**
Generadores de reserva (BUG)	5.18	0.08	0.01	0.16	1.46	1.63	0.04	<0.01	0.10	0.36
Carga de barcazas	2.41	23.08	0.06	0.33	0.97				0.12	
Calderas/calentadores de proceso	472.26	59.78	36.07	80.62	45.26	300.21	37.11	43.05	54.18	172.42
Craqueo catalítico	83.07	6.03	164.47	165.24	40.44	101.96	7.72	200.46	228.61	28.84
Revestimiento y limpieza		0.08		0.01			0.01			
Cogeneración	142.49	53.91	19.82	49.83	240.08	33.47	15.36	4.16	91.17	0.63
Torres de refrigeración		7.08		126.43			6.13		76.34	
Emisiones fugitivas		33.74		<0.01		0.02	86.09			0.07
Distribución y abastecimiento de gasolina		0.09					0.18			
Generadores	11.55	0.84	0.05	0.20	23.12	0.66	0.06	<0.01	0.01	0.11
Incineración	0.03	0.19			0.07					
Otros	0.66	54.00	0.05	1.34	1.00	8.44	53.69	0.30	0.75	3.20
Limpieza de contenedores de almacenamiento/transporte	0.69	6.59	0.02	0.09	0.28					
Tanques de almacenamiento		102.60	0.59	0.71			119.43	0.10	0.12	
Plantas de azufre	15.43	0.42	24.55	5.52	40.07	28.83	0.20	68.09	19.54	
Granallado de superficies				0.00						
Vagones cisterna y camiones: pérdidas por operaciones		22.30					29.21			
Carga de cisternas	4.37	41.80	0.11	0.59	1.75				0.68	
Destilación al vacío							0.02			
Recuperación de vapores/antorchas	7.82	51.62	174.17	3.33	37.81	9.82	30.70	5.92	1.36	1.23
Tratamiento de aguas residuales		43.24					13.32			
Totales	745.96	507.48	419.98	434.40	432.32	485.04	399.28	322.08	473.01	206.86
Cambio porcentual desde 2019	54 %	27 %	30 %	-8 %	109 %	--	--	--	--	--

Pronósticos de emisiones

Se desarrollaron inventarios de las emisiones previstas para todas las fuentes descritas en el Capítulo 5 del PLAN. Como punto de partida, se elaboró un nuevo inventario de referencia que combinaba el inventario actualizado de Chevron de 2021, descrito en la sección anterior de este apéndice junto con las emisiones de referencia de 2019 para las demás fuentes. Después, se estimaron las emisiones previstas combinando los datos de referencia con conjuntos de datos auxiliares que proporcionan los factores de crecimiento y de control basados en condiciones habituales (business-as-usual, BAU). En este caso, "crecimiento" se refiere a los cambios previstos en la actividad (p. ej., aumentos en las millas que recorren las flotas de vehículos automotores), mientras que "control" se refiere a los cambios en las características de las emisiones (p. ej., menos factores de emisión de los vehículos automotores debido a la introducción de nuevas tecnologías en la flota). Los escenarios BAU solo consideran los controles resultantes de regulaciones existentes ("registradas") y pueden considerarse como condiciones previstas en el área del PTCA sin la implementación del PLAN. Estas condiciones BAU también podrían llamarse escenarios "sin plan" o "sin planificación".

Los pronósticos BAU se prepararon utilizando una variedad de conjuntos de datos:

- Perfiles de crecimiento y factores de control desarrollados por el Distrito de Aire como parte de un análisis de tendencias reciente para los contaminantes criterio del aire (Distrito para el Control de la Calidad del Aire del Área de la Bahía, 2023). Los perfiles de crecimiento se basaron en indicadores socioeconómicos y datos demográficos, mientras que los factores de control reflejan el impacto previsto de las regulaciones existentes del Distrito.
- Escalares de pronóstico proporcionados por la CARB que combinan factores de crecimiento y control para los próximos años hasta 2034. Estos escalares se basaron en datos del Modelo de Análisis de Proyección de Emisiones (California Emissions Projection Analysis Model, CEPAM) de la CARB y reflejan los pronósticos del inventario de emisiones del Plan Estatal de Implementación (State Implementation Plan, SIP) de ozono de 2019.
- Factores de reducción de emisiones de la CARB que reflejan los impactos de las regulaciones estatales adoptadas recientemente que no se consideraron en los datos del CEPAM mencionados anteriormente. Estas regulaciones estatales abordan en gran medida las emisiones de NOx y PM de fuentes móviles, y las descripciones de estas regulaciones se proporcionan en la Tabla A-8.

Tabla A-8. Descripciones de las regulaciones estatales adoptadas recientemente.

Regulación	Descripción	Fecha de adopción
Autos limpios avanzados II (ACCII)	Reduce las emisiones de nuevos vehículos ligeros y medianos modelo 2025 en adelante e incrementa el número de vehículos de cero emisiones a la venta.	Noviembre de 2022
Flotas limpias avanzadas (ACF)	El objetivo es lograr una flota de camiones y autobuses de cero emisiones para 2045 y mucho antes para ciertos segmentos del mercado (p. ej., entrega de última milla y aplicaciones de traslado).	Abril de 2023
Inspección y mantenimiento de vehículos de carga pesada (HDIM)	Amplía los programas de inspección y mantenimiento (Inspection and Maintenance, I&M) existentes para garantizar el mantenimiento adecuado de todos los	Diciembre de 2021

Regulación	Descripción	Fecha de adopción
	sistemas de control de vehículos (p. ej., filtros de partículas diésel).	
Enmienda a motores pequeños todoterreno (SORE)	Acelera la transición de equipos de motores pequeños todoterreno (Small Off-Road Engine, SORE) (p. ej., sopladores de hojas, generadores portátiles) a equipos de cero emisiones a partir de 2024.	Diciembre de 2021
Regulación de unidades de refrigeración de transporte (TRU)	Requiere que las unidades de refrigeración de transporte (Transport Refrigeration Unit, TRU) de diésel cambien a tecnología de cero emisiones en dos fases.	Febrero de 2022
Regulación de embarcaciones portuarias comerciales (CHC)	Requiere opciones de cero emisiones cuando sea posible y motores nivel 3 y 4 en las demás embarcaciones.	Marzo de 2022
Regulación de locomotoras en uso	Reduce las emisiones nocivas de las locomotoras, en parte para abordar los problemas históricos de justicia ambiental de las comunidades cercanas a los patios ferroviarios.	Abril de 2023

Tenga en cuenta que en el caso de las fuentes permitidas en la comunidad del PTCA, las emisiones se mantuvieron generalmente constantes para los pronósticos BAU de 5 y 10 años. En cuanto a la refinería Chevron, se estimó el impacto de las enmiendas a la Regla 6-5 del Distrito de Aire sobre las emisiones de la FCCU para años futuros,[11] pero las emisiones de otros procesos se mantuvieron en los niveles de referencia debido a la falta de información sobre los cambios futuros en los niveles de producción de la refinería.

La Tabla A-9 proporciona una comparación entre las emisiones de referencia y las emisiones de años futuros de dos ejemplos de contaminantes criterio del aire (Criteria Air Pollutants, CAP), NOx y $PM_{2.5}$, que son los contaminantes más afectados por las regulaciones estatales adoptadas recientemente, como se mencionó anteriormente. En comparación con los niveles de referencia, las emisiones totales de NOx son un 21 % menores en 2029 y un 29 % menores en 2034. De manera similar, las emisiones totales de $PM_{2.5}$ son un 18 % menores que los niveles de referencia en 2029 y un 19 % menores en 2034. Debido al impacto de la Regla 6-5, la contribución de Chevron a las emisiones totales de $PM_{2.5}$ disminuye del 61 % en el inventario de referencia[12] al 56 % en los inventarios de años futuros. En el caso del NOx, la reducción de las emisiones se debe en gran medida a los cambios en la flotas de vehículos automotores, ya que las emisiones de vehículos y camiones son un 66 % menores en 2029 en comparación con los niveles de referencia y un 76 % menores en 2034.

[11] Se asumió que la Regla 6-5 reduciría las emisiones de PM2.5 y contaminantes tóxicos del aire asociados en un 65 % en años futuros (Distrito para el Control de la Calidad del Aire del Área de la Bahía [Bay Area Air Quality Management District, BAAQMD], 2021b).
[12] El inventario de referencia en la Tabla A-9 incluye las emisiones de Chevron de 2021 y las de 2019 para todas las demás fuentes. Cuando se utiliza el inventario de Chevron de 2019, la refinería representa el 63 % del total de $PM_{2.5}$, como se documenta en el Capítulo 5 del PLAN.

Tabla A-9. Emisiones de NOx y $PM_{2.5}$ para el año de referencia y los años futuros en el área del PTCA.

Fuente de emisiones	Emisiones de NOx (TPA)			Emisiones de $PM_{2.5}$ (TPA)		
	Referencia	BAU para 2029	BAU para 2034	Referencia	BAU para 2029	BAU para 2034
Fuentes de refinación de combustibles permitidas	761.0	761.0	761.0	437.9	330.5	330.5
- Refinería Chevron (2021)	746.0	746.0	746.0	434.4	327.0	327.0
- Refinación de otros combustibles	15.1	15.1	15.1	3.5	3.5	3.5
Sectores marítimo y ferroviario	1,167.0	1,002.4	834.5	26.7	18.6	15.9
- Embarcaciones de alta mar	587.8	690.2	670.2	12.4	13.6	14.7
- Transbordadores	122.9	67.7	45.4	3.1	0.8	0.2
- Embarcaciones comerciales portuarias	259.4	128.6	75.1	7.9	2.1	0.4
- Equipo de manejo de cargas	5.7	2.0	0.8	0.0	0.0	0.0
- Patios ferroviarios	44.4	33.6	14.4	0.9	0.7	0.3
- Líneas ferroviarias	146.8	80.2	28.6	2.4	1.4	0.4
Fuentes industriales y comerciales	73.9	73.9	73.9	107.2	103.0	105.7
- Fuentes permitidas (sin refinación)	66.6	66.6	66.6	26.3	26.3	26.3
- Restaurantes	0.0	0.0	0.0	12.0	11.8	12.4
- Construcción (no móviles)	0.0	0.0	0.0	11.0	12.8	14.8
- Combustión residencial de leña	7.4	7.4	7.4	57.9	52.2	52.2
Vehículos y camiones	635.3	213.4	152.2	52.2	48.7	46.9
- Camiones	472.8	114.6	68.8	12.0	7.2	6.1
- Vehículos de pasajeros de trabajo ligero	108.0	49.2	34.3	5.4	5.3	3.6
- Autobuses	10.9	7.3	5.9	0.2	0.2	0.2
- Casas rodantes	2.5	1.5	1.3	0.1	0.1	0.1
- Motocicletas	12.2	11.5	11.6	0.1	0.1	0.1
- Polvo de carretera	0.0	0.0	0.0	33.7	35.8	36.8
- Unidades de refrigeración en transporte	28.8	29.3	30.3	0.7	0.1	0.1
Diversas fuentes	605.2	512.1	496.5	93.2	84.1	81.3
- Equipos todoterreno (construcción, etc.)	179.1	116.5	105.3	14.3	10.5	9.6
- Embarcaciones recreativas	76.0	63.7	60.2	14.4	9.4	8.0
- Combustión de combustibles (no permitida)	318.5	301.6	301.5	55.5	54.9	54.5
- Otras	31.7	30.1	29.4	8.9	9.3	9.2
Total (todas las fuentes)	**3,242.4**	**2,562.9**	**2,318.1**	**717.2**	**584.9**	**580.2**

La Tabla A-10 proporciona una comparación entre las emisiones de referencia y las de años futuros para los contaminantes tóxicos del aire, centrándose en las TWE cancerígenas y crónicas. En comparación con los niveles de referencia, el total de TWE cancerígenas es un 40 % menor en 2029 y un 49 % menor en 2034, cambios que se deben en gran medida a la disminución de emisiones de DPM de fuentes móviles.[13] Los cambios en el total de TWE crónicas son más moderados,

[13] Se prevé que las emisiones totales de DPM en el área del PTCA disminuyan un 54 % entre 2019 y 2029, y un 65 % entre 2019 y 2034, debido en gran parte a la reducción de emisiones de fuentes móviles.

disminuyendo un 11 % en 2029 y un 13 % en 2034 con respecto a los niveles de referencia. También debe tenerse en cuenta que la contribución de Chevron y otras fuentes de refinación de combustible a los inventarios de TWE cambia con el tiempo. Por ejemplo, las fuentes de refinación de combustible permitidas representan el 17 % del total de TWE cancerígenas en el inventario de referencia,[14] pero alrededor del 30 % de las TWE cancerígenas en los inventarios de años futuros.

Tabla A-10. Emisiones ponderadas por toxicidad para el año de referencia y los años futuros en el área del PTCA.

	TWE cancerígenas			TWE crónicas		
Fuente de emisiones	**Referencia**	**BAU para 2029**	**BAU para 2034**	**Referencia**	**BAU para 2029**	**BAU para 2034**
Fuentes de refinación de combustibles permitidas	42,577.6	42,500.6	42,500.6	2,020.2	1,987.7	1,987.7
- Refinería Chevron (2021)	42,444.4	42,367.4	42,367.4	1,953.3	1,920.8	1,920.8
- Refinación de otros combustibles	133.2	133.2	133.2	66.9	66.9	66.9
Sectores marítimo y ferroviario	99,005.8	55,877.2	41,789.6	248.2	193.6	176.5
- Embarcaciones de alta mar	29,180.9	31,827.5	36,062.6	144.5	157.7	167.8
- Transbordadores	15,220.7	3,959.6	908.8	22.6	5.9	1.3
- Embarcaciones comerciales portuarias	38,490.9	10,155.2	2,036.8	57.1	15.1	3.0
- Equipo de manejo de cargas	241.9	89.1	0.0	0.4	0.1	0.0
- Patios ferroviarios	4,035.1	3,077.3	968.3	6.2	4.8	1.7
- Líneas ferroviarias	11,836.3	6,768.5	1,813.1	17.5	10.0	2.7
Fuentes industriales y comerciales	4,403.8	4,595.1	4,982.1	131.9	141.0	155.5
- Fuentes permitidas (sin refinación)	1,258.4	1,258.4	1,258.4	19.8	19.8	19.8
- Restaurantes	38.3	39.9	42.0	2.1	2.1	2.2
- Construcción (no móviles)	2,417.1	2,684.2	3,069.0	88.7	100.2	114.6
- Combustión residencial de leña	690.0	612.6	612.6	21.3	18.9	18.9
Vehículos y camiones	37,945.8	11,281.7	8,446.0	325.9	234.0	208.3
- Camiones	29,067.9	6,123.0	4,356.1	130.6	67.0	53.1
- Vehículos de pasajeros de trabajo ligero	4,325.2	2,130.6	1,362.1	76.1	48.0	34.5
- Autobuses	649.1	92.6	72.3	1.7	0.9	0.9
- Casas rodantes	280.7	174.3	128.1	0.8	0.5	0.4
- Motocicletas	1,565.5	1,403.6	1,394.9	32.2	28.9	28.7
- Polvo de carretera	792.7	843.7	866.3	82.7	87.9	90.3
- Unidades de refrigeración en transporte	1,264.7	513.9	266.2	1.9	0.8	0.4
Diversas fuentes	59,500.0	31,886.0	27,380.2	714.0	517.7	480.8
- Equipos todoterreno (construcción, etc.)	36,857.0	17,249.0	13,748.0	163.5	106.6	90.4
- Embarcaciones recreativas	10,317.8	6,536.3	5,473.0	231.2	145.8	123.1
- Combustión de combustibles (no permitida)	4,871.8	4,894.3	4,941.8	135.4	133.8	133.4
- Otras	7,453.3	3,206.4	3,217.4	183.9	131.4	133.9
Total (todas las fuentes)	**243,433.0**	**146,140.6**	**125,098.4**	**3,440.1**	**3,074.1**	**3,008.8**

[14] Tenga en cuenta que cuando se utiliza el inventario de Chevron de 2019 como referencia, las fuentes de refinación de combustible permitidas representan solo el 11 % del total de TWE cancerígenas, como se documenta en el Capítulo 5 del PLAN.

Aunque las Tablas A-9 y A-10 incluyen las reducciones de emisiones previstas asociadas a las regulaciones estatales adoptadas recientemente que se enlistan en la Tabla A-8, esas tablas no proporcionan información sobre el impacto de cada regulación de manera individual. Por lo tanto, la Tabla A-11 resume las reducciones de emisiones asociadas a cada regulación estatal. Como se mencionó anteriormente, estas regulaciones afectan principalmente a las emisiones de NOx y PM, por lo que las reducciones de NOx, PM2.5 y DPM se muestran en la Tabla A-11. En conjunto, estas regulaciones adoptadas recientemente representan aproximadamente el 40 % de las reducciones totales de NOx y DPM que se prevé que ocurrirán en 2029 y 2034. En el caso de la $PM_{2.5}$, estas regulaciones representan alrededor del 10 % de las reducciones previstas para esos años futuros.

Tabla A-11. Reducción de emisiones del PTCA asociadas a las regulaciones estatales adoptadas recientemente.

		Reducción de emisiones (TPA)					
		NOx		**$PM_{2.5}$**		**DPM**	
Sector	**Regulación**	**2029**	**2034**	**2029**	**2034**	**2029**	**2034**
En carretera	ACCII	4.84	19.03	0.76	2.94	<0.01	<0.01
	ACF	7.55	13.50	0.07	0.24	0.03	0.11
	HDIM	30.22	29.00	0.19	0.18	0.20	0.19
Fuera de carretera	SORE	6.35	10.33	0.94	1.84	0.00	0.00
	TRU	2.20	2.58	0.17	0.21	0.18	0.22
	CHC	169.61	229.91	7.05	8.60	7.36	9.04
	Locomotora	22.10	72.42	0.41	1.43	0.44	1.55
TOTAL		242.86	376.78	9.58	15.44	8.21	11.11

Los pronósticos BAU para 2029 y 2034 que se resumen en este apéndice tienen el propósito de servir como punto de partida para dar seguimiento a los cambios en las emisiones con el paso del tiempo. Las reducciones de emisiones asociadas a acciones específicas del PLAN se analizarán o cuantificarán durante la fase de implementación del PLAN. Además, pueden producirse cambios en los inventarios de referencia o BAU a medida que se disponga de información nueva.

Referencias

Distrito para el Control de la Calidad del Aire del Área de la Bahía (2019). Owning Our Air: The West Oakland Community Action Plan – Volume 2: Appendices (Un Aire Propio: Plan de Acción Comunitaria de West Oakland. Volumen 2: Apéndices), octubre. Disponible en: https://www.baaqmd.gov/~/media/files/ab617-community-health/west-oakland/100219-files/final-plan-vol-2-100219-pdf.pdf?la=en

Distrito para el Control de la Calidad del Aire del Área de la Bahía (2021a) Appendix A.4: Modeling Fine Particulate Matter Emissions from the Chevron Richmond Refinery: An Air Quality Analysis (Version 2) (Modelado de emisiones de materia particulada fina de la refinería Chevron en Richmond: un análisis de la calidad del aire [Versión 2]), marzo. Disponible en: https://www.baaqmd.gov/~/media/dotgov/files/rules/reg-6-rule-5-particulate-emissions-from-refinery-fluidized-catalytic-cracking-units/2020-amendment/documents/20210525_08_fsr_0605_app_a4-pdf.pdf?la=en

Distrito para el Control de la Calidad del Aire del Área de la Bahía (2021b). Final Staff Report – Proposed Amendments to Regulation 6, Rule 5: Particulate Emissions from Petroleum Refinery Fluidized Catalytic Cracking Units (Informe final del personal: Enmiendas propuestas a la Regulación 6, Regla 5: Emisiones particuladas de las unidades de craqueo catalítico fluidificado de las refinerías de petróleo), mayo. Disponible en: https://www.baaqmd.gov/~/media/dotgov/files/rules/reg-6-rule-5-particulate-emissions-from-refinery-fluidized-catalytic-cracking-units/2020-amendment/documents/20210525_13_fsr_0605-pdf.pdf?la=en

Distrito para el Control de la Calidad del Aire del Área de la Bahía (2023). Bay Area Emissions Inventory: Summary Report for Criteria Air Pollutants, April (Inventario de emisiones del Área de la Bahía: Informe resumido de los contaminantes criterio del aire), abril.

Junta de Recursos del Aire de California (2018a). Community Air Protection Blueprint (Plan comunitario de protección del aire). Disponible en: https://ww2.arb.ca.gov/resources/documents/final-community-air-protection-blueprint.

Junta de Recursos del Aire de California (2018b). EMFAC2017 Volume II: Handbook for Project-level Analyses (EMFAC2017 Volumen II: Manual para análisis a nivel de proyecto). Disponible en: https://ww3.arb.ca.gov/msei/downloads/emfac2017-volume-ii-pl-handbook.pdf.

Junta de Recursos del Aire de California (2019). AB 617 Community Planning Emissions Inventory: Key Elements (Inventario de emisiones de planificación comunitaria del AB 617: Elementos clave). Disponible en: https://ww2.arb.ca.gov/resources/documents/ab-617-community-planning-emission-inventory-key-elements.

Junta de Recursos del Aire de California (2020). 2020 Community Recommendations Staff Report – DRAFT Preliminary Emission Inventory (Informe del personal sobre las recomendaciones comunitarias de 2020: BORRADOR del inventario de emisiones preliminar). Elaborado por la Sección de Inventarios Comunitarios, octubre.

Junta de Recursos del Aire de California (2021a). EMFAC2021 Volume III Technical Document (EMFAC2021 Volumen III Documento Técnico). Elaborado por la Sucursal de Análisis de Fuentes Móviles. Disponible en: https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/202108/emfac2021_technical_documentation_april2021.pdf.

Junta de Recursos del Aire de California (2021b). Draft Community Emission Inventory Methodology for Toxic Air Contaminants Emissions (Borrador de Metodología de inventarios de emisiones comunitarias para las emisiones de contaminantes tóxicos del aire). Elaborado por las Secciones de Mejora de Fuentes del Área y de Desarrollo del Inventarios Comunitarios, junio.

Tanrikulu, S., Reid, S., Koo, B., Jia, Y., Cordova, J., Matsuoka, J. y Fang, Y. (2019). Fine Particulate Matter Data Analysis and Regional Modeling in the San Francisco Bay Area to Support AB 617 (Análisis de datos de materia particulada fina y modelado regional en el Área de la Bahía de San Francisco para apoyar el AB 617). BAAQMD Air Quality Modeling and Data Analysis Section Publication No: 201901-017-PM (Publicación n.º 201901-017-PM, Sección de Modelado de la Calidad del Aire y Análisis de Datos del BAAQMD).