

## La química de los incendios en la interfaz urbano-forestal (WUI)

El número, el tamaño y la intensidad de los incendios forestales en Estados Unidos están aumentando debido a olas de calor y sequías más frecuentes, y a las prácticas de manejo de la tierra que han permitido la acumulación de posible combustible para incendios forestales. Al mismo tiempo, se están construyendo más viviendas en la interfaz urbano-forestal (WUI), el lugar donde las viviendas y otras estructuras confluyen o interactúan con la naturaleza. Desde 1990, el 41% de las nuevas viviendas en Estados Unidos se han construido en la WUI. A medida que las comunidades continúan expandiéndose hacia los bosques circundantes, corren un riesgo cada vez mayor de sufrir incendios forestales, incluso en zonas geográficas que no suelen asociarse con los incendios forestales. En la actualidad, se estima que 70,000 comunidades y 43 millones de viviendas estadounidenses corren el riesgo de sufrir incendios en la WUI.

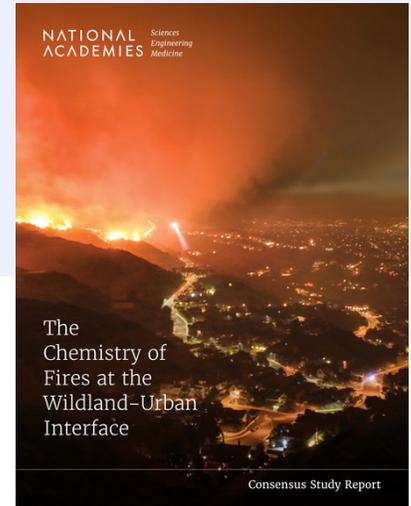
Aún se sabe poco sobre la química y el impacto final sobre la salud que tienen los incendios en la WUI. Los incendios en la WUI pueden provocar más exposición humana que los incendios forestales remotos debido a su proximidad a las comunidades. También tienen una química única debido a la combinación de combustibles naturales y artificiales que se queman, lo que podría provocar la formación o liberación de emisiones tóxicas que no se encuentran en los incendios puramente forestales.

Este informe, elaborado a petición del Instituto Nacional de Normas y Tecnología (National Institute of Standards and Technology, NIST), los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (Centers for Disease Control and Prevention, CDC) y el Instituto Nacional de Ciencias de la Salud Ambiental (National Institute of Environmental Health Sciences, NIEHS), evalúa la forma en que puede utilizarse la información sobre química para informar a los responsables de la toma de decisiones encargados de mitigar el impacto de los incendios forestales y los posibles efectos sobre la salud. El informe examina lo que se sabe de los incendios forestales y urbanos, y utiliza esa información para identificar las posibles emisiones, exposiciones e impactos en la salud como producto de los incendios en la WUI; también se evalúan las necesidades de investigación a corto y largo plazo.

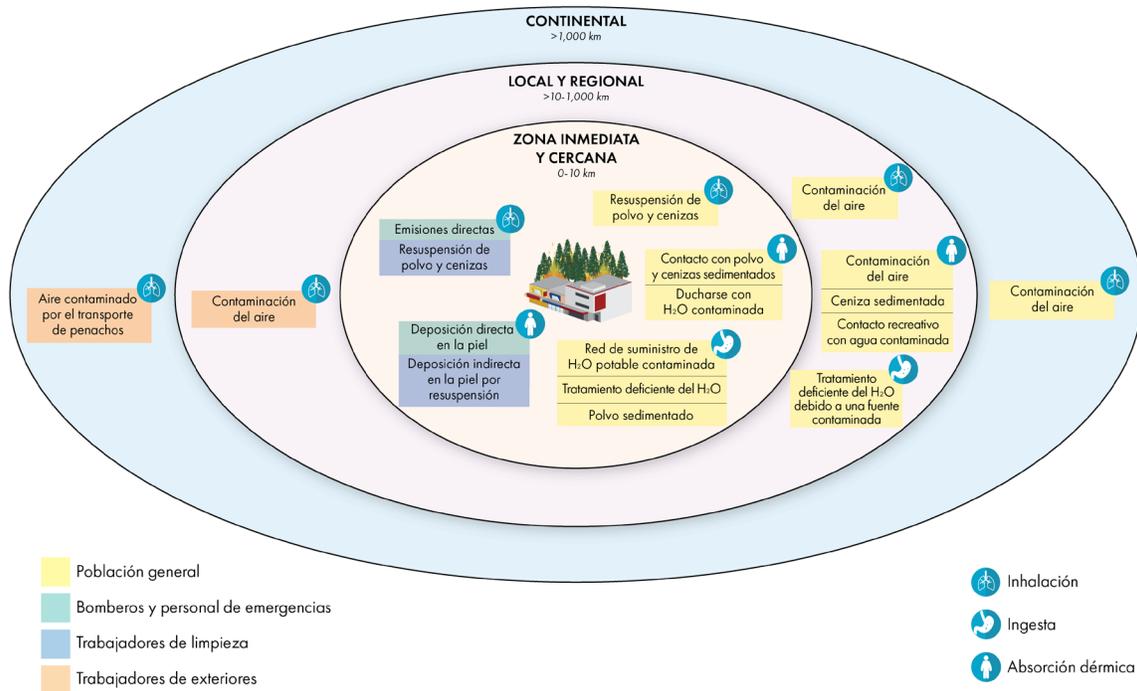
### COMBUSTIBLE, COMBUSTIÓN, EMISIONES

Las emisiones de los incendios en la WUI pueden diferir en gran medida de las emisiones de los incendios forestales. Los combustibles quemados en los incendios en la WUI tienen diferentes composiciones, densidades y cantidades de materiales combustibles que la biomasa vegetal quemada en los incendios forestales. Las reacciones de combustión de los materiales en la WUI (por ejemplo, componentes domésticos tales como revestimientos, aislantes, textiles y plásticos y la combustión de la biomasa) provocan importantes emisiones de posibles sustancias tóxicas al medio ambiente circundante.

Los conocimientos de la comunidad de investigación sobre las emisiones que surgen de la combustión de materiales urbanos provienen en gran medida de los estudios sobre la toxicidad de las emisiones de incendios en recintos



## Posibles vías de exposición a los contaminantes de incendios en la WUI



**FIGURA 1** El impacto de los incendios en la WUI puede afectar a millones de personas fuera de la zona del incendio, dependiendo de la ubicación de las ciudades cercanas. El humo de los grandes incendios a veces afecta la calidad del aire a escala continental.

cerrados (es decir, un incendio dentro de una habitación o compartimento de un edificio) o de simulaciones de laboratorio. Si bien estos estudios han demostrado que la composición del material y la cantidad de oxígeno disponible tienen un fuerte impacto en las emisiones de algunos tóxicos, no reflejan cómo se comportan realmente los incendios en la WUI. Se necesita más investigación sobre los efectos de los combustibles urbanos en los procesos de combustión, los tipos de especies emitidas y las interacciones de las especies en diferentes condiciones de incendio.

### TRANSPORTE ATMOSFÉRICO Y CONTAMINACIÓN DEL AGUA Y DEL SUELO

Las emisiones de los incendios en la WUI pueden tener un impacto sustancial y negativo en la salud humana y la calidad de vida, no solo en las proximidades del incendio, sino también a cientos o miles de kilómetros a favor del viento. Por ejemplo, el incendio Camp Fire de 2018 afectó la calidad del aire (a 240 km a favor del viento) para millones de residentes de California Bay Area, y el incendio Horse River Fire de 2016 (que comenzó cerca de Fort McMurray, Alberta, Canadá) provocó el transporte de humo y el impacto en la calidad del aire a más de 4,000 kilómetros de distancia en la ciudad de Nueva York. El impacto en las comunidades cercanas incluye sustancias tóxicas en edificios, suelos y corrientes de agua cercanos.

Las redes nacionales de vigilancia proporcionan algunos datos para evaluar la exposición a los contaminantes del aire vigilados de forma regular, tales como las partículas finas, que se asocian a las emisiones de los incendios en la WUI; sin embargo, los datos son muy escasos en lo que concierne a la composición del humo (específicamente asociado a los incendios en la WUI) en fase gaseosa y de partículas, y sobre cómo se transforma a corta y larga distancia. La composición del penacho resultante cambia con el tiempo (de minutos a días) debido a la química atmosférica y al procesamiento físico, lo que provoca cambios en la composición de los contaminantes y las exposiciones resultantes, a favor del viento de los incendios. Aunque la principal vía de exposición es la inhalación, el agua y el suelo contaminados a favor del viento por los incendios forestales también pueden afectar la exposición a través de la ingestión.

### IMPACTO EN LA SALUD HUMANA

Al igual que en el caso de la comprensión de las emisiones y exposiciones, existe información limitada sobre el impacto específico en la salud de los incendios en la WUI. La bibliografía actual se centra en gran medida en las exposiciones y el impacto en la salud relacionados con la inhalación de humo, pero no incluye la ingestión y las vías dérmicas de los contaminantes del fuego. Los efectos

de la inhalación de humo incluyen: infarto de miocardio, cardiopatía isquémica, arritmia, insuficiencia cardíaca, embolia pulmonar, accidente cerebrovascular isquémico y accidente isquémico transitorio. Las exacerbaciones del asma se asocian significativamente con la exposición al humo de los incendios forestales, y las exacerbaciones de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) se asocian significativamente con mayores cantidades de contaminantes y con la exposición al humo de los incendios forestales en la mayoría de los estudios.

Dentro de las exposiciones al público en general, ciertos grupos podrían experimentar un impacto mayor, como por ejemplo los niños, las personas embarazadas, los adultos mayores, las personas inmunodeprimidas y las comunidades que experimentan factores de estrés ambiental y social desproporcionados. Por ejemplo, los niños son especialmente vulnerables a los efectos de la contaminación del aire debido a su pequeña masa corporal y a la rapidez con que respiran, lo que provoca dosis de exposición más elevadas que las de los adultos. Las comunidades de bajos ingresos a menudo no disponen de un sistema de refrigeración adecuado en sus hogares para poder mantener las ventanas cerradas durante la temporada de incendios forestales o no pueden pagar purificadores de aire domésticos para la filtración de partículas y productos químicos.

Los socorristas (tales como los bomberos) corren el riesgo de sufrir lesiones, muerte y efectos agudos y crónicos sobre la salud a causa de los incendios forestales, así como efectos sobre la salud mental debido a traumas. Los trabajadores de exteriores (como por ejemplo, los trabajadores agrícolas y de servicios públicos) corren un riesgo elevado de sufrir consecuencias respiratorias por el humo y los contaminantes asociados; esto podría sumarse a sus afecciones médicas preexistentes.

### CIENCIA DE LA MEDICIÓN

El informe describe las diversas necesidades de datos asociados con la comprensión de la química de los incendios en la WUI y sus emisiones, desde la recopilación de datos sobre las características del combustible de estructuras heterogéneas hasta la medición de las concentraciones, exposiciones y el impacto en la salud de un gran número de sustancias tóxicas, muchas de las cuales estarán presentes en niveles de trazas. La recopilación de gran parte de estos datos es un desafío, ya que la identificación de sustancias tóxicas en los penachos de incendios en la WUI requiere una excelente resolución espacio-temporal. Las necesidades de datos y mediciones están interconectadas, tal como se muestra en la Figura 2. Debido a esta interconexión, es conveniente un enfoque coordinado para la recopilación de datos, desde la caracterización del combustible y las emisiones hasta las



**FIGURA 2** La recopilación de datos y las necesidades de investigación para los incendios en la WUI son interdependientes. La información sobre las comunidades en riesgo y las poblaciones vulnerables puede ayudar a definir los tipos de estructuras y posibles combustibles en la WUI. Los datos sobre la composición de los combustibles determinarán las vías de combustión. Las especies químicas formadas determinarán qué vías de reacción atmosférica serán las más importantes. La química y el transporte atmosféricos determinarán los tóxicos a los que están expuestas las comunidades y la forma de la exposición. Las exposiciones determinarán el impacto sobre la salud.

exposiciones. El uso de métodos de medición coherentes y la recopilación de datos sobre las especies químicas a lo largo de todo su ciclo (desde la emisión hasta la exposición) aumentarán la importancia de todos los datos recopilados.

## PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN

La investigación sobre las emisiones de los incendios en la WUI puede basarse en la extensa base de conocimientos desarrollada para los incendios forestales, pero la comprensión del impacto de los incendios en la WUI requerirá nueva información. El informe recomienda que los investigadores y los organismos que financian la investigación pongan en marcha un programa de investigación integrado y multidisciplinario para estudiar el impacto de los incendios en la WUI. Los organismos que financian la investigación y los investigadores que la llevan a cabo deberían coordinar sus planes de investigación y generar bancos de datos e información ampliamente accesibles sobre los incendios en la WUI.

El compromiso con el progreso a largo plazo y la acción inmediata para mejorar la comprensión de los incendios en la WUI beneficiaría a las comunidades de los Estados Unidos y del mundo. Los resultados de la investigación y los mensajes útiles para la elaboración de políticas podrían incluir recomendaciones sobre los materiales de construcción que deben utilizarse en las comunidades de la WUI, estrategias para reducir el riesgo de incendios, información pública sobre la eficacia de las medidas para

mitigar la exposición y mapas comunitarios de precursores de sustancias tóxicas, accesibles para los responsables de la toma de decisiones. Las áreas en las que una acción rápida podría tener beneficios inmediatos incluyen:

- Desarrollar sistemas de datos que permitan a las comunidades predecir la composición química de los materiales presentes en las estructuras expuestas a incendios en la WUI. Estos sistemas de datos podrían incluir estimaciones de metales, halógenos y otras cargas químicas en las estructuras.
- Añadir mediciones de sustancias tóxicas específicas de la WUI a los sistemas de vigilancia de la calidad del aire y del agua; estos sistemas de medición podrían desplegarse rápidamente en las áreas afectadas por los incendios en la WUI.
- Establecer bancos de datos sobre información de sustancias tóxicas, mejores prácticas para las medidas de mitigación y mejores prácticas para la difusión de información; los organismos estatales podrían dirigir la coordinación de la recopilación de datos; la coherencia, la calidad y el acceso a los datos podrían abordarse a nivel nacional y, a todos los niveles, podrían desarrollarse estrategias de comunicación y difusión para las poblaciones de comunidades vulnerables y en riesgo.

## COMITÉ SOBRE LA QUÍMICA DE LOS INCENDIOS FORESTALES URBANOS

**David T. Allen (NAE)** (*presidente*), University of Texas at Austin; **Olorunfemi Adetona**, The Ohio State University; **Michelle Bell (NAM)**, Yale University; **Marilyn Black**, Underwriters Laboratories Inc.; **Jefferey L. Burgess**, University of Arizona; **Frederick L. Dryer (NAE)**, University of South Carolina; **Amara Holder**, Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (U.S. Environmental Protection Agency); **Ana Mascareñas**, consultora independiente; **Fernando L. Rosario-Ortiz**, University of Colorado Boulder; **Anna A. Stec**, University of Central Lancashire; **Barbara J. Turpin**, University of North Carolina at Chapel Hill; **Judith T. Zelikoff**, New York University; y **Meredith Williams**, Departamento de Control de Sustancias Tóxicas de California (California Department Of Toxic Substances Control)

## PERSONAL DEL ESTUDIO

**Liana Vaccari**, directora del estudio; **Megan E. Harries**, directora del estudio; **Brenna Albin**, asistente del programa; **Emily J. Buehler**, consultora; **Abigail Ulman**, asistente de investigación (hasta mayo de 2022); y **Benjamin Ulrich**, asistente senior del programa (hasta marzo 2022)

El Comité de Ciencias Químicas y Tecnología (Board on Chemical Sciences and Technology) preparó este informe del estudio de consenso según el informe del estudio de consenso "La química de los incendios en la interfaz urbano-forestal (2022)".

El estudio fue patrocinado por los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades, el Instituto Nacional de Ciencias de la Salud Ambiental y el Instituto Nacional de Normas y Tecnología. Las opiniones, los hallazgos, las conclusiones o las recomendaciones que se expresan en esta publicación no reflejan necesariamente los puntos de vista de ninguna organización o agencia que haya otorgado su apoyo al proyecto.

Este informe del estudio de consenso está disponible en National Academies Press (800) 624-6242 | <http://www.nap.edu> | <http://www.nationalacademies.org>

Para leer el informe completo, visite <http://www.nationalacademies.org/bcst>.

**División de Estudios de la Tierra y la Vida**

**NATIONAL ACADEMIES** Sciences  
Engineering  
Medicine

Copyright 2022 de la Academia Nacional de Ciencias. Todos los derechos reservados.