



**Monitorización comunitaria de la
contaminación del aire por la
explotación de petróleo y gas:**
un relevamiento de problemas y tecnologías
Marzo de 2016

Nadia Steinzor
Coordinadora del Programa del Este
Proyecto de rendición de cuentas de la industria de
petróleo y gas de Earthworks

www.earthworksaction.org

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	3
I. LAS PIEZAS FALTANTES DEL ROMPECABEZAS DEL AIRE	5
Cantidad limitada de datos de calidad del aire	5
Normas de salud inadecuadas	6
2. LA EVOLUCIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE MONITORIZACIÓN DEL AIRE	6
Consideraciones de proyecto	6
Consideraciones de campo	7
3. TECNOLOGÍAS DE MONITORIZACIÓN	10
Muestreo activo	10
Muestreo pasivo	Error! Bookmark not defined.
Sensores	13
4. EL HORIZONTE DE LA MONITORIZACIÓN	17
5. INFORMACIÓN Y RECURSOS PARA MONITORIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE	15

Introducción

Si bien los Estados Unidos tienen un largo historial de desarrollo de la industria de petróleo y gas, el reciente aumento en el nivel de actividad ha sido rápido y empinado. Entre 2000 y 2014, más de 173.000 pozos de gas natural nuevos entraron en operación, mientras que la tasa promedio de producción de petróleo creció casi un 50%.¹ En 2014, había más de 1.1 millones de pozos activos de petróleo y gas en todo el país.²

Gran parte del desarrollo reciente se puede atribuir al boom del petróleo de esquisto (shale oil), que ha intensificado la perforación en muchos lugares y la ha introducido en otros. Cada vez más, las operaciones se han ampliado para incluir no solo los pozos propiamente dichos sino también las plantas de procesamiento y el transporte para llevar el gas y el petróleo a los consumidores. A pesar de una reducción reciente en el ritmo de exploración, la industria y los gobiernos estatales siguen haciendo planes para aumentar la explotación en los años venideros.

Esta expansión de la actividad también ha aumentado la gama de impactos potenciales para el medio ambiente y la salud. A su vez, el gran interés en la contaminación del agua potable que tomamos se ha complementado con preguntas sobre los riesgos para el aire que respiramos.

Este interés deviene en parte de la creciente atención sobre el impacto del gas natural sobre el clima, ya que se trata de metano puro, un gas de invernadero 80 veces más potente que el dióxido de carbono. Un estudio reciente estimó que entre 2002 y 2014, las emisiones de metano en los EE. UU. crecieron más del 30%, en gran parte probablemente al boom del petróleo y gas de esquisto.³ La Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos proyecta que las emisiones de metano de la industria de petróleo y gas podrían aumentar un 25% en la próxima década.⁴

Tanto las operaciones convencionales como no

convencionales de petróleo y gas utilizan procesos industriales pesados, los cuales por definición liberan una variedad de contaminantes dañinos para la salud. El inventario de emisiones aéreas de Pensilvania muestra que entre 2011 y 2013, el volumen total de compuestos orgánicos volátiles (VOC) emitido por pozos de gas no convencionales aumentó un 70% y el de benceno un 66%.⁵ En la cuenca de Uinta en Utah, los VOC emitidos por la industria de petróleo y gas aumentaron casi un 80% entre 2006 y 2012, y ahora contribuyen casi toda la contaminación de VOC en la región.⁶

Un estudio de la capa bituminosa Eagle Ford en Texas proyectó que para 2018 las emisiones de VOC podrían ser entre 200 y 450% mayores que en 2012, dependiendo del nivel de desarrollo.⁷

Las comunidades que viven en la primera línea de la explotación de petróleo y gas han sido desde hace mucho tiempo las primeras en notar el impacto del deterioro de la calidad del aire y en sonar la alarma para el público en general, las autoridades y los medios de comunicación. Estudios recientes han descubierto que los problemas de salud son más frecuentes y los niveles de riesgo más altos en las personas que viven cerca de los pozos y las plantas que para aquellos que viven más lejos.⁸

Además, los problemas de salud reportados por los residentes que viven en proximidad con los pozos y plantas de petróleo y gas frecuentemente son bastante similares. En varios estados se han realizado estudios que identificaron patrones similares entre las exposiciones potenciales y los síntomas resultantes, particularmente para problemas respiratorios, irritación de la vista y la garganta, dolores de cabeza, náuseas y estrés.⁹

Dadas estas tendencias, no es sorprendente que los residentes próximos a los campos de petróleo y gas estén haciendo preguntas básicas en todo el país. “¿Qué tiene el aire que respiro?” y “¿Por qué me está enfermando?” Sin embargo, los reguladores que supervisan la industria de gas y petróleo y los dirigentes que definen la política al respecto solo

han podido dar respuestas parciales y ambiguas.

Los residentes, organizaciones e investigadores se han hecho cargo cada vez más de la búsqueda de respuestas más definitivas. Este relevamiento describe muchos de los distintos métodos de monitorización del aire que se están usando actualmente en proyectos comunitarios para aumentar la comprensión del proceso de contaminación del petróleo y gas. También considera las razones por las que – para confrontar el aumento de las emisiones y de los problemas cada vez mayores de salud – es necesario más monitorización para comprender el impacto de la industria de petróleo y gas sobre la calidad del aire, y para garantizar que los residentes afectados obtengan la información que necesitan y merecen para proteger su salud.

I. Las piezas faltantes del rompecabezas del aire

Se han establecido científicamente los efectos de muchos de los productos químicos y contaminantes asociados con la explotación de petróleo y gas.¹⁰ Lo que no queda muy claro es como “conectar los puntos”: desde el punto A, una fuente de emisiones, al punto B, exposición a una persona, y el punto C, problemas de salud resultantes. Si bien están emergiendo rápidamente los estudios que investigan dicha conexión,¹¹ el establecimiento de un vínculo claro y directo sigue siendo difícil. Dos razones clave son la cantidad limitada de datos de calidad del aire en los pozos, equipos y plantas, y las escasas normas existentes para evaluar el impacto de la contaminación de petróleo y gas sobre la salud.

Cantidad limitada de datos de calidad del aire

Las agencias ambientales y los reguladores estatales y federales no miden regularmente en forma directa la calidad del aire alrededor de los pozos y plantas de procesamiento, si bien a veces se toman mediciones cuando se producen problemas graves o en estudios limitados.¹² Además, no existe una “línea de base” localizada de datos de calidad del aire que muestre las condiciones antes de iniciar las actividades de petróleo y gas, lo cual hace difícil identificar con certeza las nuevas fuentes y el aumento en el nivel de contaminación una vez que se haya generalizado la explotación.

Existen monitores de calidad del aire en los Estados Unidos, principalmente aquellos requeridos por la EPA y operados por los estados.¹³ Pero se encuentran principalmente en áreas pobladas para controlar la contaminación del tránsito, las usinas de electricidad y otras fuentes de contaminación en regiones más amplias. No obstante, este método de control regional generalmente no captura la contaminación en áreas más rurales, donde los pozos y la infraestructura de petróleo y gas son más preponderantes y pueden ser

la única fuente significativa de emisiones.

Además, el sistema nacional de calidad del aire mide seis “criterios de contaminantes” identificados por las Normas Nacionales de Calidad del Aire Ambiental (*National Ambient Air Quality Standards* o NAAQS) y regulados por la Ley de Aire Limpio de los EE. UU.: monóxido de carbono, monóxido de nitrógeno, dióxido de azufre, ozono, contaminación de partículas y plomo.¹⁴ Si bien estos son muy importantes, el sistema no incluye otros contaminantes asociados con las operaciones de petróleo y gas, como el metano y una serie de compuestos orgánicos volátiles (VOC).

Si bien existen límites federales para algunos contaminantes del aire peligrosos (*Hazardous Air Pollutants* o HAP), o sustancias tóxicas en el aire liberadas por las actividades industriales (por ejemplo, ácido sulfhídrico y formaldehído), los pozos de petróleo y gas y sus equipos asociados no se incluyen como fuentes regionales de contaminación del aire en la ley federal que gobierna los HAP.¹⁵ La EPA controla las tendencias de emisiones para varios HAP por medio de las Estaciones Nacionales de Tendencia de Sustancias Tóxicas en el Aire (*National Air Toxics Trends Stations* o NATTS) instaladas a lo largo de los EE. UU., pero muy pocas de estas están en áreas de explotación de petróleo y gas.¹⁶

Incluso cuando se hace un inventario de emisiones, es posible que solo incluya datos para algunas partes de la industria de petróleo y gas. Por ejemplo, el inventario realizado en Pensilvania (desde 2011) se limita a pozos no convencionales y no incluye información sobre emisiones de ciertas actividades (como perforación y puesta en marcha de pozos).¹⁷

Según un informe de 2013 del Inspector General de la EPA sobre el Inventario nacional de emisiones (*National Emissions Inventory* o NEI), 35 estados habían presentado datos de

emisiones de la producción de petróleo y gas (es decir, para pozos y plantas específicas), pero solo 9 habían presentado datos para fuentes no puntuales (es decir, los diversos equipos utilizados en el proceso de explotación).¹⁸ El informe concluyó que “como tan pocos estados presentaron datos para este sector, creemos que el NEI subestima probablemente las emisiones de petróleo y gas. Esto afecta la capacidad de la EPA para evaluar en forma precisa los riesgos y el impacto sobre la calidad del aire de las actividades de producción de petróleo y gas”.¹⁹

Cuando los operadores de petróleo y gas solicitan permisos para instalar estaciones compresoras, plantas de procesamiento y otras instalaciones, basan sus cálculos de emisiones de aire en volúmenes estimados. Pero solo después de que las plantas comienzan a operar se puede medir la cantidad real de emisiones (si los estados exigen a los operadores que lo hagan), dando lugar posiblemente a una subestimación de los datos de contaminación. En un estudio realizado en 2013, RAND Corporation encontró que cuando las estaciones compresoras de Pensilvania funcionan por debajo de su capacidad nominal, el nivel de emisiones cae al límite inferior estimado, pero cuando no es así, las emisiones reales son mayores que los volúmenes declarados en las solicitudes de permiso.²⁰

Más aún, los inventarios de emisiones estatales y de la EPA recogen datos en términos de volumen total (en toneladas) emitido en el curso de varios meses o un año. No se miden los niveles de emisión para distintas horas del día o la semana, y no se informan en términos de concentración de un contaminante. Sin embargo, esta información es necesaria para comprender el momento y la intensidad de la contaminación, y el nivel de exposición que puede causar problemas de salud.

Por otro lado, los datos estatales no reflejan los impactos localizados sobre la calidad del aire y la salud experimentados por muchos residentes. Un estudio de RAND Corporation realizado en 2013 demostró que en los condados de Pensilvania donde se concentran las operaciones de gas y petróleo, las emisiones de NOX (óxido de nitrógeno) eran 20 a 40 veces mayores que los niveles equivalentes de fuentes de emisión

“mayores” (una clasificación usada para el otorgamiento de permisos para grandes plantas pero no para pozos).²¹

Los niveles de contaminación varían en las distintas fases de explotación (como perforación, fracturación, producción o procesamiento) y pueden aumentar considerablemente durante eventos de liberación de gases o combustión en los pozos, descarga de líquidos durante la producción, y purgado para reducir la presión en las estaciones compresoras. La industria reconoce la naturaleza fluctuante de la contaminación debido a eventos tales como el purgado, que pueden durar varias horas pero son más intensos en los primeros 30 a 60 minutos.²²

Las investigaciones emergentes sobre la salud ambiental confirman que los eventos de emisión episódicos pueden causar efectos de salud inmediatamente o en 1 a 2 horas, en su mayor parte debido a que la toxicidad es determinada por la concentración de un producto químico y la intensidad de la exposición.²³ En consecuencia, los niveles de emisión promedio a largo plazo no pueden por sí solos brindar una imagen completa de la exposición.

Normas de salud inadecuadas

La gente que vive cerca de los pozos y las plantas de gas en forma cotidiana, como también los trabajadores en esos lugares de trabajo, frecuentemente se exponen a múltiples sustancias tóxicas en forma simultánea y crónica a largo plazo. Sin embargo, esta experiencia no se ve reflejada en las normas de salud utilizadas por las agencias para determinar el impacto de las sustancias químicas y su seguridad relativa o riesgo de exposición a las mismas. Los reguladores y las agencias de salud han creado estas normas ensayando sustancias químicas individuales y su “seguridad” en casos de exposiciones únicas (generalmente por 8 horas).²⁴

La mayoría de las evaluaciones del riesgo de exposición a una sustancia en particular se realizan con adultos saludables, de manera que el impacto sobre poblaciones más vulnerables,

como niños, ancianos y aquellos con condiciones preexistentes se puede subestimar. Además, las evaluaciones de riesgo para muchas sustancias químicas usan una dosis alta como punto de partida para calcular los niveles a los que se pueden observar efectos negativos, reduciendo potencialmente el riesgo de dosis bajas de sustancias químicas múltiples.²⁵ Un estudio realizado en 2012, por ejemplo, demostró que las sustancias químicas que perturban el sistema endócrino (sistema hormonal) pueden tener efectos distintos pero aun así dañinos a dosis menores que las dosis más altas, concluyendo que hacen falta cambios fundamentales en los ensayos de sustancias químicas y protocolos de seguridad para proteger la salud humana.²⁶

Un artículo de 2015 sobre las sustancias que perturban el sistema endócrino concluyó que para poder determinar los riesgos de exposición es necesario comprender lo que ocurre cuando interactúan y se mezclan múltiples sustancias químicas.²⁷ Tal como lo resume la Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades

(*Agency for Toxic Substances and Disease Registry*), “la mayor parte de los análisis toxicológicos se realiza sobre sustancias químicas individuales, pero la exposición humana rara vez se limita a una sola sustancia... Un tema que hay que investigar en particular es si una mezcla de componentes, cada uno de los cuales está presente a una concentración menor que la indicada en las pautas, puede ser peligrosa debido a la suma de efectos, interacciones, o ambos”.²⁸

Por último, no existen normas sobre los efectos para la salud de la mayoría de las 187 sustancias tóxicas o contaminantes aéreos peligrosos que se sabe o sospecha que causan cáncer y otros efectos graves para la salud.²⁹ Un estudio sobre sustancias tóxicas efectuado por la Escuela de Salud Pública de la Universidad de California en Berkeley concluyó que “la falta de datos de monitorización sistemáticos... hace difícil determinar hasta qué punto la exposición ambiental crónica a HAPs de bajo nivel podría afectar la salud humana”.³⁰

2. La evolución de la tecnología de monitorización del aire

Las tres tendencias descritas precedentemente se combinan para impedir una evaluación genuina de la contaminación del aire y su impacto para la salud en las áreas de explotación de petróleo y gas: falta de monitorización sistemática del aire en tiempo real cerca de las operaciones; brechas significativas en la información sobre emisiones de aire, tanto a nivel estatal como federal; y normas limitadas sobre el efecto de dichos contaminantes sobre la salud que permitan juzgar el riesgo experimentado por los residentes.

La falta de acción por parte de las agencias reguladoras estatales y federales para llenar estas grandes brechas de conocimiento e información ha motivado a comunidades, investigadores, activistas y profesionales de la salud a iniciar sus propios proyectos de monitorización del aire.

Dichos proyectos se basan en una metodología inherentemente distinta que la utilizada en la monitorización tradicional de la calidad del aire. En vez de enfocarse en medir una serie establecida de contaminantes a escala estatal o regional, tratan de identificar los contaminantes emitidos a nivel de una comunidad (o incluso de un hogar). En lo posible, se realizan asociaciones entre los datos del aire y los síntomas de salud reportados por los residentes que viven en proximidad a fuentes específicas de contaminación.

Más aún, estos proyectos se proponen entregar sus conclusiones directamente a los residentes afectados y forzar una respuesta por parte de los reguladores, dirigentes y la industria para ayudar a reducir la contaminación del aire debida a las operaciones de petróleo y gas. Estas dos motivaciones han impulsado los proyectos de medición de contaminación del aire y sondeo de salud de Earthworks en varios estados.³¹ El objetivo doble de respaldar a la comunidad y provocar una respuesta por parte de los reguladores es el motivo por el cual Earthworks documenta las emisiones en el aire de pozos y plantas usando una cámara

infrarroja de avanzada.³²

Las siguientes secciones se basan en gran medida en la experiencia y las observaciones de Earthworks sobre las mediciones de contaminación de aire en el campo, como también en las investigaciones sobre las metodologías adoptadas (y dificultades encontradas) por otros proyectos basados en la comunidad.

Consideraciones de proyecto

Los proyectos de monitorización del aire en la comunidad se han ejecutado bajo distintas circunstancias en áreas diferentes de explotación de petróleo y gas. No obstante, ha emergido una serie de factores a considerar para diseñar un proyecto.

Objetivo primario. La tecnología seleccionada y el programa de mediciones quedarán determinados en gran medida por el objetivo propuesto para el proyecto desde el comienzo. Por ejemplo, si uno quiere analizar ampliamente qué contaminantes hay en el aire; identificar las concentraciones cerca de un lugar, equipo o fase de actividad en particular; o tratar de detectar contaminantes específicos asociados con olores o síntomas para la salud reportados por los residentes vecinos.

Costo. Los presupuestos frecuentemente determinan el alcance y tipo de monitorización realizada por las organizaciones sin fines de lucro, grupos comunitarios, residentes e instituciones académicas. El costo de comprar y operar los monitores puede influir en la selección de una tecnología en favor de otra, hasta qué punto se despliegan en un área geográfica en particular y la frecuencia de ensayo.

Facilidad de uso. Si bien es necesario un cierto nivel de capacitación para usar cualquier tipo de equipo, la selección de una tecnología de

monitorización en particular debería tener en cuenta si personas sin conocimientos o destrezas técnicas avanzadas pueden comprenderla, instalarla y utilizarla.

Momento de utilización. Es más probable que se detecte la contaminación del aire cuando las fuentes potenciales están emitiendo (por ejemplo, durante la producción o cuando las estaciones compresoras se encuentran en operación). Pero los operadores no publican sus horarios y algunos eventos ocurren súbitamente (por ejemplo, una liberación accidental o el relleno de un pozo de desperdicios). Los residentes vecinos y visitas al sitio pueden ayudar a identificar cuando se están realizando las operaciones, por ejemplo debido a los olores, el ruido y el tráfico. La captura de imágenes infrarrojas también puede detectar si se están produciendo emisiones en un momento dado.

Tiempo de respuesta. Algunas de las liberaciones más grandes de emisiones pueden suceder durante eventos específicos (como combustión o descarga). La captura de estos eventos requiere tecnología instalada en el sitio mismo o almacenada cerca para poder desplegarla rápidamente en el lugar, como también gente disponible para realizar una prueba sin previo aviso. En contraste, la monitorización de las operaciones normales se puede planificar con tiempo y los participantes o coordinadores que tienen que viajar al lugar de las pruebas la pueden realizar en un horario prefijado.

Frecuencia y alcance. Las condiciones de los lugares que se quieren monitorizar varían considerablemente y frecuentemente son impredecibles. En consecuencia, puede ser necesario realizar pruebas con suficiente frecuencia como para aumentar la probabilidad de detectar los contaminantes e identificar las tendencias. También puede ser necesario instalar sistemas de monitorización múltiples en un área más extendida (por ejemplo, en los distintos costados de un pozo o planta de procesamiento) para poder capturar las emisiones de distintos lugares en distintos momentos.

Parámetros químicos. Los crecientes conocimientos científicos sobre la contaminación del aire debido a las operaciones de petróleo y gas,

³³ junto con el conocimiento de los contaminantes emitidos por una planta industrial, hacen posible realizar pruebas de detección de los contaminantes que probablemente estén presentes. Como se describe a continuación, algunas tecnologías solo pueden detectar uno o algunos parámetros, mientras que otras permiten analizar una amplia gama de gases y VOC.

Tipo de análisis. Para el caso de tecnologías que dependen de análisis de laboratorio, la organización o comunidad selecciona las sustancias a medir. Esta decisión probablemente sea gobernada por los objetivos del proyecto, si bien el presupuesto también puede ser un factor (cuanto más parámetros se analicen, mayores serán los costos). Es importante que el laboratorio tenga equipos lo suficientemente sensibles como para detectar las sustancias químicas a una concentración baja, para poder reducir al mínimo la “falta de detección”, si bien las sustancias estaban presentes en el aire. El nivel mínimo de detección (*Minimum Detection Level* o MDL) y el límite de informe del método (*Method Reporting Limit* o MRL) deben ser menores que las normas de salud o de calidad de aire que existen para los contaminantes seleccionados.³⁴

Consideraciones de campo

La monitorización del aire puede ser compleja y difícil. Hay que considerar varios factores para aumentar al máximo la probabilidad de detectar contaminantes y obtener datos útiles. Algunos de estos factores (como el clima) son relevantes para todos los proyectos, mientras que otros dependen de la tecnología seleccionada y los protocolos del proyecto.

Fuente. La explotación de petróleo y gas comprende múltiples pozos, equipos y plantas en la misma región. Estas “fuentes regionales” liberan emisiones que se combinan; también hay muchas fuentes de “emisiones fugitivas” debido a grietas, fugas y sellos con pérdidas en las tuberías o equipos.³⁵ Debido a ello, puede no ser posible identificar el origen exacto de las

emisiones que se detectan.

Acceso. En algunos lugares es posible llegar bastante cerca de los pozos, equipos y plantas, sin ingresar en la propiedad. En otras situaciones, el ingreso a las instalaciones puede estar protegido por caminos con acceso vedado o ser virtualmente invisibles (por ejemplo, en la base de una colina empinada o detrás de árboles). La documentación que acompañó la solicitud del permiso, los programas de trazado de mapas, las imágenes satelitales y los contactos locales pueden ayudar a identificar el lugar y cómo acceder a fuentes específicas de contaminación. A su vez, esta información puede ayudar a determinar un buen lugar para realizar las mediciones.

Distancia. La distancia entre el lugar donde se toman las muestras de aire y la fuente de emisiones depende de lo que uno esté tratando de medir. Si el objetivo primario es demostrar una asociación entre unos sitios en particular y los síntomas de salud reportados, lo mejor es hacer las mediciones lo más cerca posible de la fuente de contaminación y los hogares afectados. Pero si el objetivo es determinar una tendencia más generalizada de contaminación por múltiples fuentes, puede ser preferible conservar una distancia más grande. Además, hay que tener en cuenta la posibilidad de acoso por parte del personal de la planta y la necesidad de trabajar sin ser vistos por los operadores.

El clima y el viento. Según la EPA, la cantidad de tiempo que un contaminante puede ser detectado en el aire “depende de su reactividad con otras sustancias y su tendencia a depositarse en una superficie; estos factores están gobernados por la forma del contaminante (es decir, el compuesto químico) y las condiciones climáticas, como temperatura, luz solar, precipitación y velocidad del viento”.³⁶ Por lo tanto, es importante tener en cuenta el clima al decidir dónde y cuándo medir los contaminantes.

Por ejemplo, la materia particulada se puede mover más lentamente cuando está nublado y el clima es calmo, mientras que los VOC tienden a dispersarse rápidamente cuando hay mucho viento. La fuente de las emisiones también puede influir en cómo se

mueve el contaminante; por ejemplo una emisión de material caliente de una chimenea puede ascender más rápido en el aire que las fugas de tuberías. Es importante verificar la dirección del viento y colocar los equipos de monitorización o muestreo de manera que sea más probable que los contaminantes se dirijan hacia el equipo y no en la dirección contraria.

Topografía. Uno de los factores más variables en las áreas de desarrollo de petróleo y gas es el paisaje propiamente dicho. Como se describió previamente, el viento determina en gran parte cómo se transportan los contaminantes por el aire; el viento, a su vez, puede ser afectado por la topografía. En general, el viento mueve el aire en forma directa en llanuras o campos llanos y abiertos; cambia de velocidad y dirección alrededor de montañas y colinas; se hunde en los valles; y puede ser bloqueado por árboles y vegetación. Una evaluación completa de los efectos topográficos requiere la elaboración de modelos, cosa que puede estar fuera del alcance de muchos proyectos comunitarios.³⁷ No obstante, sigue siendo beneficioso considerar las características del paisaje al seleccionar el lugar donde se van a medir los contaminantes.

Duración de la prueba. Algunos equipos de monitorización solo se pueden usar por periodos predeterminados de tiempo, mientras que otras tecnologías están diseñadas para monitorización continua. El método de medición utilizado puede depender de una combinación de los objetivos del proyecto y las circunstancias imperantes. Por ejemplo, si se intenta detectar la contaminación durante un evento breve e intenso de descarga o combustión, la toma de muestras durante varios minutos puede ser suficiente. Si se trata de hacer el seguimiento de contaminación que está siempre presente alrededor de las operaciones industriales, puede ser necesario medir por varias horas o días para capturar emisiones intermitentes. Si hay que dejar el equipo instalado en el campo, será necesario contar con lugares de medición seguros.

Interferencia. Si bien una buena parte del desarrollo de petróleo y gas se produce en áreas rurales o suburbanas, con poca actividad industrial, es probable que haya también otras

fuentes de contaminación presentes (como caminos). Como estas otras fuentes pueden afectar la conexión entre los resultados de las pruebas y una fuente específica de contaminación, una medición “de base” antes de que entre en operación un pozo o planta puede proporcionar datos para comparar con pruebas de aire posteriores. Sin embargo, aun cuando esto no sea posible, ciertos contaminantes provienen solamente de actividades industriales (no del hogar o agrícolas), así que sigue siendo posible establecer una asociación con las fuentes de petróleo y gas.

3. Tecnologías de monitorización

Dado que hay cientos de contaminantes conocidos e innumerables circunstancias donde se pueden medir, es lógico que existan muchas tecnologías de monitorización diferentes. A medida que crece el interés por nuevas fuentes de contaminación, se van creando o adaptando equipos nuevos.

El uso extendido de monitores sofisticados y altamente técnicos puede sin duda ayudar a identificar impactos locales y regionales sobre el aire en regiones de explotación de petróleo y gas, y los datos resultantes podrían ayudar a las comunidades a comprender mejor sus exposiciones potenciales y riesgos para la salud. No obstante, esta sección no se ocupa de los diversos tipos de equipos complejos (y caros) usados por los operadores, reguladores y algunas instituciones académicas.³⁸

En vez, la siguiente discusión se concentra en las tecnologías principales utilizadas actualmente por, o creadas para, proyectos comunitarios. Estas representan un esfuerzo por utilizar equipos capaces de medir contaminantes asociados con la explotación de petróleo y gas, que son al mismo tiempo, económicamente accesibles, fáciles de obtener y prácticos para una gama de situaciones en el campo.

Todos los métodos descritos tienen ventajas y desventajas. En la actualidad no hay una “bala de plata”, es decir un método de medición o metodología que pueda caracterizar por completo la contaminación de campos de petróleo y gas. Las comunidades se enfrentan con condiciones particulares, y tienen sus propias razones para realizar proyectos de monitorización, mientras que los investigadores quizás quieran detectar contaminantes específicos. Según el Proyecto de Salud Ambiental del Suroeste de Pensilvania (*Southwest Pennsylvania Environmental Health Project*), los datos de contaminación del aire reportados por los estudios varían, precisamente debido a las dificultades inherentes de monitorización y porque “no hay un único método de muestreo que pueda capturar todos los datos esenciales”.³⁹

Muestreo activo

El muestreo activo depende de una válvula, bomba u otro mecanismo para extraer aire y depositarlo en un tubo de muestras, que después se analiza para detectar la presencia y concentración de contaminantes específicos. El muestreo activo representa un “momento en la vida”, es decir que captura solo los contaminantes que están presentes cuando se toma la muestra.

Se pueden detectar muchos contaminantes; la comunidad u organización decide cuáles incluir en el análisis realizado por el laboratorio.

Recipientes electropulidos (*Summa Canisters*)

Un recipiente electropulido (en inglés, *Summa Canister*) es una vasija de acero inoxidable que ha sido revestida especialmente interna y externamente para prevenir la contaminación. Estos recipientes se usan para recolectar muestras de “aire completo” de VOC y gases permanentes (como nitrógeno o metano). Funcionan por vacío; es decir, una vez abierto, el recipiente captura el aire y la presión interna cae a medida que se recoge la muestra. Se pueden alquilar estos recipientes electropulidos de laboratorios certificados por agencias ambientales estatales o federales. Los laboratorios precalibran los recipientes (por medio de una válvula asociada de control de flujo) dependiendo de la cantidad de tiempo que el cliente quiere medir: desde una “muestra puntual” de un minuto hasta un máximo de 24 horas. El análisis de pruebas realizadas por periodos más largos presentará los datos en términos de concentraciones promediadas en el tiempo, alisando los picos; esto puede subestimar los niveles de contaminación presentes en ciertos momentos. Los recipientes electropulidos tienen la ventaja de que son suministrados y analizados por laboratorios, y al mismo tiempo son relativamente fáciles de usar leyendo instrucciones escritas o con una capacitación simple. Las agencias reguladoras frecuentemente usan recipientes electropulidos y los aceptan

como un método de ensayo confiable.

Como los recipientes tienen que ser adquiridos y enviados desde laboratorios, las mediciones se tienen que planificar por adelantado y es difícil responder rápidamente a eventos de contaminación súbita y breve. La mayoría de los gases pueden permanecer estables dentro de los recipientes por varios días, así que hay cierta flexibilidad en cuándo realizar la prueba y enviar la muestra al laboratorio para análisis. No obstante, este no es el caso para compuestos de azufre (como los mercaptanos o el ácido sulfhídrico) que tienen tiempos de retención muy breves y deben ser analizados por el laboratorio dentro de 24 horas de haber sido recolectados.

Los recipientes electropulidos han sido utilizados por organizaciones, grupos comunitarios e investigadores para realizar mediciones en áreas de petróleo y gas. Muchos laboratorios los ofrecen, pero Earthworks y sus organizaciones aliadas han dependido de ALS en Simi Valley CA (www.alsglobal.com). En 2015, el alquiler de un solo recipiente para analizar metano y la serie de VOC incluida del método “TO-15” de la EPA costaba alrededor de 300 dólares.

Bolsas Tedlar

Las bolsas fabricadas con Tedlar, un plástico pesado y durable, se usan ampliamente para muestro en la industria química y de gas. Pueden recolectar muestras de “aire integral” de gases permanentes (como nitrógeno y metano), compuestos de azufre (como mercaptanos y ácido sulfhídrico) y VOC. Las bolsas Tedlar tienen que colocarse en algún tipo de recipiente, combinado con una bomba. Se genera un vacío dentro del recipiente donde se va a recoger la muestra, lo cual obliga a la bolsa a expandirse y captar una muestra de aire.

Los proyectos en áreas de petróleo y gas han utilizado “cubetas” creadas y suministradas por Global Community Monitor o “pulmones” que se pueden alquilar de laboratorios. Una vez tomada la muestra, la bolsa se saca del recipiente, se sella y se envía a un laboratorio certificado para análisis.

Las bolsas Tedlar se pueden usar para obtener muestras durante algunos segundos a varios minutos. Son más eficaces cuando se sabe que los pozos o plantas están emitiendo (lo cual se puede detectar por el olor o el ruido). Por otro lado, si se detectan contaminantes, es probable que se midan concentraciones más altas, porque apenas se promedian, en contraste con ensayos de mayor duración. Las bolsas para recoger muestras tienen la ventaja de que son relativamente fáciles de usar leyendo instrucciones escritas o con una capacitación simple. Si se adquieren de una organización, los residentes o grupos locales las pueden guardar por periodos prolongados, lo cual les permite responder rápidamente a eventos súbitos (como purgado o incendio en un pozo). No obstante, los gases no permanecen estables en las bolsas Tedlar por mucho tiempo, así que hay que enviar las muestras al laboratorio rápidamente (dentro de 24 a 72 horas, dependiendo del tiempo de retención del compuesto que se está analizando).

Las bolsas Tedlar han sido utilizadas por organizaciones, grupos comunitarios e investigadores para realizar mediciones en áreas de petróleo y gas. Global Community Monitor ayuda a las comunidades a organizar una “cadena de voluntarios” para usar bolsas Tedlar y otros métodos de muestreo (<http://www.gcmmonitor.org/communities/start-a-bucket-brigade>). Se pueden obtener “pulmones” de muestra e instrucciones de los laboratorios ALS en Simi Valley CA, www.alsglobal.com. En 2015, un recipiente de muestreo para análisis de compuestos de azufre costaba \$75, más \$15 para una bolsa Tedlar de un litro.

Kit de formaldehído de Public Lab

El Laboratorio Público para Tecnología Abierta y Ciencias (*Public Lab*) es una comunidad global de personas que desarrollan y utilizan herramientas de “código abierto” para investigaciones medioambientales. Public Lab crea herramientas económicas y accesibles de bricolaje que se pueden utilizar fácilmente en el campo, incluyendo áreas de explotación de petróleo y gas.

El kit de formaldehído de Public Lab es una combinación de tubos plásticos de muestreo para detectar el contaminante y una bomba básica para crear una corriente de aire. Public Lab está trabajando actualmente con un grupo comunitario en Pensilvania para ejecutar un proyecto piloto de medición de formaldehído utilizando el kit de bricolaje y un detector de gas con un sensor portátil.⁴⁰ Una vez obtenidas, las muestras se analizan en el lugar.

Muestreo pasivo

El muestreo pasivo, o difuso, se basa en la difusión, o flujo y mezclado, de aire. Esto promueve la captación de contaminantes sobre la superficie de material aporoso, que después se puede analizar para detectar la presencia y concentración de contaminantes específicos. Dependiendo de la tecnología utilizada, los dispositivos de muestreo pasivo pueden adquirir muestras de aire por varios minutos, horas o días.

El muestreo pasivo representa un “momento en la vida”, es decir que captura solo los contaminantes que están presentes cuando se toma la muestra. El análisis se realiza en un laboratorio, y la concentración química se promedia durante el periodo de muestra. Los dispositivos de muestreo pasivo generalmente se calibran para detectar contaminantes únicos.

Placas sensoras

Las placas sensoras son una tecnología disponible comercialmente para relevar los contaminantes en un área específica. Son pequeñas y se pueden desplegar fácil y discretamente colgándolas en una persona u objeto estacionario, como un árbol o cerca. No obstante, como están expuestas directamente al medio ambiente, el clima puede afectar su funcionamiento.

En las áreas de desarrollo de petróleo y gas, se han utilizado placas sensoras para detectar compuestos que no se pueden capturar por otros métodos económicamente. Por ejemplo se han usado placas de formaldehído en combinación con placas de formaldehído en cinco estados como parte de un estudio más amplio de contaminación debido a

pozos y plantas.⁴¹ El Grupo contra el Smog y la Contaminación (*Group Against Smog and Pollution* o GASP) en Pensilvania usó placas de formaldehído en combinación con recipientes electropulidos como parte de un programa para suministrar datos del aire a los residentes que detectaban olores y tenían síntomas de salud.⁴²

Muchas compañías venden placas sensoras para distintos compuestos. ACS badge vende placas de formaldehído para detectar compuestos BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno y xileno) por \$39 cada una (<http://acsbadge.com/residential.shtml>). ALS en Simi Valley, CA vende placas UMEX de formaldehído en juegos de 10 por \$25 cada una, más \$85 para el análisis; www.alsglobal.com. SKC, Inc. vende juegos de 10 placas de formaldehído para detectar UMEX por \$159; <https://www.skcinc.com>. Assay Technology vende placas TraceAir en juegos de 5 por \$200 a \$300 incluyendo el análisis de 1 a 4 compuestos, o \$500 para analizar una serie de 25 sustancias químicas; <http://www.assaytech.com>.

Muestreo por tubo

Este tipo de dispositivo de muestreo por difusión está confeccionado con plástico de polipropileno poroso y material que puede adsorber un contaminante específico. Por ejemplo, los tubos para detectar H₂S se revisten con acetato de zinc, los tubos para VOC se revisten con carbono y los tubos para detectar formaldehído se revisten con dióxido de silicio.⁴³

Los tubos sorbentes se fabrican para ser utilizados en conjunto con una bomba de circulación de aire. El tubo Radiello está ubicado dentro de un cartucho y se puede usar como dispositivo de muestreo pasivo para monitorización de aire al exterior, y puede detectar VOC, BTEX, H₂S, ozono y varios otros contaminantes. Han sido utilizados en proyectos comunitarios de ensayo de aire en áreas de explotación de petróleo y gas en Wyoming y Texas.

Varias compañías pueden suministrar tubos Radiello. Por ejemplo, Sigma Aldrich vende paquetes de 20 cartuchos para detectar H₂S o VOC/BTEX por alrededor de \$300, más \$50 por muestra para análisis;

<http://www.sigmaaldrich.com>. También se pueden obtener de ALS en Simi Valley, CA por \$30 cada uno, más \$50 por muestra para análisis; www.alsglobal.com.

Dispositivos de muestro de OSU

La Universidad Estatal de Oregón (*Oregon State University* u OSU) y la Universidad de Cincinnati están instalando actualmente dos tipos de dispositivos de muestreo pasivo para medir hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) en una comunidad de Ohio con una explotación intensa de gas de esquisto.⁴⁴ Ambos fueron diseñados y calibrados por investigadores del Departamento Medioambiental y de Toxicología Molecular de OSU.

Uno de los dispositivos se compone de tiras de plástico de polietileno de baja densidad (LDPE) con una carcasa metálica, y puede detectar más de 60 PAH. Fueron instalados en casas cercanas a los pozos y plantas de gas por 3 a 4 semanas. Los residentes recolectaron las muestras y las enviaron a un laboratorio para análisis.⁴⁵

Según la EPA, para evaluar el impacto de la contaminación del aire sobre la salud, es útil que la gente “use los dispositivos para medir la calidad del aire a medida que realizan sus tareas cotidianas. En el futuro, la gente podría controlar su propia exposición al aire contaminado para ayudarle a tomar decisiones médicas”.⁴⁶ El segundo dispositivo de muestreo de OSU, una pulsera a base de siliconas, es en respuesta a este método de investigación de exposición personal.⁴⁷ La pulsera forma parte actualmente de un kit de monitorización que incluye un teléfono móvil para medir la ubicación y un espirómetro para medir la función pulmonar.⁴⁸

Detectores de Public Lab

El Laboratorio Público para Tecnología Abierta y Ciencias (*Public Lab*) es una comunidad global de personas que desarrollan y utilizan herramientas de “código abierto” para investigaciones medioambientales. El proyecto crea herramientas económicas y accesibles de bricolaje que se pueden usar fácilmente en el campo. Public Lab está desarrollando dos tecnologías para medir

contaminantes tóxicos que afectan gravemente la salud, pero que no han sido medidos ampliamente en las áreas de exploración de petróleo y gas.

Uno usa papel fotográfico para visualizar el gas neurotóxico ácido sulfhídrico (H₂S). El papel fotográfico contiene un halogenuro de plata, que se mancha cuando se expone a H₂S y cambia de color en función del nivel de exposición a H₂S. A la fecha, Public Lab ha ensayado los recipientes en Nuevo México, Wyoming y Texas.⁴⁹ El kit para medir H₂S está diseñado para que cualquiera que tenga acceso a un cuarto oscuro lo pueda armar. Un equipo de la Universidad Northeastern (*Northeastern University*) utiliza este método para identificar puntos activos de gases corrosivos y está investigando maneras para basar este método en análisis cuantitativo. Para obtener más información, visite el sitio web de Public Lab (<https://publiclab.org>) o envíe un mensaje a la líder del equipo Sara Wylie a s.wylie@neu.edu.

Además, Public Lab está desarrollando actualmente un dispositivo de muestreo pasivo y bajo costo para materia particulada, que se construye dentro de un disco de vidrio con una malla y un portamuestras de microscopía electrónica de barrido (*Scanning Electron Microscopy* o SEM). Se está ensayando actualmente cerca de las minas de arenas de esquisto en Wisconsin.⁵⁰

Sensores

Los sensores de calidad del aire usan cierto tipo de alojamiento para instalar sensores capaces de detectar distintos contaminantes. Se basan en óxidos metálicos o materiales similares, y detectan cambios en resistencia o luz cuando un gas o partícula reacciona con la superficie del sensor. Según la EPA, “la nueva generación de sensores de calidad del aire económicos y altamente portátiles brinda una oportunidad interesante para que la gente use esta tecnología para una amplia gama de aplicaciones, más allá de la monitorización tradicional por parte de agencias

reguladoras o equivalentes”.⁵¹

Los sensores que se describen aquí se están utilizando o ensayando en áreas de explotación de petróleo y gas por investigadores y organizaciones sin fines de lucro, a veces en colaboración con instituciones académicas que calibran los sensores y analizan los datos. Un desafío fundamental de este tipo de tecnología es el desarrollo de sensores que sean suficientemente sensibles para detectar concentraciones fluctuantes de VOC y otros contaminantes y al mismo tiempo sean económicamente accesibles.

Los monitores basados en sensores están diseñados para funcionar en forma continua y detectar concentraciones variables de contaminantes a lo largo del tiempo. Esto permite detectar picos en los niveles de contaminación, y comparar los datos con eventos que ocurren en un pozo o planta en particular o con exposiciones potenciales para la salud. Los datos se cargan en una plataforma en línea o con una aplicación móvil.

Los sensores se pueden instalar y operar fácilmente. Se pueden alojar de tal manera de que su instalación sea discreta (por ejemplo, se puede parecer a un buzón o pajarera); también hay dispositivos de mano. Los sensores se pueden usar individualmente o como parte de una red (por ejemplo, varios rodeando la planta de interés). No obstante, generalmente requieren una fuente de alimentación y conocimientos técnicos para analizar los datos resultantes.

Cuando se usan sensores de aire, es importante verificar si el funcionamiento de una tecnología en particular puede ser afectado por ciertas condiciones climáticas, como alta humedad, lluvia o nieve, incidencia solar o polvo excesivo. También es posible que haya que calibrar los sensores repetidamente para evitar “deriva” o la pérdida de respuesta con el tiempo que puede resultar en una medición inexacta de la concentración del contaminante.⁵²

Monitor Speck

El monitor Speck mide materia particulada fina (PM2.5). Fue desarrollado por el Laboratorio CREATE de la Universidad de Carnegie Mellon

como monitor económico de calidad del aire interior. Ha sido utilizado en los campos de petróleo y gas a la fecha principalmente por el Proyecto de Salud Ambiental del Suroeste de Pensilvania, que ha instalado más de 250 monitores en hogares de Pensilvania, Ohio, West Virginia y Nueva York.⁵³

Si bien el detector Speck solo mide un contaminante, los cambios en PM2.5 también pueden indicar fluctuaciones de VOC, que se pueden adherir a las partículas. Al transportar sustancias químicas al pulmón y potencialmente al torrente sanguíneo, la materia particulada puede aumentar potencialmente la dosis de una o múltiples sustancias químicas.

Los detectores Speck pueden medir PM2.5 en forma continua por alrededor de un mes. Sin embargo, si se conectan con specksensor.com por medio de una conexión WiFi, los detectores pueden cargar datos por un periodo ilimitado de tiempo. Los usuarios pueden decidir si los datos se mantienen privados o si se pueden ver públicamente, por ejemplo como parte de un proyecto comunitario de monitorización, donde los residentes pueden ver y comparar las exposiciones.

Los detectores Speck se pueden usar al exterior y al interior. Cuando se usan al interior, puede ser útil que los participantes realicen una evaluación de exposición del hogar para poder identificar actividades que no están relacionadas con la explotación de petróleo y gas. Los monitores Speck cuestan alrededor de \$200. Se puede obtener más información en <https://www.specksensor.com/>.

Monitor Dylos

Dylos Corporation ha desarrollado varios modelos de monitores de calidad del aire interior que pueden medir materia particulada desde 0.5 a 2.5 micrones. Los monitores Dylos registran sus detecciones en forma continua, pero solo se pueden grabar datos por 24 horas antes de que haya que cargarlos.

Breathe Easy Susquehanna County (BESC) [Respirar bien en el condado de Susquehanna] en

Pensilvania está usando actualmente monitores Dylos para detectar cambios en la calidad del aire cerca de plantas de gas. BESC y Reducing Outdoor Contaminants in Indoor Spaces (ROCIS) [Reducir contaminantes exteriores en espacios interiores] están midiendo la calidad del aire usando una combinación de Dylos (que pueden detectar partículas finas) y Speck (que pueden funcionar por más tiempo).

Además, los monitores Dylos serán utilizados en un estudio de exposición del aire y la salud en Lost Hills, California, en un proyecto de Clean Water Action [Acción para el agua limpia], Earthworks, Kern Environmental Enforcement Network [Red de cumplimiento medioambiental en Kern] y el Departamento de Salud Pública de California. Para este proyecto, los investigadores de la Universidad de Washington han adaptado los Dylos para que funcionen con sus propios circuitos, conectividad celular y sistemas de gestión de datos. También están usando un detector de fotoionización (*photo ionization detector* o PID) a medida para medir en forma continua los VOC totales en Lost Hills.

Cuando se usa el detector Dylos al interior, quizás sea necesario controlar las actividades del hogar para identificar aquellas que no están relacionadas con la explotación de petróleo y gas. Los monitores Dylos cuestan alrededor de \$200 a \$300. Se puede obtener más información en <http://www.dylosproducts.com>.

El kit de Citizen Sense

Este kit fue diseñado por el proyecto Citizen Sense en Goldsmiths, Universidad de Londres. El proyecto trabaja con comunidades para usar sensores para mediciones medioambientales. Entre 2013 y 2015, Citizen Sense desarrolló e instaló un kit de monitorización cerca de casas e infraestructura de gas natural (como estaciones compresoras) en Pensilvania.

El kit incluye una Frack Box [Caja para fractura hidráulica], que combina varios sensores para detectar monóxido de nitrógeno, dióxido de nitrógeno, ozono y VOC, y cuenta con sensores de humedad, temperatura y viento para determinar los

efectos de estos factores en los niveles de contaminación del aire. Los datos de la Frack Box se compararon y recolectaron junto con datos de PM2.5 de un monitor Speck (ver descripción precedente) y los datos de sustancias químicas BTEX de placas de muestreo pasivo.

Citizen Sense está investigando actualmente opciones para refinar el kit y crear una herramienta de visualización de datos y guías para que los ciudadanos puedan desarrollar sus propios programas de monitorización. Se puede obtener más información en www.citizensense.net.

Sensor de Clean Air Council

Clean Air Council (www.cleanair.org) es una organización educativa, activista, legal y de servicio comunitario sin fines de lucro con sede en Pensilvania. El Consejo se preocupa por temas de petróleo y gas en todo el estado y está desarrollando actualmente un monitor en base a sensores de bajo costo diseñado específicamente para uso cerca de estaciones compresoras y otras instalaciones.

El monitor del Consejo usará cuatro sensores para detectar materia particulada, dióxido de nitrógeno, metano y VOC totales. También tendrá un sensor de temperatura y humedad para poder evaluar la influencia de estos factores. Se medirán las concentraciones de los distintos contaminantes en forma continua por hasta dos semanas, y los datos se cargarán en un mapa utilizando una aplicación de teléfono móvil. Clean Air Council hará un ensayo de campo del monitor en 2016, en colaboración con grupos comunitarios.

Cajas SNAQ

La Universidad de Cambridge ha desarrollado el monitor Red de Sensores para Calidad del Aire (*Sensor Network for Air Quality* o SNAQ). Sus sensores detectan monóxido y dióxido de nitrógeno, monóxido y dióxido de carbono, dióxido de azufre, ozono, VOC totales y materia particulada. Los SNAQ se han utilizado principalmente para medir la calidad del aire

alrededor del aeropuerto Heathrow de Londres.⁵⁴

Los investigadores de salud medioambiental de la Universidad de California en Los Ángeles han instalado recientemente una red de SNAQ y placas de muestreo pasivo de aire (descritas previamente)

para medir el aire alrededor de una fuga masiva de gas en un campo de almacenamiento subterráneo en Aliso Canyon. Los monitores se programaron para registrar sus mediciones en forma continua por varios días.

4. El horizonte de la monitorización

A pesar de las décadas de explotación de petróleo y gas en los Estados Unidos, solo se iniciaron las investigaciones sobre el impacto para la salud y las iniciativas de monitorización del aire en forma sistemática a partir del *boom* de la fractura hidráulica que comenzó a fines de la década del 2000. En consecuencia, las metodologías comunitarias de medición del aire todavía están evolucionando.

Como con todas las investigaciones, los proyectos comunitarios se esfuerzan por usar métodos integrales y exactos que pueden generar datos utilizables y fidedignos. Para alcanzar este objetivo, fue necesario aplicar tecnologías existentes a distintas situaciones, desarrollar tecnologías nuevas y diseñar protocolos para capturar la contaminación originada en una serie de operaciones industriales.

La monitorización comunitaria es actualmente una ciencia imperfecta, pero que es fundamental y se debe aplicar en forma más amplia. Cada proyecto genera datos e ideas valiosas sobre cómo refinar y adaptar tecnologías y protocolos de prueba más eficaces para capturar y describir la contaminación de petróleo y gas. Además, este trabajo es esencial para responder a una creciente necesidad de las comunidades y denuncias de impactos negativos para la salud.

Muchas áreas de los Estados Unidos ya tienen problemas de calidad del aire y están en contravención de las normas de calidad del aire federales para ciertos contaminantes regulados, en particular el ozono (smog). Con el tiempo, los pozos, equipos, tuberías, estaciones compresoras, plantas de procesamiento y otras instalaciones probablemente tendrán un efecto aditivo negativo sobre la calidad del aire en todo el país.

Idealmente, los reguladores que supervisan la industria del gas y el petróleo deberían confrontar esta creciente fuente de contaminación ampliando los sistemas de monitorización del aire y usando los datos resultantes para imponer protecciones comunitarias y controles más fuertes contra la contaminación. Los monitores continuos y técnicamente avanzados podrían capturar las emisiones fluctuantes causadas tanto por las “operaciones normales” como los eventos de

contaminación intensa de fuentes en una región amplia.

No obstante, en ausencia de dicho progreso a nivel gubernamental – que se debe a una financiación y respaldo político insuficientes de las agencias reguladoras y de investigación, habrá que recurrir a métodos alternativos para tratar de cerrar esta brecha. La EPA lo ha reconocido, como lo demuestra la “Caja de herramientas de sensores de aire para científicos ciudadanos” y la evaluación y el ensayo de sensores de bajo costo y otros equipos por parte de los científicos de la agencia.⁵⁵

En el futuro previsible, las tecnologías flexibles y económicas de monitorización del aire descritas en este artículo de relevamiento, como también en otras tecnologías nuevas y más refinadas que seguirán surgiendo, impulsarán la monitorización del aire en áreas de explotación de petróleo y gas. La innovación y adaptación de tecnologías es muy prometedora, como también las alianzas entre organizaciones locales con conocimiento profundo sobre las condiciones en el campo, y las instituciones académicas con capacidad técnica y analítica.

Los recursos financieros, capacidad, participación de expertos y de las comunidades afectadas permitirá la monitorización de la calidad del aire en más lugares. Esta expansión de los datos nos permitirá comprender mejor las fuentes y los patrones de contaminación de petróleo y gas, y los efectos resultantes sobre la salud y el medio ambiente. Más importante aún, los residentes que viven en la primera línea de las áreas de explotación y son sometidos cotidianamente a la contaminación del aire tendrán mayor acceso a información que podrán usar para protegerse, demandar cambios y comenzar a respirar mejor.

5. Información y recursos para monitorización de la calidad del aire

CitizenAir es un foro en línea para comunicar, compartir investigaciones e información, y desarrollar colaboraciones para medir la calidad del aire entre grupos, organizaciones y el gobierno: [http:// citizenair.net](http://citizenair.net)

Citizen Sense es un proyecto que trabaja con comunidades para usar sensores para medir una variedad de contaminantes medioambientales, como los de petróleo y gas: <http://www.citizensense.net>

Clean Air Council es una organización educativa, activista, legal y de servicio comunitario con información sobre la calidad del aire y temas de energía: <http://cleanair.org>

Earthworks - Página de investigación sobre la salud comunitaria, con enlaces con datos de calidad del aire e informes de varios estados: <http://health.earthworksaction.org>

Earthworks – Proyecto de empoderamiento comunitario, incluyendo información sobre el papel de las cámaras infrarrojas para medir la contaminación del aire y videos de pozos y plantas de petróleo y gas en ocho estados.: https://www.earthworksaction.org/voices/detail/citizens_empowerment_project

Global Community Monitor trabaja con las comunidades para realizar monitorización medioambiental, incluyendo en áreas de explotación de petróleo y gas: <http://www.gcmonitor.org>

Physicians, Scientists, and Engineers for Healthy Energy (*Médicos, científicos e ingenieros para una energía saludable*) mantiene una base de datos de estudios de investigación científicos sobre el impacto de la explotación de petróleo y gas, incluyendo con respecto a la calidad del aire, y los proyectos de monitorización: https://www.zotero.org/groups/pse_study_citation_database/items

Public Lab, una comunidad de ciencia ambiental y monitorización de bricolaje, con enlaces con proyectos de detección de contaminación del aire: <https://publiclab.org>

ShaleTest realiza videografía infrarroja de emisiones en el aire y ensayos de agua en nombre de residentes y comunidades afectadas negativamente por la extracción de petróleo y gas: [http:// www.shaletest.org](http://www.shaletest.org)

Southwest Pennsylvania Environmental Health Project (*Proyecto de Salud Ambiental del Sudoeste de Pensilvania*) realiza monitorización del aire, recursos de información sobre la salud y acceso a profesionales médicos para residentes de áreas de explotación de gas natural, y realiza investigaciones sobre el impacto sobre el aire y la salud: www.environmentalhealthproject.org

EPA de los EE. UU. Caja de herramientas de sensores de aire para científicos ciudadanos, con información sobre tecnologías económicas para medir la calidad del aire, pautas sobre los datos y métodos de muestreo. [http://www. epa.gov/air-research/air-](http://www.epa.gov/air-research/air-)

[sensor-toolbox-citizen-scientists](#)

EPA de los EE .UU. Investigación de mediciones de aire de próxima generación, incluyendo reseñas de los esfuerzos para ampliar los tipos y el uso de tecnologías de monitorización: <http://www.epa.gov/research/airscience/air-sensor-research.htm>

6. Endnotes

- ¹ US Energy Information Administration. “Number of Natural Gas and Gas Condensate Wells,” historic data; and “US Field Production of Crude Oil,” historic data.
- ² FracTracker Alliance, “Over 1.1 million active oil and gas wells in the US.” <http://www.fractracker.org/2014/03/active-gas-and-oil-wells-in-us>
- ³ Turner, A. J., D. J. Jacob, J. Benmergui, S. C. Wofsy, J. D. Maasackers, A. Butz, O. Hasekamp, S. C. Biraud, and E. Dlugokencky. “A large increase in US methane emissions over the past decade inferred from satellite data and surface observations.” *Geophysical Research Letters* 43, 2016.
- ⁴ USEPA fact sheet. “EPA’s strategy for reducing methane and ozone-forming pollution from the oil and natural gas industry.” 2015. <http://www3.epa.gov/airquality/oilandgas/pdfs/20150114fs.pdf>
- ⁵ PA Department of Environmental Protection. “Air Emissions Data from the Natural Gas Industry.” Comparison of VOC data from 2011 and 2013 spreadsheets. www.dep.pa.gov/Business/Air/BAQ/BusinessTopics/Emission/Pages/Marcellus-Inventory.aspx
- ⁶ Western Regional Air Partnership, Oil and Gas Emissions Workgroup, Phase III Inventory. Comparison of VOC data from 2006 and 2012 spreadsheets. www.wrapair.org/forums/ogwg/PhaseIII_Inventory.html; Utah Department of Environmental Quality, “Ozone in the Uinta Basin: Strategies and Tactics.” <http://www.deq.utah.gov/locations/U/uintahbasin/ozone/strategies/standards.htm>
- ⁷ Alamo Area Council of Governments. *Oil and Gas Emission Inventory Update, Eagle Ford Shale*. 2015. Calculations based on data provided for tons of VOCs released per ozone season day.
- ⁸ Nadia Steinzor, Wilma Subra, and Lisa Sumi. “Investigating Links Between Shale Gas Development and Health Impacts through a Community Survey Project in Pennsylvania.” *NEW SOLUTIONS*, February 2013; T. Colborn, K. Schultz, L. Herrick, and C. Kwiatkowski. “An exploratory study of air quality near natural gas operations.” *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 2013; Lisa M. McKenzie, Roxana Z. Witter, Lee S. Newman and John L. Adgate, Human health risk assessment of air emissions from development of unconventional natural gas resources. *Science of the Total Environment* March 21, 2012; and Rabinowitz PM, Slizovskiy IB, Lamers V, Trufan SJ, et al. “Proximity to natural gas wells and reported health status: results of a household survey in Washington County, Pennsylvania.” *Environmental Health Perspectives*, 2015.
- ⁹ For a summary of the health study literature through 2014, see David R. Brown, Celia Lewis, and Beth I. Weinberger. “Human exposure to unconventional natural gas development: A public health demonstration of periodic high exposure to chemical mixtures in ambient air.” *Journal of Environmental Science and Health*. 2015.
- ¹⁰ T. Colborn, C. Kwiatkowski, K. Schultz, and M. Bachran. “Natural gas operations from a public health perspective.” 2011. *Human & Ecological Risk Assessment* 17(5): 1039-1056.
- ¹¹ For a complete overview of peer-reviewed studies on the environmental and health impacts of oil and gas development, see Physician, Scientists, and Engineers for Healthy Energy’s citation database at https://www.zotero.org/groups/pse_study_citation_database/items.
- ¹² Examples of limited state efforts include:
- In 2015-2016, SoCal Gas and the South Coast Air Quality Monitoring District conducted periodic air testing around a massive methane leak from the Aliso Canyon gas storage field in southern California. Background and results are at http://www.arb.ca.gov/research/aliso_canyon_natural_gas_leak.htm
- In 2012, the Texas Commission on Environmental Quality conducted limited pollution detection in the Eagle Ford Shale in response to ongoing complaints by residents, but determined that pollution levels were too high for monitoring to be conducted safely. See *Reckless Endangerment While Fracking the Eagle Ford*, Earthworks 2013, https://www.earthworksaction.org/library/detail/reckless_endangerment_in_the_eagle_ford_shale.
- In 2010-2011, the Pennsylvania Department of Environmental Protection conducted what it referred to as “limited air sampling initiatives;” see regional reports at <http://www.dep.pa.gov/Business/Air/BAQ/MonitoringTopics/ToxicPollutants/Pages/default.aspx> In 2012, DEP launched a one-year, continuous monitoring study, the results of which have not yet been released. <http://www.ahs.dep.pa.gov/NewsRoomPublic/SearchResults.aspx?id=19520&typeid=1>

- ¹³USEPA Air Quality System, AirData information: <http://www3.epa.gov/airdata/index.html>
- ¹⁴See USEPA's air monitoring page at <http://www3.epa.gov/airquality/montring.html>
- ¹⁵See legal petition pertaining to the US Clean Air Act filed in 2014 by Earthjustice on behalf of over 60 groups nationwide: <http://earthjustice.org/sites/default/files/files/OilGasToxicWellsPetition51314.pdf>
- ¹⁶See USEPA, "National Air Toxics Trends Stations." <http://www3.epa.gov/ttnamti1/natts.html>
- ¹⁷See Earthworks 2014. *Blackout in the Gas Patch: How Pennsylvania Residents are Kept in the Dark on Health and Enforcement.* <http://blackout.earthworksaction.org>.
- ¹⁸USEPA, Office of the Inspector General. *EPA Needs to Improve Air Emissions Data for the Oil and Natural Gas Production Sector.* 2013. <http://www.epa.gov/office-inspector-general/report-epa-needs-improve-air-emissions-data-oil-and-natural-gas-production>
- ¹⁹Ibid.
- ²⁰Aviva Litovitz, Aimee Curtright, Shmuel Abramzon, et al., "Estimation of regional air-quality damages from Marcellus Shale natural gas extraction in Pennsylvania." *Environmental Research Letters*, January 31, 2013.
- ²¹Ibid.
- ²²TransCanada. "Blowdown notification." http://www.transcanada.com/docs/Our_Responsibility/Blowdown_Notification_Factsheet.pdf
- ²³David Brown, Beth Weinberger, Celia Lewis, and Heather Bonaparte. "Understanding exposure from natural gas drilling puts current air standards to the test." *Reviews on Environmental Health*, 2014.
- ²⁴See, for example, NIOSH Pocket Guide to Chemical Exposures (including recommended exposure limits), Centers for Disease Control and Prevention. www.cdc.gov/niosh/npg/; and "Permissible Exposure Limits," U.S. Occupational Safety and Health Administration. www.osha.gov/SLTC/pel/.
- ²⁵Birnbaum, L.S. "Environmental Chemicals: Evaluating Low-Dose Effects." *Environmental Health Perspectives*, 120(4) A143-144, 2012.
- ²⁶Vandenberg, L.N., Colborn, T., Hayes, T.B., et al. "Hormones and Endocrine-Disrupting Chemicals: Low-Dose Effects and Nonmonotonic Dose Responses." *Endocrine Reviews* 33: 0000–0000, 2012.
- ²⁷Kassotis CD, Tillitt DE, Lin C-H, McElroy JA, Nagel SC. "Endocrine-Disrupting Chemicals and Oil and Natural Gas Operations: Potential Environmental Contamination and Recommendations to Assess Complex Environmental Mixtures." *Environmental Health Perspectives* 2015.
- ²⁸Assessment of Joint Toxic Action of Chemical Mixtures. Guidance Manual. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 2004. Available at www.atsdr.cdc.gov/interactionprofiles/ipga.html
- ²⁹US Environmental Protection Agency website: "About Air Toxics." www.epa.gov/air/toxicair/newtoxics.html
- ³⁰Morello-Frosch, R.A., Woodruff, T.J., Axelrad, D.A., and Caldwell, J.C. "Air toxics and health risks in California: the public health implications of outdoor concentrations." *Risk Analysis*, 20(2):273-91, 2000.
- ³¹See Earthworks' reports:
- "Community Health Survey of Current and Former Residents of DISH, Texas," 2009, <http://earthworksaction.org/publications.cfm?pubID=438>
 - "Community Health Survey Results of Pavillion, Wyoming," 2010, http://earthworksaction.org/PR_PavillionHealthSurvey.cfm
 - *Natural Gas Flowback: How the Texas gas boom affects community health and safety*, 2011, http://www.earthworksaction.org/library/detail/natural_gas_flowback
 - *Gas Patch Roulette: How Shale Gas Development Risks Public Health in Pennsylvania*, 2012, <http://health.earthworksaction.org>
 - *Reckless Endangerment While Fracking the Eagle Ford*, 2013, https://www.earthworksaction.org/library/detail/reckless_endangerment_in_the_eagle_ford_shale
 - *Blackout in the Gas Patch: How Pennsylvania Residents are Left in the Dark on Health and Enforcement*, 2014, <http://blackout.earthworksaction.org>
 - *Californians at Risk: An Analysis of Health Threats from Oil and Gas Pollution in Two Communities*, 2015, <https://www.earthworksaction.org/files/publications/CaliforniansAtRiskFINAL.pdf>.
- ³²See an overview of Earthworks' Citizens Empowerment Project and infrared videos from oil and gas areas in eight states at https://www.earthworksaction.org/voices/detail/citizens_empowerment_project.
- ³³See entries on air quality in the Physician, Scientists, and Engineers for Healthy Energy's citation database of peer-reviewed studies: https://www.zotero.org/groups/pse_study_citation_database/items/collectionKey/FX6WTII3

- ³⁴See Earthworks 2012, “Understanding your water and air tests”: https://www.earthworksaction.org/files/publications/Water_air_test_fact_sheet_LS_NS_Final_11-2-12.pdf; and USEPA Office of Air Quality Planning and Standards, presentation on minimum detection levels: <http://www3.epa.gov/ttn/emc/meetnw/2015/moreado.pdf>
- ³⁵USEPA, *Optical Remote Sensing Guidebook* (pp. 5-7). 2011.
- ³⁶USEPA, *Air Sensor Guidebook* (p.2). June 2014.
- ³⁷USEPA, “Dispersion modeling.” <http://www3.epa.gov/airquality/aqportal/management/modeling/dispersion.htm>
- ³⁸Examples of this latter category of monitors include:
- Picarro gas analyzer, based on cavity ring-down laser spectrometry (see http://www.picarro.com/technology/cavity_ring_down_spectroscopy). Picarro was recently used in a multi-institution study: J. R. Roscioli, T. I. Yacovitch, C. Floerchinger, A. L. Mitchell, et al. “Measurements of Methane Emissions from Natural Gas Gathering Facilities and Processing Plants: Measurement Results.” *Atmospheric Measurement Techniques*, Vol. 8. 2015; and in a study to measure methane emissions at gas operations in Pennsylvania: M. Omara, M.R., Sullivan, X. Li, R. Subramanian, et al. “Methane Emissions from Conventional and Unconventional Natural Gas Production Sites in the Marcellus Shale Basin.” *Environmental Science Technology*, 2016.
 - Fenceline monitoring and detection equipment, such as Rae systems: <http://www.raesystems.com>; and stationary monitoring stations by Aeroqual, <http://www.aeroqual.com/outdoor-air-quality/aqm-stations>
 - Gas Chromatography-Flame Ionization Detectors (GC-FID) and remote methane detector for leak detection and repair (LDAR) activities. See for example http://heathus.com/product_category/gas/flame-ionization-fid and <http://heathus.com/products/methane-leak-detector>
- ³⁹David Brown, Beth Weinberger, Celia Lewis, and Heather Bonaparte. “Understanding exposure from natural gas drilling puts current air standards to the test.” *Reviews on Environmental Health*, March 2014.
- ⁴⁰See an overview of the formaldehyde kit and its application for monitoring at natural gas compressor stations and other facilities at: <https://publiclab.org/notes/nshapiro/05-08-2015/community-formaldehyde-monitoring-at-natural-gas-compressor-stations-protocol-and-data-sheet>.
- ⁴¹Gregg P Macey, Ruth Breech, Mark Chernaik, Caroline Cox, Denny Larson, Deb Thomas, and David O Carpenter. “Air concentrations of volatile compounds near oil and gas production: a community-based exploratory study.” *Environmental Health*, 2014.
- ⁴²See article on “Air Monitoring Near Unconventional Shale Gas Operations in Southwest PA And West Virginia,” GASP’s *Hotline newsletter*, Fall 2013. <http://gasp-pgh.org/wp-content/uploads/2013/12/hotline-2013fall.pdf>.
- ⁴³See for example sorbent tube information at Casella, <http://airsamplingsolutions.com/> or Radiello tubes at <http://www.sigmaaldrich.com/analytical-chromatography/air-monitoring/radiello.html>.
- ⁴⁴See an overview of the Oregon State University and University of Cincinnati study at <http://ehsc.oregonstate.edu/air/ohio#overlay-context=air>.
- ⁴⁵L. Blair Paulik, Carey E. Donald, Brian W. Smith, Lane G. Tidwell, Kevin A. Hobbie, Laurel Kincl, Erin N. Haynes, Kim A. Anderson. “Impact of Natural Gas Extraction on PAH Levels in Ambient Air.” *Environmental Science & Technology*, 2015.
- ⁴⁶USEPA, *Air Sensor Guidebook* (p.37). June 2014.
- ⁴⁷Steven G. O’Connell, Laurel D. Kincl, and Kim A. Anderson. “Silicone wristbands as personal passive samplers.” *Environmental Science and Technology*, 2014.
- ⁴⁸See the Exposure, Location, and Lung Function project page at <http://ehsc.oregonstate.edu/air2>.
- ⁴⁹See an overview of the H2S technologies and testing projects at <https://publiclab.org/wiki/hydrogen-sulfide-sensor>. A presentation on the community-based research in Wyoming is at <https://i.publiclab.org/system/images/photos/000/007/035/original/WylieThomasPEPHFINALng.pdf>.
- ⁵⁰See an overview of the project at <https://publiclab.org/wiki/sem-stub-pm>
- ⁵¹USEPA, *Air Sensor Guidebook* (p.4). June 2014.
- ⁵²Ibid. (p.31).
- ⁵³SWPA-EHP. “Procedure for air quality monitoring and analysis using Speck PM2.5 monitors.” <http://www.environmentalhealthproject.org/wp-content/uploads/2015/06/Protocol-for-Speck-monitoring.pdf>
- ⁵⁴A conference poster describing the sensors and their application is at [http://www.ch.cam.ac.uk/files/posters/Jones\(Rod\)1.pdf](http://www.ch.cam.ac.uk/files/posters/Jones(Rod)1.pdf).

⁵⁵See EPA's citizen science for air monitoring reports and resources at <http://www.epa.gov/air-research/air-sensor-toolbox-citizen-scientists>. Note that EPA used \$2500 as the basis for "low-cost sensors," which is much higher than the technologies described in this paper. We believe that the EPA cost level would be prohibitive for many non-profit organizations and community-based groups, particularly if multiple sensors are to be deployed to capture emissions from different sources and to account for fluctuating field conditions.