

INFORME FINAL: CONTRATO CARB No. 18RD018

Caracterización de los Impactos Potenciales a la Salud y la Equidad de las Actividades de Extracción y Producción de Petróleo y Gas en California

Investigador Principal:

Rachel Morello-Frosch, PhD, MPH
Departamento de Ciencia, Política y Gestión Ambiental y Escuela de Salud Pública,
Universidad de California, Berkeley

Preparado para la Junta de Recursos del Aire de California (CARB)

Rachel Morello-Frosch, PhD, MPH
Departamento de Ciencia, Política y Gestión Ambiental y Escuela de Salud Pública,
Universidad de California, Berkeley

Kathy Tran, PhD, MPH
Escuela de Salud Pública, División de Ciencias de la Salud Ambiental
Universidad de California, Berkeley

Lauren Baehner, MPH
Departamento de Ciencia, Política y Gestión Ambiental y Escuela de Salud Pública,
Universidad de California, Berkeley

Contacto: Rachel Morello-Frosch, PhD, MPH
Universidad de California, Berkeley
Departamento de Ciencia, Política y Gestión Ambiental
y Escuela de Salud Pública,
130 Mulford Hall, Berkeley, 94720-3114
Correo electrónico: rmf@berkeley.edu
Teléfono del trabajo: 510-643-6358

Descargo de Responsabilidad

Las declaraciones y conclusiones en este informe son las de los investigadores de este contrato y no necesariamente las de la Junta de Recursos del Aire de California. La mención de productos comerciales, su procedencia o su uso en relación con el material aquí expuesto no debe interpretarse como una aprobación real o implícita de dichos productos.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a las numerosas personas que han participado en el apoyo y/o la aportación de valiosos comentarios a este trabajo, entre ellos Nicholas Depsky, Jessie Jaeger, Sylvia Sudat, Seigi Karasaki, Clare Pace, Yang Ju, David González, Seth Shonkoff, así como a los científicos investigadores y al personal de la CARB, OEHHA y la Junta Estatal de Control de Recursos Hídricos. Por último, este proyecto no habría sido posible sin la dedicación y los excelentes comentarios de las organizaciones comunitarias de toda California, cuyo incansable trabajo para promover la justicia medioambiental y garantizar que las políticas y normativas estatales que abordan el desarrollo del petróleo y el gas protejan la salud pública de todos. Además del apoyo principal para este proyecto de la Junta de Recursos del Aire de California (# 18RD018), el financiamiento de los Institutos Nacionales de Ciencias de la Salud Ambiental (R00 ES027023 y P30 ES009089) ayudó a apoyar el trabajo de la Dra. Joan Casey en este proyecto. Todos los errores son responsabilidad de los autores.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Lista de tablas	5
Lista de Figuras	6
Sinópsis	8
Lista de Abreviaturas	9
Antecedentes del Proyecto y Resumen Ejecutivo Científico	10
Antecedentes y Resumen Ejecutivo Laico	13
Capítulo 1: Proximidad residencial a la explotación de petróleo y gas y resultados de los nacimientos en California: un estudio de cohorte retrospectivo de los nacimientos de 2006-2015...	16
1.1 Resumen	16
1.2 Antecedentes	17
1.3 Métodos	18
1.4 Resultados	22
1.5 Discusión.....	24
1.6 Tablas	29
1.7 Figuras.....	32
1.8 Información Complementaria Capítulo 1.....	39
Capítulo 2: Proximidad residencial a pozos de petróleo y gas fracturados hidráulicamente y resultados adversos de los nacimientos en comunidades urbanas y rurales de California (2006-2015).....	57
2.1 Resumen	57
2.2 Antecedentes	58
2.3 Métodos.....	59
2.4 Resultados	62
2.5 Discusión.....	62
2.6 Tablas	66
2.7 Figuras.....	70
2.8 Información Complementaria Capítulo 2.....	72
Capítulo 3: Evaluación de las posibles amenazas para el agua potable que plantean los emplazamientos de explotación de petróleo y gas en el Valle de San Joaquín, California	76
3.1 Resumen	76
3.2 Antecedentes	77
3.3 Métodos.....	81
3.4 Resultados	84
3.5 Discusión.....	86

3.6 Tablas	90
3.7 Figuras.....	94
3.8 Información Complementaria Capítulo 3.....	96
Capítulo 4: Contaminación atmosférica, altos emisores de metano y pozos de petróleo y gas en el norte de California: la relación con el predominio y agudización de la migraña	105
4.1 Resumen.....	105
4.2 Introducción	106
4.3 Métodos.....	107
4.4 Resultados	110
4.5 Discusión.....	112
4.6 Conclusiones	116
4.7 Tablas y Figuras	117
4.8 Declaraciones	122
4.9 Información Complementaria Capítulo 4.....	cc123
Capítulo 5: La justicia climática y los grandes emisores de metano de California Una evaluación de la equidad ambiental de la proximidad de la comunidad y la intensidad de la exposición	132
5.1 Resumen.....	132
5.2 Introducción	133
5.3 Materiales y Métodos.....	135
5.4 Resultados	139
5.6 Discusión.....	145
5.7 Información Complementaria Capítulo 5.....	148
Referencias	165

Lista de Tablas

Tabla 1.1	29
Tabla Complementaria 1.1	44
Tabla Complementaria 1.2	45
Tabla Complementaria 1.3	46
Tabla Complementaria 1.4	47
Tabla Complementaria 1.5	48
Tabla Complementaria 1.6	49
Tabla Complementaria 1.7	50
Tabla Complementaria 1.8	51
Tabla Complementaria 1.9	52
Tabla Complementaria 1.10	53
Tabla Complementaria 1.11	54
Tabla Complementaria 1.12	55
Tabla Complementaria 1.13	56
Tabla 2.1	66
Tabla 2.2	69
Tabla Complementaria 2.1	73
Tabla Complementaria 2.2	74
Tabla Complementaria 2.3	75
Tabla 3.1	90
Tabla 3.2	91
Tabla 3.3	92
Tabla 3.4	93
Tabla Complementaria 3.1	96
Tabla Complementaria 3.2	104
Tabla 4.1	117
Tabla Complementaria 4.1A	129
Tabla Complementaria 4.1B	129
Tabla Complementaria 4.2A	130
Tabla Complementaria 4.2B	131
Tabla Complementaria 5.1	148
Tabla Complementaria 5.2	149
Tabla Complementaria 5.3	150

Lista de Figuras

Figura 1.1	32
Figura 1.2	33
Figura 1.3	35
Figura 1.4	37
Figura Complementaria 1.1	39
Figura Complementaria 1.2	40
Figura Complementaria 1.3	41
Figura Complementaria 1.4	42
Figura 2.1	70
Figura 2.2	71
Figura Complementaria 2.1	72
Figura 3.1	94
Figura 3.2	95
Figura Complementaria 3.1	97
Figura Complementaria 3.2	98
Figura Complementaria 3.3	99
Figura Complementaria 3.4	100
Figura Complementaria 3.5	101
Figura Complementaria 3.6	102
Figura Complementaria 3.7	103
Figura 4.1	119
Figura 4.2	120
Figura 4.3	121
Figura Complementaria 4.1	123
Figura Complementaria 4.2	124
Figura Complementaria 4.3	124
Figura Complementaria 4.4	125
Figura Complementaria 4.5	126
Figura Complementaria 4.6	127
Figura Complementaria 4.7	128
Figura 5.1	138
Figura 5.2	140
Figura 5.3	142

Figura 5.4.....	143
Figura 5.5.....	144
Figura Complementaria 5.1.....	151
Figura Complementaria 5.2.....	152
Figura Complementaria 5.3.....	153
Figura Complementaria 5.4.....	154
Figura Complementaria 5.5.....	155
Figura Complementaria 5.6.....	156
Figura Complementaria 5.7.....	157
Figura Complementaria 5.8.....	158
Figura Complementaria 5.9.....	159
Figura Complementaria 5.10.....	160
Figura Complementaria 5.11.....	161
Figura Complementaria 5.12.....	162
Figura Complementaria 5.13.....	163
Figura Complementaria 5.14.....	164

Sinopsis

Hay una escasez de estudios en California que han evaluado los impactos de la exposición a la explotación de petróleo y gas (OGD) en los resultados de salud perinatal, así como las posibles amenazas a las fuentes de agua potable, en particular entre las comunidades que dependen de los pozos domésticos. Del mismo modo, los grandes emisores de metano, entre los que se encuentran los centros de producción y distribución de petróleo y gas, así como los vertederos, las industrias lácteas y las refinerías, pueden emitir co-contaminantes no metanos que son perjudiciales para la salud humana; sin embargo, esta categoría de peligro del cambio climático ha sido poco estudiada en cuanto a sus implicaciones para la justicia ambiental y los posibles efectos agudos a la salud.

Para este proyecto, examinamos la relación entre los resultados de salud perinatal y: 1) la exposición a pozos activos e inactivos, teniendo en cuenta el volumen de producción durante el trimestre de embarazo, y 2) la fracturación hidráulica (FH) durante el embarazo. También realizamos un análisis espacial de los sitios de infraestructura de OGD y de las áreas de pozos domésticos (DWA -- áreas pobladas atendidas por al menos un pozo doméstico) y de los sistemas comunitarios de agua (CWS-- sistemas públicos de agua potable con al menos 15 conexiones) para identificar las posibles amenazas a las aguas subterráneas para luego determinar si las fuentes de agua potable en riesgo en el Valle de San Joaquín (SJV) sirven a poblaciones vulnerables. Finalmente, examinamos la relación entre la proximidad a los altos emisores de metano y la prevalencia y agudización de la migraña y realizamos una evaluación de equidad de la proximidad de la comunidad y la intensidad de la exposición de los altos emisores de metano de California. Aunque no es directamente tóxico para los seres humanos, el metano se co-emite con otros contaminantes nocivos que amenazan la salud de las comunidades cercanas

Los resultados de nuestros estudios epidemiológicos sobre los efectos perinatales de la proximidad a OGD y FH mostraron asociaciones positivas entre estas exposiciones y los resultados adversos del parto, incluidas mayores probabilidades de nacimientos pequeños para la edad gestacional y de bajo peso al nacer, así como una disminución del peso al nacer a término. En general, las estimaciones del efecto fueron más fuertes entre los nacimientos en las zonas rurales en comparación con las urbanas. Nuestro análisis espacial de las amenazas potenciales de los sitios de infraestructura de OGD mostró que los CWS que se cruzan con la infraestructura de OGD tenían menos residentes dentro del sistema por km², una menor proporción de residentes que viven dos veces por debajo de la pobreza y una mayor proporción de latinos en comparación con los CWS que no se cruzan con OGD. Los modelos mostraron que los CWS pequeños (menos de 15 conexiones) predijeron significativamente un mayor número de infraestructuras de OGD en comparación con los sistemas más grandes.

Los análisis de las ubicaciones de los altos emisores de metano, las emisiones y los niveles de otros contaminantes mostraron mayores probabilidades de que el estado de los casos de migraña aumentara con el incremento de las emisiones de metano. Los resultados también mostraron un aumento de las probabilidades de padecer migraña con niveles más altos de NO₂. No encontramos ninguna asociación entre los niveles de PM_{2.5} o la proximidad a los pozos de petróleo y gas y el estado de los casos de migraña. Las PM_{2.5} y el NO₂ se asociaron positivamente con los resultados del agudización de la migraña y observamos asociaciones limitadas o nulas entre las medidas continuas de las emisiones de metano y la proximidad a los

pozos de petróleo y gas y la gravedad de la migraña. En nuestra evaluación de la equidad de los altos emisores de metano en California, observamos la injusticia ambiental en las ubicaciones de los altos emisores de metano y la intensidad de las emisiones para aquellos grupos de bloques con mayor proporción de residentes de color y menor participación electoral. No se observaron asociaciones con medidas de nivel socioeconómico. Algunas de estas asociaciones significativas eran no lineales.

Los resultados de estos análisis indican la importancia de caracterizar de forma holística las posibles implicaciones para la salud humana y la equidad de OGD, así como de otros riesgos del cambio climático, incluidos los grandes emisores de metano, para garantizar que la toma de decisiones reglamentarias para estos lugares integre los objetivos de salud pública, sostenibilidad y justicia medioambiental. Los futuros estudios sobre los efectos en la salud de OGD en California deberán caracterizar mejor las diversas exposiciones asociadas a estas actividades (por ejemplo, la contaminación del aire y del agua, el ruido, la luz excesiva y otros factores de estrés). Además, deben estudiarse otros resultados de salud, como los respiratorios, cardiovasculares y de desarrollo. La investigación futura sobre los grandes emisores de metano se beneficiaría de un seguimiento temporal más consistente para evaluar los cambios en las tendencias de las emisiones y para caracterizar mejor las relaciones de emisión de metano y co-contaminantes. Los enfoques de modelización también pueden estimar las exposiciones agudas y crónicas a los co-contaminantes potencialmente dañinos de los grandes emisores de metano y apoyar estudios adicionales sobre sus efectos en la salud de las comunidades que viven cerca.

Lista de Abreviaturas

BMI- índice de masa corporal
BOE - barriles de petróleo equivalentes
Cal-GEM - División de Gestión de la Energía Geológica de California-Cal-GEM
CWS – sistemas comunitarios de agua
DWA - zona de pozos domésticos
DOGGR - División de Petróleo, Gas y Recursos Geotérmicos
ED - servicio de urgencias
EHR- registros electrónicos de salud
HF – fracturación hidráulica
ICE - índice de concentración en los extremos
IDW- distancia inversa ponderada
LBW: bajo peso al nacer
MPA- algoritmo de probabilidad de migraña
NO₂- dióxido de nitrógeno
OGD – explotación de petróleo y gas
PM_{2.5} - materia fina particulada
PTB- nacimiento prematuro
PEG: pequeño para la edad gestacional
SJV- Valle de San Joaquín
SO₂ - dióxido de azufre
tBW - peso al nacer a término
VOCs - compuestos orgánicos volátiles

Antecedentes del Proyecto y Resumen Ejecutivo Científico

A medida que California trata de abordar los impactos en la salud y el cambio climático de la explotación de petróleo y gas y otras fuentes importantes de emisiones de gases de efecto invernadero, incluidos los grandes emisores de metano [también conocidos como superemisores de metano (Duren et al. 2019)], hay una escasez de estudios para informar la toma de decisiones regulatorias sobre estas categorías de riesgos ambientales. Las actividades nacionales de explotación de petróleo y gas en California y en todo el país, incluidos los métodos de extracción no convencionales (también denominados de estimulación de pozos) que incluyen la perforación horizontal y el uso intensivo de productos químicos para liberar el petróleo y el gas del suelo, han suscitado preocupación por las posibles repercusiones negativas para la salud de las comunidades locales debido al aumento de la contaminación del aire, el ruido y la contaminación del agua, entre otros factores. Este problema de salud ambiental también ha cobrado fuerza en el ámbito normativo debido a la ubicuidad de las explotaciones de petróleo y gas en California, muchas de las cuales se encuentran cerca de receptores sensibles. California tiene grandes reservas de petróleo con pozos activos e inactivos que se encuentran cerca de zonas densamente pobladas y rurales, principalmente en las Cuencas Aéreas de San Joaquín y Los Ángeles. Los Ángeles es una ciudad única porque la producción de petróleo y gas se desarrolló simultáneamente con el crecimiento de la ciudad. La proximidad residencial a las actividades relacionadas con el petróleo y el gas puede aumentar la exposición a las emisiones contaminantes del aire y a otros resultados de las actividades de explotación del petróleo y el gas (por ejemplo, el uso del agua, el polvo, los productos químicos, el ruido y la luz excesivos). Los hogares que utilizan aguas subterráneas de pozos de agua potable privados o pequeños sistemas de agua potable de la comunidad que dependen de fuentes de agua subterránea situadas cerca de la explotación de petróleo y gas pueden correr un mayor riesgo de contaminación del agua potable. Estudios anteriores realizados en Pensilvania, Texas y Colorado han encontrado resultados adversos en los nacimientos asociados a la proximidad de las actividades de explotación de gas natural no convencional (UNDG). Sin embargo, el proceso de explotación y extracción de petróleo y gas en California es diferente; la infraestructura de petróleo y gas del estado se encuentra tanto en zonas rurales como en zonas urbanas densamente pobladas. Hay pocos estudios sobre la salud en California y, por lo que sabemos, ningún análisis ha examinado los efectos en los nacimientos de las actividades y la explotación del petróleo y el gas en el estado, aunque varios estudios han vinculado los malos resultados del crecimiento fetal y los nacimientos prematuros con diversos contaminantes atmosféricos (como la PM, el ozono, dióxido de azufre, tóxicos del aire) y la contaminación del aire relacionada con el tráfico.

Aunque los estudios han encontrado riesgos para la salud humana atribuibles a las emisiones de compuestos relacionados con el petróleo asociados con la explotación del petróleo y el gas en general, hasta donde sabemos, los impactos en la salud pública asociados con la proximidad a las actividades de petróleo y gas no se han estudiado ampliamente en California. Además, la CARB ha identificado a los grandes emisores de metano, como los centros de producción de petróleo y gas, los vertederos, las lecherías, las refinerías y otros lugares. Como tal, se justifican análisis más detallados de la relación entre los altos emisores de metano y los efectos agudos para la salud, así como las implicaciones de equidad de estos sitios está justificada.

Este proyecto propuso llevar a cabo análisis integrados que caracterizaran los impactos en la salud y la equidad ambiental entre las poblaciones vulnerables de la explotación y las actividades de petróleo y gas y los altos emisores de metano en California. La meta era aprovechar e integrar una base de datos desarrollada por la CARB a partir del Espectrómetro de Imagen Visible/Infrarrojo Aerotransportado de Última Generación (AVIRIS-NG) realizados entre 2016 y 2018 sobre la ubicación de los grandes emisores de metano y sus emisiones de múltiples fuentes; la base de datos de la División de Recursos de Petróleo, Gas y Geotermales (DOGGR) [ahora División de Gestión de la Energía Geológica de California-Cal-GEM] sobre pozos de petróleo y gas activos e inactivos y otros sitios de infraestructura; registros de nacimientos del Departamento de Salud Pública de California (2006-2015); y una base de datos desarrollada por este equipo de estudio sobre la ubicación y la extensión de los sistemas de agua comunitarios y las comunidades de pozos domésticos en California. En consecuencia, este proyecto se propuso los siguientes objetivos:

- Objetivo 1:** Evaluar la asociación entre la proximidad a todos los sitios de explotación de petróleo y gas (pozos activos e inactivos) durante el embarazo y los resultados adversos del nacimiento en California.
- Objetivo 2:** Evaluar la asociación de la exposición prenatal a la fracturación hidráulica (FH) y los resultados adversos del nacimiento en las comunidades urbanas y rurales en 8 condados de California donde la FH es prevalente.
- Objetivo 3:** Evaluar las posibles amenazas para el agua potable que suponen los yacimientos de petróleo y gas en el Valle de San Joaquín.
- Objetivo 4:** Caracterizar la asociación entre la exposición a largo plazo a altos emisores de metano y otras fuentes de emisiones nocivas y contaminantes del aire comunes tanto con la cefalea migrañosa como, entre los pacientes con migraña, con la gravedad del dolor de cabeza entre los pacientes con migraña; y
- Objetivo 5:** Realizar una evaluación de la equidad de la proximidad de la comunidad y la intensidad de la exposición de los grandes emisores de metano de California.

Los cinco capítulos siguientes están organizados por objetivo de estudio. Cuatro de estos análisis se han publicado o están a punto de publicarse, y uno está en proceso de revisión. Las citas de estos análisis próximos y publicados se incluyen en su capítulo correspondiente.

Los resultados de nuestros estudios epidemiológicos sobre los efectos perinatales de la proximidad a OGD y FH mostraron asociaciones positivas entre estas exposiciones y los resultados adversos del nacimiento, incluyendo las probabilidades de nacimientos pequeños para la edad gestacional y de bajo peso al nacer, así como la disminución del peso al nacer a término. En general, las estimaciones del efecto fueron más fuertes entre los nacimientos en las zonas rurales en comparación con las urbanas. Nuestro análisis espacial de las amenazas potenciales de los sitios de infraestructura de OGD mostró que los CWS que se cruzan con la infraestructura de OGD tenían menos residentes dentro del sistema por km², una menor proporción de residentes que viven dos veces por debajo de la pobreza y una mayor proporción de latinos en comparación con los CWS que no se cruzan con OGD. Los modelos mostraron que los CWS pequeños (menos de 15 conexiones) predijeron significativamente un mayor número de infraestructuras de OGD en comparación con los sistemas más grandes.

Los análisis de los grandes emisores y emisiones de metano, así como las concentraciones de otros contaminantes del aire, mostraron un aumento de las probabilidades de padecer migraña con el incremento de las emisiones de metano. Aunque no es directamente tóxico para los seres humanos, el metano se emite junto con otros contaminantes nocivos que sí amenazan la salud de las comunidades cercanas. Los resultados también mostraron un aumento de las probabilidades de padecer migraña con el incremento de los niveles de NO₂. No encontramos ninguna asociación entre los niveles de PM_{2.5} o la proximidad a los pozos de petróleo y gas y el estado de los casos de migraña. Los niveles de PM_{2.5} y el NO₂ se asociaron positivamente con los resultados de agudización de la migraña y observamos asociaciones limitadas o nulas entre las medidas continuas de las emisiones de metano y la proximidad a los pozos de petróleo y gas y la gravedad de la migraña. En nuestra evaluación de la equidad de los altos emisores de metano en California, observamos la injusticia ambiental en las ubicaciones de los altos emisores de metano y la intensidad de las emisiones para aquellos grupos de bloques con mayor proporción de residentes de color y menor participación electoral. No se observaron asociaciones con medidas de nivel socioeconómico. Algunas de estas asociaciones significativas eran no lineales.

Los resultados de estos análisis indican la importancia de caracterizar de forma holística las posibles implicaciones para la salud humana y la equidad de la explotación del petróleo y el gas, así como otros riesgos del cambio climático, incluidos los grandes emisores de metano, para garantizar que la toma de decisiones reglamentarias integre los objetivos de salud pública, sostenibilidad y justicia medioambiental. Los futuros estudios sobre los efectos en la salud de OGD en California deberán caracterizar mejor las diversas exposiciones asociadas a estas actividades (por ejemplo, la contaminación del aire y del agua, el ruido, la luz excesiva y otros factores de estrés). Además, deben estudiarse otros resultados de salud, como los respiratorios, cardiovasculares y de desarrollo. La investigación futura sobre los grandes emisores de metano se beneficiaría de un seguimiento temporal más consistente para evaluar los cambios en las tendencias de las emisiones y para caracterizar mejor las relaciones de emisión de metano y co-contaminantes. Los enfoques de modelización también pueden estimar las exposiciones agudas y crónicas a los co-contaminantes potencialmente dañinos de los grandes emisores de metano y apoyar estudios adicionales sobre sus efectos en la salud de las comunidades que viven cerca.

Antecedes y Resumen Ejecutivo Laico

Mientras California trabaja para reducir los impactos sobre la salud y el cambio climático de la explotación de petróleo y gas y otras fuentes importantes de emisiones de gases de efecto invernadero, incluidas las grandes fuentes de emisiones de metano [también conocidas como superemisores de metano (Duren et al. 2019)], hay pocos estudios californianos para tomar decisiones sobre la mejor manera de regular este tipo de riesgos ambientales. Las actividades de explotación de petróleo y gas en California y en todo Estados Unidos han suscitado preocupación por las posibles repercusiones negativas para la salud de las comunidades locales debido al aumento de la contaminación del aire, el ruido y la contaminación del agua, entre otros factores. Estas actividades incluyen métodos de extracción no convencionales, como la fracturación hidráulica o "fracking" (también denominada estimulación de pozos) que incluye la perforación horizontal y el uso a gran escala de productos químicos para liberar el petróleo y el gas del suelo.

Este problema de salud ambiental también ha ganado atención en el ámbito regulatorio debido al gran número de sitios de explotación de petróleo y gas en California, muchos de los cuales se encuentran cerca de comunidades y usos del suelo sensibles (como escuelas, parques y viviendas de ancianos) que sufren un impacto desproporcionado. California tiene grandes reservas de petróleo con pozos activos e inactivos que se encuentran cerca de zonas densamente pobladas y rurales, principalmente en las Cuencas Aéreas de San Joaquín y Los Ángeles. Los Ángeles es una ciudad única porque la producción de petróleo y gas se desarrolló al mismo tiempo que el crecimiento de la ciudad. Vivir cerca de las actividades relacionadas con el petróleo y el gas puede aumentar la exposición a las emisiones contaminantes del aire y a otros peligros asociados a las actividades de explotación de petróleo y gas (por ejemplo, uso del agua, polvo, productos químicos, ruido excesivo y luz excesiva). Los hogares que dependen de pozos de agua potable privados o de pequeños sistemas de agua potable comunitarios que dependen de fuentes de agua subterránea situadas cerca de la explotación de petróleo y gas pueden correr un mayor riesgo de contaminación del agua potable. Estudios anteriores realizados en Pensilvania, Texas y Colorado han revelado resultados adversos en los nacimientos asociados a vivir cerca de las actividades de desarrollo de gas natural no convencional (UNDG). Sin embargo, el proceso de explotación y extracción de petróleo y gas en California es diferente; la infraestructura de petróleo y gas del estado se encuentra tanto en zonas rurales como en zonas urbanas densamente pobladas. Hay una falta de estudios de salud en California y, hasta donde sabemos, ningún análisis ha examinado los impactos del desarrollo de petróleo y gas en los resultados del nacimiento, aunque varios estudios han relacionado los malos resultados del crecimiento fetal y el parto prematuro con varios contaminantes del aire (como partículas (PM), ozono, dióxido de azufre, tóxicos del aire) y la contaminación del aire relacionada con el tráfico.

Aunque los estudios han encontrado riesgos para la salud humana relacionados con las emisiones de compuestos relacionados con el petróleo asociados con la explotación del petróleo y el gas en general, hasta donde sabemos, los impactos en la salud pública asociados con vivir cerca de las actividades de petróleo y gas no han sido ampliamente estudiados en California. Además, la CARB ha identificado a los grandes emisores de metano, como los centros de producción de petróleo y gas, los vertederos, las lecherías, las refinerías y otros lugares. Por lo tanto, se necesitan análisis más detallados de la relación entre los grandes emisores de metano y los efectos agudos para la salud, así como las implicaciones de equidad de estos lugares.

Este proyecto propuso estudios que caracterizarían los impactos en la salud y la equidad ambiental entre las poblaciones vulnerables de la explotación de petróleo y gas y los altos emisores de metano en California. La meta era utilizar una base de datos desarrollada por la CARB sobre la ubicación de los grandes emisores de metano y sus emisiones de múltiples fuentes; la base de datos de la División de Recursos de Petróleo, Gas y Geotermia (DOGGR) [ahora División de Gestión de la Energía Geológica de California-Cal-GEM] sobre los pozos de petróleo y gas activos e inactivos y otros sitios de infraestructura; los registros de nacimientos del Departamento de Salud Pública de California (2006-2015); y una base de datos desarrollada por este equipo de estudio sobre la ubicación y la extensión de los sistemas de agua de la comunidad y las comunidades de pozos domésticos en California. En consecuencia, este proyecto se propuso los siguientes objetivos:

- Objetivo 1:** Examinar la asociación entre vivir cerca de todos los sitios de explotación de petróleo y gas (pozos activos e inactivos) durante el embarazo y los resultados adversos del nacimiento en California.
- Objetivo 2:** Evaluar la asociación entre la exposición prenatal a la fracturación hidráulica (FH) y los resultados adversos del nacimiento en las comunidades urbanas y rurales de ocho condados de California donde la FH está extendida.
- Objetivo 3:** Evaluar las posibles amenazas para el agua potable que suponen los yacimientos de petróleo y gas en el Valle de San Joaquín.
- Objetivo 4:** Analizar la relación entre la exposición a largo plazo a grandes emisores de metano y otras fuentes de emisiones nocivas y contaminantes del aire comunes con la cefalea migrañosa y, entre aquellos pacientes con migraña, con la gravedad de la misma; y
- Objetivo 5:** Realizar una evaluación de la equidad de la proximidad de la comunidad y la intensidad de la exposición de los grandes emisores de metano de California.

Los cinco capítulos siguientes están organizados por objetivo de estudio. Cuatro de estos análisis se han publicado o están a punto de publicarse, y uno está en proceso de revisión. Las citas de estos análisis próximos y publicados se incluyen en su capítulo correspondiente.

Los resultados de nuestros estudios epidemiológicos sobre los efectos perinatales de vivir cerca de OGD y de FH mostraron que las madres que vivían cerca de OGD y de FH tenían más probabilidades de experimentar resultados adversos en el parto, incluyendo probabilidades de nacimientos pequeños para la edad gestacional y de bajo peso al nacer, así como una disminución del peso al nacer a término. En general, la relación entre vivir cerca de actividades de OGD y de FH fue más fuerte para los nacimientos en zonas rurales que para los nacimientos en zonas urbanas. Nuestro análisis espacial de las amenazas potenciales de los sitios de infraestructura de OGD mostró que los CWS que se cruzan con la infraestructura de OGD tenían menos residentes dentro del sistema por km², una menor proporción de residentes que viven dos veces por debajo de la pobreza y una mayor proporción de latinos en comparación con los CWS que no se cruzan con OGD. Los modelos mostraron que los CWS pequeños (menos de 15 conexiones) predijeron significativamente un mayor número de infraestructuras de OGD en comparación con los sistemas más grandes.

Los análisis de los grandes emisores y emisiones de metano, así como de las concentraciones de otros contaminantes del aire, mostraron que el aumento de las emisiones de metano incrementaba la posibilidad de que se produjeran casos de migraña aunque no es directamente tóxico para los seres humanos, el metano se emite conjuntamente con otros contaminantes nocivos que sí amenazan la salud de las comunidades cercanas. Los resultados también mostraron un aumento de la probabilidad de padecer migraña con el incremento de los niveles de NO₂. No encontramos ninguna asociación entre los niveles de PM_{2.5} o la proximidad a los pozos de petróleo y gas y el estado de los casos de migraña. Los niveles de PM_{2.5} y NO₂ se asociaron positivamente con los resultados de agudización de la migraña, y observamos asociaciones limitadas o nulas entre las medidas continuas de las emisiones de metano y la proximidad a los pozos de petróleo y gas y la gravedad de la migraña. En nuestra evaluación de la equidad de los altos emisores de metano en California, observamos la injusticia ambiental en las ubicaciones de los altos emisores de metano y la intensidad de las emisiones para aquellos grupos de bloques con mayor proporción de residentes de color y menor participación electoral. No se observaron asociaciones con medidas de nivel socioeconómico. Algunas de estas asociaciones significativas eran no lineales.

Los resultados de estos análisis muestran la importancia de caracterizar de forma holística las posibles implicaciones para la salud humana y la equidad de la explotación de petróleo y gas, así como otros riesgos del cambio climático, incluidos los grandes emisores de metano, para garantizar que la toma de decisiones reguladoras integre los objetivos de salud pública, sostenibilidad y justicia medioambiental. Los futuros estudios sobre los efectos en la salud de la explotación de petróleo y gas en California deberán caracterizar mejor las diversas exposiciones asociadas a estas actividades (por ejemplo, la contaminación del aire y del agua, el ruido, la luz excesiva y otros factores de estrés). Además, deben estudiarse otros resultados de salud, como los respiratorios, cardiovasculares y de desarrollo. Las investigaciones futuras sobre los grandes emisores de metano se beneficiarían de un seguimiento temporal más consistente para evaluar los cambios en las tendencias de las emisiones y para comprender mejor las relaciones de las emisiones de metano y de los co-contaminantes. Las técnicas de modelización también pueden estimar las exposiciones agudas y crónicas a los co-contaminantes potencialmente dañinos de los grandes emisores de metano y apoyar estudios adicionales sobre sus efectos en la salud de las comunidades que viven cerca.

