

Los combustibles fósiles detrás de los incendios forestales

Un estudio sobre cómo contribuyen los principales productores de carbono al riesgo de incendios forestales en el oeste de Norteamérica

ASPECTOS DESTACADOS

El cambio climático está contribuyendo al aumento en el tamaño, la gravedad y el costo de los incendios forestales en el oeste de Norteamérica, y por ello las comunidades, los responsables de las políticas y los expertos en temas jurídicos se preguntan quién asumirá la responsabilidad. Una investigación dirigida por la Unión de Científicos Conscientes (UCS, por sus siglas en inglés) concluyó que casi 19,8 millones de acres (8 millones de hectáreas) de bosques quemados por incendios forestales en el oeste de Norteamérica desde 1986 son atribuibles a las emisiones de los 88 productores de combustibles fósiles y fabricantes de cemento más grandes del mundo. El área quemada que se atribuye a sus emisiones es equivalente al área de Guatemala. Las emisiones provenientes de esas empresas también representan casi la mitad del aumento en las condiciones de riesgo de incendio en toda la región desde 1901. Estas conclusiones pueden servir de base para los diálogos sobre la culpa que tienen las grandes empresas respecto a los impactos climáticos pasados, presentes y futuros.

Durante miles de años las comunidades, culturas y ecosistemas del oeste de Estados Unidos y el suroeste de Canadá han evolucionado junto a los incendios forestales. Sin embargo, en las últimas décadas el cambio climático ha cambiado el carácter de los incendios forestales en el occidente del país. Hay muchas maneras de medir los impactos que estos incendios forestales extremos han causado en toda la región: muertes humanas, hogares reducidos a cenizas, pueblos erradicados, hectáreas calcinadas, días de aire cargado de humo y dólares gastados en prepararse para los incendios, apagarlos y reconstruir después de su paso.

La cuestión de quién es responsable del cambio climático y de sus efectos se está estudiando activamente, tanto en el ámbito científico como en el jurídico. Aunque los gobiernos y los individuos tienen una parte de la responsabilidad, históricamente se ha responsabilizado a las empresas de al menos algunos de los daños causados por sus productos, como el asbesto y el tabaco. De igual manera, las empresas pueden y deben rendir cuentas por los daños climáticos, especialmente aquellas de combustibles fósiles.

Desde 1965, las principales empresas de combustibles fósiles y sus asociaciones industriales eran conscientes de que el uso de combustibles fósiles afectaría negativamente al clima de la Tierra (Franta 2018). Sin embargo, en vez de cambiar sus modelos de negocios o advertir al público y a los responsables de las políticas, estas empresas han operado durante décadas campañas de desinformación y engaño sobre las causas y la ciencia del cambio climático, mientras apoyan financieramente los esfuerzos por bloquear cualquier acción climática significativa.

En este análisis de la Unión de Científicos Conscientes, (UCS por sus siglas en inglés) le atribuyó una parte del aumento observado en las condiciones de riesgo de incendio y de la superficie forestal quemada en el área oeste de Estados Unidos y el suroeste de Canadá (en lo sucesivo, el oeste de Norteamérica) a las 88 principales empresas de combustibles fósiles del mundo, incluyendo Exxon-Mobil, BP, Chevron y Shell, así como a algunos fabricantes de cemento (Tabla 1, p. 2). El análisis concluye que el 37% de la superficie forestal quemada en el oeste de Norteamérica desde 1986 puede atribuirse a las emisiones de carbono provenientes de los productos de estas empresas. Además, un 48% del aumento de las condiciones de riesgo de incendio en la región desde 1901 puede atribuirse a las emisiones de carbono de estas empresas, específicamente la aridez de la tierra y la vegetación.

A medida que las comunidades de Estados Unidos y de todo el mundo recurren cada vez más a los tribunales para exigir una rendición de cuentas a las

TABLA 1. Los 10 principales productores de combustibles fósiles en términos de emisiones que atrapan calor a nivel global

Empresa de combustibles fósiles	Sede	% de las emisiones globales
Saudi Aramco	Arabia Saudí	3,40%
Chevron	Estados Unidos	3,06%
ExxonMobil	Estados Unidos	2,92%
Gazprom	Rusia	2,48%
BP	Reino Unido	2,24%
Shell	Países Bajos	2,14%
Compañía Nacional Iraní de Petróleo	Irán	2,13%
Coal India	India	1,35%
Pemex	México	1,33%
ConocoPhillips	Estados Unidos	1,05%

Los 88 principales productores de combustibles fósiles y cemento están repartidos por todo el mundo. Las 10 empresas de combustibles fósiles en la tabla son las más grandes del mundo en términos de su contribución a las emisiones de dióxido de carbono y metano. Estas 10 empresas son responsables de más de una quinta parte de las emisiones humanas mundiales que atrapan el calor.

FUENTE: CAI 2020.

empresas de combustibles fósiles por los daños previsibles y evitables, este análisis subraya la responsabilidad que tienen estas empresas por los impactos y los costos del cambio climático.

Incendios forestales en el oeste de Norteamérica

En las últimas décadas, casi todos los aspectos de los incendios forestales se han agravado en los bosques del oeste de Norteamérica (Figura 1, p. 3). Los incendios forestales queman áreas más extensas, con mayor intensidad, a mayor altitud y durante una temporada de incendios más larga (Tabla 2, p. 4). Históricamente, los incendios de intensidad baja y mixta, que eran provocados de manera cuidadosa e intencional por las personas indígenas o por los rayos, ocurrían con frecuencia y determinaban la ecología de estos bosques (Hill et al. 2023). Sin embargo, más de un siglo de supresión agresiva y generalizada de los incendios ha generado una acumulación de vegetación que normalmente se habría quemado en esos incendios que ocurrían con regularidad. Al mismo tiempo, el desarrollo humano en zonas propensas a los incendios ha aumentado el número de incendios provocados accidentalmente por el hombre y ha puesto en peligro a más

personas y propiedades (Syphard et al. 2017). Debido a esta confluencia de factores, los costos federales de extinción de incendios también se han disparado, superando la cifra de \$4 mil millones de dólares en Estados Unidos durante el 2021 y más del doble en Canadá desde el 1985 (NIFC 2022; NRC 2021).

El cambio climático está provocando condiciones más cálidas y secas que también alimentan estos incendios forestales cada vez más grandes e intensos. En particular, el déficit de presión de vapor (VPD, por sus siglas en inglés), una medida de la "sed" atmosférica, ha surgido como una manera clave para registrar cómo el cambio climático está amplificando los incendios forestales debido a su papel en aumentar la aridez junto con el aumento de las temperaturas (Recuadro 1, p. 5). Desde mediados de la década de 1980, estos aumentos de la aridez han contribuido a prácticamente duplicar la superficie quemada por los incendios forestales en el oeste de Norteamérica (Abatzoglou y Williams 2016), mientras que la duración de la temporada de incendios forestales se ha prolongado casi dos meses (Westerling 2016; Westerling et al. 2006).

Los incendios forestales tienen profundas repercusiones en la salud y el bienestar de las personas, las comunidades y los ecosistemas. En un año promedio, docenas de civiles y bomberos pierden la vida o sus medios de subsistencia a causa de los incendios forestales que ocurren en el oeste de Norteamérica, mientras que millones más sufren impactos indirectos en la salud debido a la dañina calidad del aire y la contaminación proveniente del humo de los incendios forestales (Haynes et al. 2020; Childs et al. 2022). Otra consecuencia es la pérdida de hogares, escuelas e infraestructura a causa de los incendios y los deslaves que pueden ocurrir después de los incendios, cuando la lluvia cae sobre suelos quemados que han perdido el efecto estabilizador de las raíces y se vuelven más repelentes al agua. Los incendios forestales también pueden comprometer la calidad del agua, lo que dificulta aún más el acceso al agua limpia para las personas que viven en las áreas afectadas por la sequía y en comunidades rurales desfavorecidas (Phillips y Dahl 2022). Al igual que con muchos otros impactos climáticos, el racismo y la marginación de muchos años intensifican los peligros de los incendios forestales y los riesgos de salud para las personas y familias de bajos ingresos.

Resultados

UCS utilizó una combinación de datos y modelos para determinar en qué medida las emisiones de carbono provenientes de 88 de los principales productores de carbono (en lo sucesivo, los "88 principales") han contribuido históricamente al aumento del VPD y de la superficie forestal quemada en el oeste de Estados Unidos y el suroeste de Canadá (consulte la Metodología). Los modelos de UCS demuestran que las emisiones relacionadas

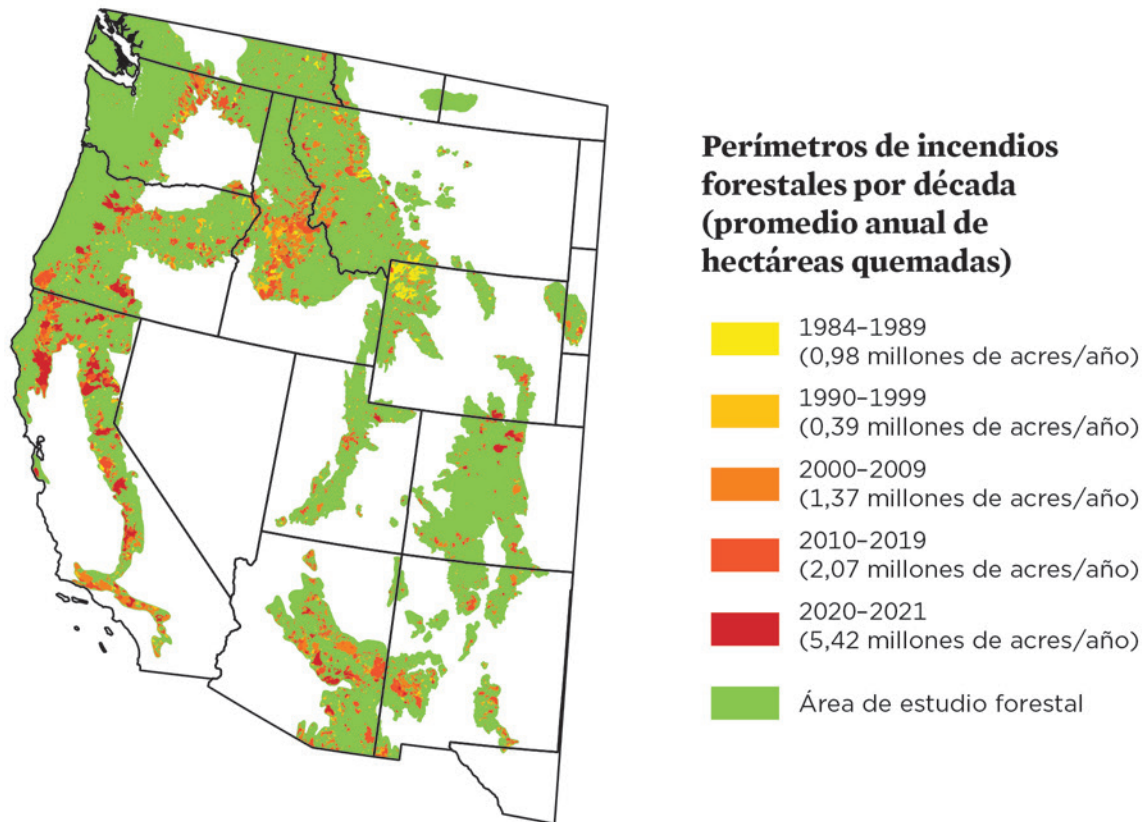
con los 88 principales son responsables de un aumento en la temperatura promedio global de 0,5°C desde el inicio del siglo 20, lo que representa casi la mitad del calentamiento total que se ha observado desde entonces. El incremento total de la temperatura promedio global ha contribuido a un aumento del VPD de 11% en el oeste de Norteamérica durante el mismo periodo de tiempo. A su vez, el aumento del VPD ha resultado en un incremento considerable de la superficie forestal quemada en la región desde mediados de la década de 1980.

Un 57% del aumento observado en el VPD desde 1901 se atribuye a emisiones provenientes de los 88 principales (Figura 3, p. 7; Figura 4, p. 8). Los datos de los modelos climáticos indican una contribución ligeramente menor de 48% con un rango intercuartílico (IQR) del 32% al 63%, pero los dos conjuntos de datos coinciden en que aproximadamente la mitad del aumento del

VPD desde principios del siglo 20 es atribuible a las emisiones provenientes de los 88 principales.

La superficie quemada por los incendios forestales en el oeste de Norteamérica se incrementa exponencialmente a medida que aumenta el VPD, lo que significa que los cambios relativamente pequeños en el VPD resultan en grandes cambios en el área forestal quemada. El aumento observado del VPD ha permitido un incremento considerable de la superficie forestal quemada en la región desde mediados de los años ochenta. Desde 1986¹, se ha quemado un total acumulado de 53 millones de acres de área forestal en el oeste de Norteamérica a medida que aumentó el VPD. Sin las emisiones relacionadas con los 88 principales, el aumento del VPD habría sido mucho menor y se habrían quemado 33,3 millones de acres (IQR 27,7 millones–38,5 millones) (Figura 4, p. 8). Esto significa que un 37% (IQR 26–47%) del área

FIGURA 1. Área de estudio donde está aumentando la actividad de los incendios forestales



Las zonas verdes indican las áreas forestales que se utilizaron para este análisis. Desde mediados de la década de 1980 se han quemado 53 millones de acres de terreno forestal en el oeste de Estados Unidos y el suroeste de Canadá, una superficie mayor que la del estado de Idaho. Los perímetros de estos incendios se muestran en rojo, amarillo y naranja. Además del legado de un siglo de supresión intencional de incendios y desarrollo humano en áreas propensas al fuego, el cambio climático de las últimas décadas ha permitido que se produzcan incendios forestales más grandes e intensos a mayor altitud y durante un periodo más largo del año.

FUENTES: NRC 2023; MTBS 2023; NIFC 2023; EPA 2015.

TABLA 2. Impactos de los incendios forestales en el oeste de Norteamérica, 2017–2021

Estado /provincia	Número de incendios	Acres quemados	Estructuras perdidas	Incendios notables
Arizona	10.487	2.482.858 acres	319	Incendio Tinder (2018)
Columbia británica	6.607	8.587.615 acres	1.210	Incendio Elephant Hill (2018)
California	45.429	9.674.342 acres	51.397	Incendio Camp (2018)
Colorado	5.249	1.301.414 acres	2.488	Incendio Marshall (2020)
Idaho	5.966	2.328.721 acres	174	Incendio Sheep (2019)
Montana	10.244	2.646.458 acres	556	Incendio Rice Ridge (2017)
Nevada	3.314	2.796.239 acres	196	Incendio Martin (2018)
Nuevo México	4.696	837.199 acres	47	Incendio Johnson (2021)
Oregon	10.778	3.661.904 acres	4.476	Incendio Bootleg (2021)
Utah	6.102	1.171.790 acres	579	Incendio Dollar Ridge (2018)
Washington	7.992	2.529.391 acres	988	Incendio Cold Springs (2020)
Wyoming	3.064	804.492 acres	206	Incendio Roosevelt (2018)
Total	119.928	38.822.423 acres	62.636	

Los incendios forestales en el oeste de Estados Unidos y el suroeste de Canadá queman áreas cada vez más extensas con repercusiones para las comunidades, actividades diarias y los ecosistemas. Más propiedades y estructuras corren riesgo a medida que se desarrolla el cambio climático y las comunidades ocupan zonas propensas a los incendios y las personas influyen en la aparición, la frecuencia y el tamaño de los incendios forestales.

FUENTES: NIFC, S.F.; BARRETT 2022; BCWS 2022.

forestal quemada de 1986 a 2021 es atribuible a las emisiones de los 88 principales. Esto representa casi 19,8 millones de acres de superficie forestal quemada, lo que equivale a un área aproximadamente del tamaño de Maine.

Implicaciones

Las amenazas directas de los incendios forestales son impactantes: personas y animales que huyen de las llamas, bomberos que se apresuran a combatir el fuego, y casas, edificios y árboles reducidos a paisajes de cenizas. Tan solo en California, los incendios forestales mataron a 186 personas entre 2017 y 2021, destruyeron más de 51.000 estructuras y causaron daños superiores a 21.000 millones de dólares (CalFire 2022; Wang et al. 2021). Los incendios forestales pueden desplazar a comunidades enteras, como Paradise, California, durante el incendio Camp en 2018 y Malden, Washington, durante el incendio Cold Springs en 2020. Con la crisis de vivienda asequible que hay en toda la región, muchas personas se enfrentan a dificultades a la hora de decidir dónde ir después de perderlo todo.

Los incendios forestales también producen contaminación atmosférica: partículas que pueden afectar a la salud humana, especialmente entre las poblaciones vulnerables, como las personas que trabajan al aire libre, los niños y las personas embarazadas (Heft-Neal et al. 2022; Chen et al. 2021; Haikerwal et al. 2016).

La contaminación generada por el humo de los incendios forestales puede infiltrarse en los hogares, por lo que es más difícil evitar los riesgos incluso permaneciendo en el interior. La compra de mascarillas y purificadores de aire de alta calidad es una carga económica, lo que significa que los hogares de bajos ingresos enfrentan estos riesgos de manera desproporcionada (Burke et al. 2022).

Además, los incendios forestales pueden comprometer la calidad del agua y agravar la escasez de agua potable, especialmente en el área oeste de Norteamérica, misma que es propensa a la sequía (Phillips y Dahl 2022). El hecho de sobrevivir a un incendio forestal también puede tener efectos duraderos en la salud mental, incluyendo el trastorno de estrés postraumático, la ansiedad y la depresión (To, Eboeime y Agyapong 2021).

Las consecuencias del aumento del VPD van más allá de los incendios forestales. Si la "sed" atmosférica es elevada durante varias estaciones o años, esto puede provocar condiciones de sequía a medida que la vegetación se seca y disminuye el caudal de agua en arroyos y ríos (Albano et al. 2022). Estas consecuencias se han presentado de forma aguda en todo el suroeste de Estados Unidos desde el año 2000, cuando inició la mega-sequía que lleva 23 años (Williams, Cook y Smerdon 2022).

Tan solo en California, la pérdida de ingresos debido a los cultivos afectados por la sequía ascendió a \$3.000 millones en el periodo 2021–2022 (Medellín-Azuara et al. 2022).

Una medida clave del riesgo de incendio y sequía

El déficit de presión de vapor (VPD, por sus siglas en inglés) es una medida de la capacidad que tiene el aire de extraer agua de las plantas y los suelos. Debido a que la vegetación seca se enciende más fácilmente que la vegetación húmeda, el VPD también es una medida de las condiciones de riesgo de incendio. El VPD se calcula como la diferencia entre la cantidad de humedad hay en el aire y la cantidad de humedad que contendría el aire si estuviera saturado. Es similar a la humedad relativa, la cual utiliza un porcentaje para describir cuánta humedad hay en el aire. Pero a diferencia de la humedad relativa, el cálculo del VPD toma en cuenta la temperatura, lo que es importante porque el aire caliente puede contener más humedad que el aire frío.

La Figura 2 ilustra cómo el calentamiento de las temperaturas puede aumentar el VPD. Los dos círculos de la izquierda muestran masas de aire a diferentes temperaturas con una humedad relativa del 100%. Ambas masas de aire están saturadas, pero la cantidad de humedad necesaria para alcanzar la saturación a una temperatura más cálida es el doble que a la temperatura más fría. Los dos círculos centrales ("ambiente") muestran masas

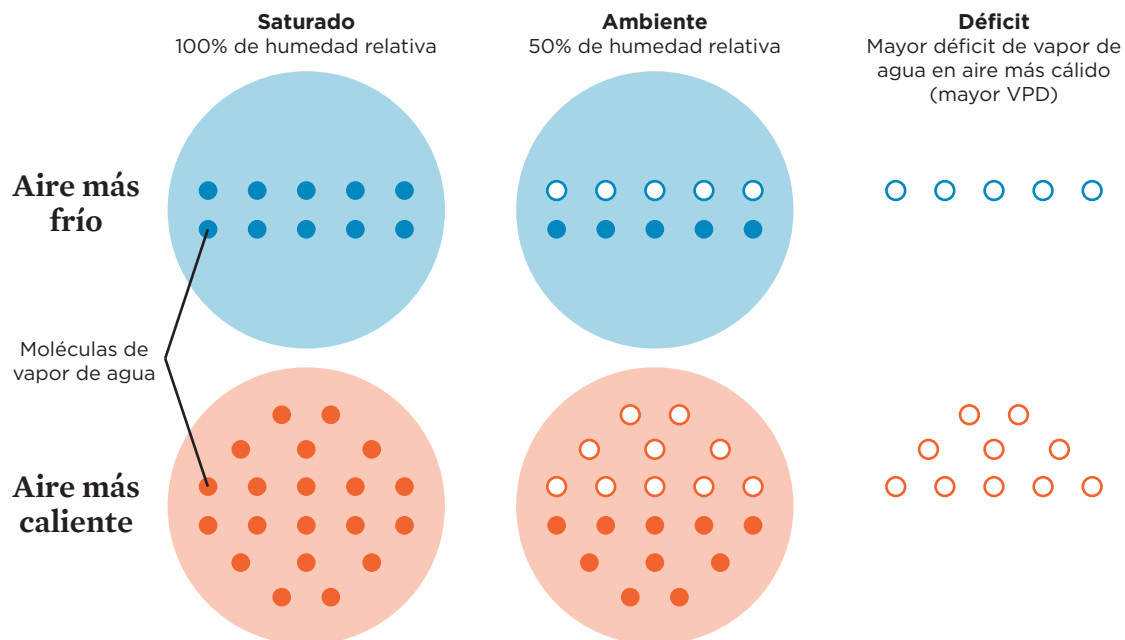
de aire de diferentes temperaturas a una humedad relativa del 50%. En ambos niveles de temperatura, las masas de aire contienen la mitad de agua que si estuvieran saturadas. En contraste, del lado derecho se muestra que la masa de aire más cálida tiene un VPD mucho mayor que la masa de aire más fría, incluso con la misma humedad relativa, porque la masa de aire más cálida puede contener más vapor de agua.

Debido a que el aire más cálido puede contener una mayor cantidad de vapor de agua, el aumento de las temperaturas relacionado con el cambio climático también está provocando un aumento del VPD en el oeste de Norteamérica. Tanto los datos observacionales como los datos de los modelos climáticos muestran que por cada 1,8°F (1°C) de aumento de la temperatura promedio global, el VPD en el oeste de Norteamérica aumenta aproximadamente un 13%².

Cuando el VPD es elevado (lo que significa que el aire puede contener mucha más humedad), las plantas pierden agua más rápidamente cada vez que abren sus poros al realizar la fotosíntesis.

CONTINÚA EN LA P. 6

FIGURA 2. El déficit de presión de vapor mide la "sed" atmosférica



El déficit de presión de vapor es la diferencia entre la cantidad de humedad en el aire y la cantidad de humedad que el aire podría contener en base a su temperatura. Los dos círculos del centro ("ambiente") muestran masas de aire con una humedad relativa del 50%. Pero el aire más caliente puede contener más humedad, por lo que tiene un mayor déficit de presión de vapor y una mayor capacidad de extraer humedad de suelos y vegetación.

RECUADRO 1, CONTINÚA DE LA P. 5

A lo largo de varias semanas, meses y años, un VPD elevado puede provocar que la vegetación se seque y se encienda con mayor facilidad. La capacidad que tiene el VPD de indicar la sequedad de la vegetación lo convierte en una mejor métrica que la humedad relativa para medir la influencia de la atmósfera en la vegetación que propaga el fuego. En el oeste de Norteamérica, los años con un VPD más elevado se relacionan con una mayor superficie afectada por los incendios forestales (Abatzoglou et al. 2018).

Mientras tanto, más de 1 millón de personas en California carecen de acceso al agua potable limpia y asequible, una cifra que aumenta durante los periodos de sequía, ya que el bombeo excesivo de las aguas subterráneas provoca la caída de sus niveles (Perrone y Jasechko 2017; Stokstad 2020). Esta reducción en el acceso al agua afecta a la salud y las finanzas de las personas, ya que se ven obligadas a comprar agua embotellada o tanques provisionales, arreglar bombas o perforar nuevos pozos.

Los productores de combustibles fósiles y los fabricantes de cemento deben rendir cuentas

Las emisiones provenientes de los principales productores de combustibles fósiles y fabricantes de cemento de todo el mundo han contribuido a un régimen de incendios cada vez más intenso y peligroso en los bosques del oeste de Norteamérica. Es fundamental responsabilizar a estas empresas de los daños que han causado con sus emisiones y sus campañas de desinformación durante décadas para poder apoyar y avanzar en los esfuerzos por aumentar la resiliencia ante los incendios forestales (Frumhoff, Heede y Oreskes 2015; Pinko et al. 2018; Shue 2017).

Todas las empresas operan con una licencia social y aquellas que no actúan con responsabilidad pueden perder la confianza del público. El gobierno federal y los funcionarios públicos de todos los niveles desempeñan un papel importante en la determinación de la responsabilidad climática de las empresas. Por ejemplo:

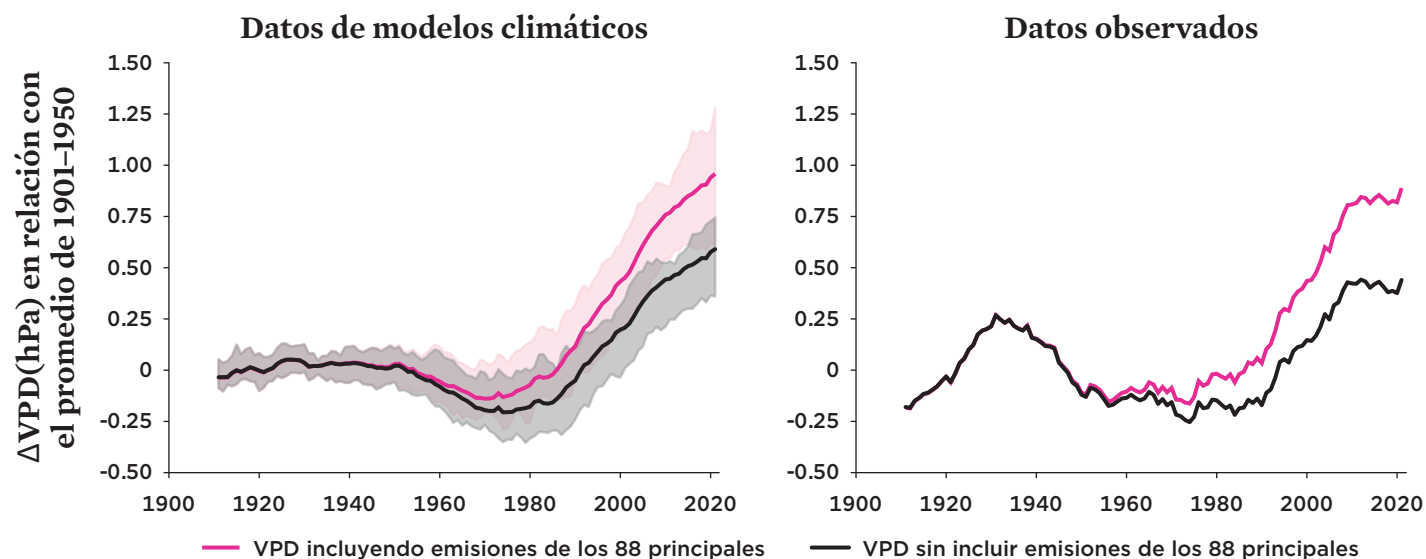
- La Comisión del Mercado de Valores de Estados Unidos debe finalizar, implementar y hacer cumplir normas estrictas que obliguen a las empresas a divulgar información estandarizada sobre el clima.
- El Congreso y el Departamento de Justicia deben investigar la desinformación climática pasada y presente de las empresas de combustibles fósiles y sus sustitutos.

- Los fiscales deben exigir que las empresas de combustibles fósiles contaminantes rindan cuentas por el engaño y los daños climáticos.
 - La administración Biden debe cumplir con su promesa de “apoyar estratégicamente” las demandas relacionadas con el clima contra las empresas contaminantes³.
 - El Congreso debe negar a las empresas de combustibles fósiles contaminantes la inmunidad de rendir cuentas debido a los engaños o los daños climáticos. Estos últimos perjudican desproporcionadamente a las comunidades de razas y etnias marginadas y a las comunidades de bajos ingresos.
 - Los gobiernos federal y estatales deben preservar el acceso a la justicia a través de los tribunales para aquellos que sufren los efectos del cambio climático.

Una verdadera rendición de cuentas en relación con el clima global y las comunidades afectadas por los impactos climáticos también requerirá que las empresas de combustibles fósiles y sus inversionistas se comprometan a implementar cambios importantes en sus prácticas. Estos cambios incluyen:

- Renunciar a la desinformación sobre la ciencia y la política climáticas poniendo fin a las campañas de “Greenwashing” que restan importancia a la crisis climática y hacen afirmaciones engañosas o rotundamente falsas sobre sus propios resultados ambientales corporativos, como por ejemplo exagerando sus inversiones en energías limpias. Estas empresas también deben cortar lazos y suspender el financiamiento de asociaciones comerciales y terceras partes afiliadas que promueven la desinformación sobre el clima.
- Reducir las emisiones que atrapan el calor relacionadas con sus productos y operaciones a un ritmo y escala consistentes con los objetivos del Acuerdo de París⁴.
- Divulgar plenamente los impactos climáticos y los riesgos económicos de sus negocios, incluyendo la magnitud de las emisiones de calentamiento global asociadas a sus operaciones y al uso de sus productos, los riesgos físicos de sus operaciones y los riesgos financieros relacionados con las demandas por responsabilidad climática⁵.
- Dejar de financiar o participar en esfuerzos para retrasar o bloquear las políticas climáticas.
- Pagar la parte que les corresponda del costo de los daños relacionados con el clima y la adaptación al cambio climático, incluyendo los costos asociados a la prevención, extinción y recuperación de los incendios forestales.

FIGURA 3. Datos observados y de modelos climáticos sobre la contribución de los productores de combustibles fósiles al riesgo de incendio



Sin las emisiones provenientes de los 88 principales productores de combustibles fósiles y fabricantes de cemento, no habría sido tan grande el aumento del VPD (una medida de las condiciones de riesgo de incendio) en el oeste de Norteamérica desde 1901. Los modelos climáticos (izquierda) indican que esas emisiones representan en promedio un 48% del cambio total del VPD desde 1901 y que la contribución de los 88 principales empieza a ser perceptible alrededor de 1950 (el rango intercuartílico de los modelos está sombreado). Las observaciones (derecha) sugieren que la contribución fue incluso mayor (57% del cambio total desde 1901), lo que significa que los dos conjuntos de datos coinciden en que aproximadamente la mitad del aumento del VPD desde principios del siglo XX puede atribuirse a las emisiones provenientes de los 88 principales.

Nota: Los datos aquí mostrados son relativos al promedio de 1901-1950 y están ajustados para reflejar un promedio móvil de 21 años.

FUENTE: DAHL ET AL. 2023.

Políticas adicionales para limitar los daños de los incendios forestales

Incluso con una mayor rendición de cuentas por parte de las empresas, los esfuerzos necesarios para aumentar la resiliencia a los incendios forestales son enormes y deben estar mejor respaldados por los programas y políticas existentes, así como por otros nuevos en cada una de las categorías que se indican a continuación.

Reducir rápidamente las emisiones que atrapan el calor

Una acción contundente para reducir las emisiones globales que atrapan el calor disminuirá el riesgo de incendios forestales en el futuro y proporcionará numerosos beneficios económicos y de salud pública. Estados Unidos debe aplicar soluciones justas y equitativas que cumplan con el compromiso de reducir para el año 2030 sus emisiones que atrapan el calor entre un 50 y un 52 por ciento por debajo de los niveles del 2005 como mínimo, además de lograr emisiones netas cero a más tardar en el 2050⁶. La implementación de la Ley de Reducción de la Inflación del 2022

y la promulgación de normas estrictas sobre la contaminación por carbono y metano serán fundamentales para cumplir con esos compromisos, al igual que la promulgación de políticas adicionales para reducir las emisiones⁷.

Reducir los incendios forestales provocados por accidentes

La mayoría de los incendios forestales en el oeste de Norteamérica son iniciados por accidentes prevenibles de personas e infraestructuras eléctricas (Balch et al. 2017; Coogan et al. 2020). El Congreso y los estados deben promulgar leyes que obliguen a las empresas de servicios públicos a planear e implementar medidas que impidan que las infraestructuras energéticas provoquen incendios y que además involucren a las comunidades, protejan los ecosistemas y garanticen el funcionamiento continuo de los equipos críticos. Los gobiernos federales, estatales y locales también deben incentivar las mejoras de las propiedades ubicadas en las áreas de riesgo de incendio, como la creación de espacios defendibles⁸, el uso de materiales ignífugos y la adopción de los códigos de construcción más recientes.

Aumentar los recursos para la salud de los bosques

Con el fin de ayudar a restaurar la salud de los bosques en la zona occidental del país después de un siglo de extinguir agresivamente los incendios, el Congreso debe asignar y mantener fondos para identificar a los bosques en riesgo y aumentar los programas de tratamiento forestal, tales como el aclareo y las quemas prescritas que pueden reducir la propagación y la gravedad de los incendios⁹. Además, las agencias federales y estatales deben trabajar para reducir las barreras al uso de las quemas prescritas, incluso por parte de las comunidades indígenas que las utilizan desde hace mucho tiempo con fines culturales y ecológicos. Como parte de estos esfuerzos, las agencias de gobierno y los funcionarios responsables de desarrollar e implementar estrategias de gestión forestal deben respetar la soberanía tribal, los conocimientos ecológicos tradicionales, las tradiciones culturales y las aportaciones locales (Clark, Miller y Hankins 2022).

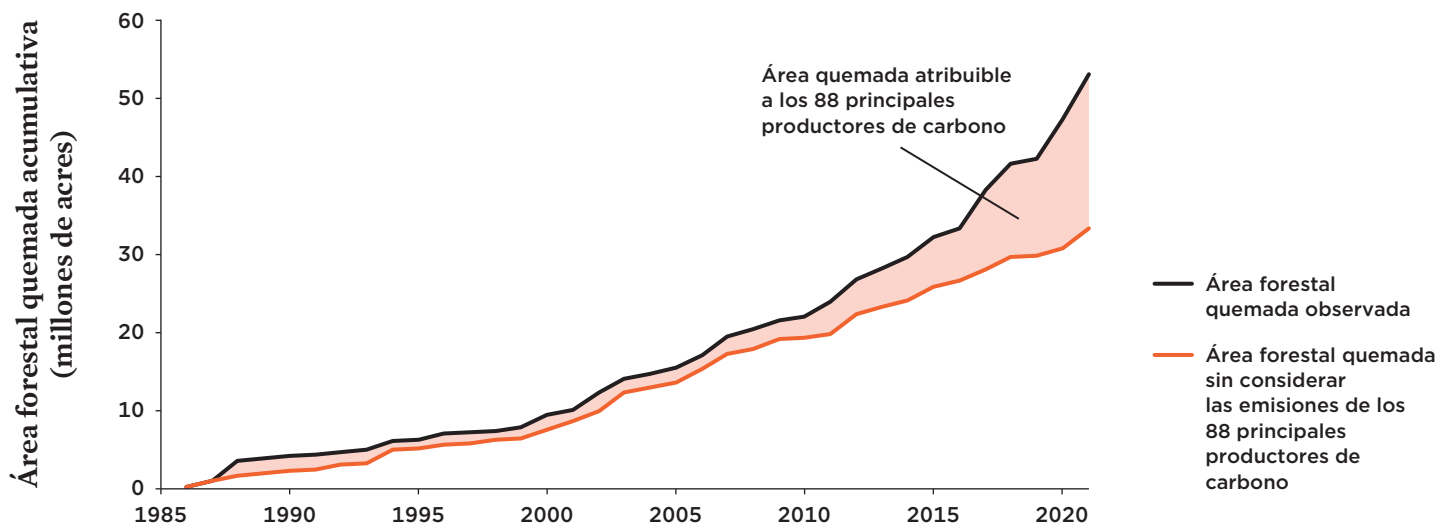
Proteger la salud y la seguridad de la comunidad

Las campañas, los programas y las políticas de salud pública son fundamentales para hacer frente a las amenazas directas e indirectas de los incendios forestales en perjuicio de la seguridad y el bienestar de las personas que trabajan al aire libre o que

padecen enfermedades preexistentes, especialmente los jóvenes, los ancianos o las mujeres embarazadas. A fin de reducir la exposición potencial a los incendios forestales y al humo, el Congreso debe promulgar leyes para requerir que las agencias mejoren los modelos de comportamiento de los incendios forestales y del humo, además de optimizar las comunicaciones de seguridad en tiempo real al público, a los funcionarios locales y a los bomberos forestales¹⁰. Los gobiernos locales y estatales también deben crear sólidos sistemas de control del agua y subsidiar el costo del análisis y tratamiento del agua en los hogares para garantizar la seguridad del agua después de un incendio forestal.

Las leyes estatales y locales y los reglamentos de zonificación son fundamentales para reducir estos riesgos poniendo límites al desarrollo en la interfaz urbano-forestal e invirtiendo en viviendas seguras y asequibles en otros lugares. Los legisladores deben garantizar que las pólizas de seguros contra incendios sean transparentes y asequibles, y deben orientar a los consumidores para que reduzcan el costo de los seguros adoptando medidas de mitigación de los incendios forestales. En los lugares donde el riesgo de incendio sea cada vez más insostenible, los funcionarios públicos deben involucrar directamente a las comunidades en la planeación de su futuro e incluir, si así lo deciden, la reubicación justa y equitativa a lugares más seguros.

FIGURA 4. Contribución de los 88 principales productores de carbono al área forestal quemada



Con el aumento en riesgo de incendios en el oeste de Norteamérica debido al cambio climático, las emisiones generadas por los 88 principales productores mundiales de combustibles fósiles y los fabricantes de cemento han contribuido al 37% de la superficie forestal quemada en la región desde 1986 (el primer año para el que se dispone de estimaciones confiables de la superficie quemada), aumentando así la propensión a los incendios en el oeste de Norteamérica. Las observaciones demuestran que desde 1986 se han quemado 53,0 millones de acres de tierras forestales en toda la región. Casi 19,8 millones de acres de esa superficie quemada son atribuibles a las emisiones provenientes de los 88 principales productores de carbono.

FUENTE: DAHL ET AL. 2023.

Promover, dar seguimiento y coordinar las inversiones equitativas

Los efectos de los incendios forestales suelen afectar principalmente a las personas, los hogares y las comunidades con menos recursos para hacerles frente. De acuerdo con la iniciativa Justice40 de la administración Biden¹¹, las inversiones federales previas y posteriores a los incendios deben dar prioridad a estas comunidades, así como a otras que han sido marginadas durante mucho tiempo. Las agencias federales también deben garantizar que las comunidades de bajos recursos no se vean abrumadas por la dificultad de igualar el financiamiento federal o los requisitos de presentación de informes. Al mismo tiempo, los estados deben dar prioridad a estas comunidades mientras desarrollan su capacidad para recibir y distribuir fondos e implementar programas. Las agencias federales y estatales deben garantizar un financiamiento adecuado para la plena participación de las tribus en la planeación, elaboración de políticas e implementación de las inversiones a fin de aumentar la resiliencia ante los incendios forestales (STACCCWG 2021). Para garantizar la eficacia de las inversiones en resiliencia, la Comisión Federal de Mitigación y Gestión de Incendios Forestales debe desarrollar y aplicar oportunamente un marco global que permita coordinar las medidas de reducción del riesgo de incendio en todas las jurisdicciones.

Conclusión

Aunque los países y los consumidores tienen cierta responsabilidad respecto al cambio climático y sus repercusiones, las empresas de combustibles fósiles pueden y deben rendir cuentas como responsables de los daños climáticos. A partir de la década de 1960, las principales empresas de combustibles fósiles y asociaciones industriales sabían que el uso de combustibles fósiles afectaría negativamente al clima de la Tierra (Franta 2018). A pesar de ello, las empresas han operado campañas de desinformación y engaño sobre las causas y la ciencia del cambio climático y se han esforzado por bloquear las acciones climáticas significativas.

Las comunidades de todo el mundo están acudiendo a los tribunales para exigir que los productores de combustibles fósiles rindan cuentas por su engaño deliberado y por los daños previsibles y evitables. Esta rendición de cuentas es especialmente importante en el caso de aquellos que menos han contribuido al aumento de las emisiones que atrapan el calor en el mundo y que están soportando el peso de las consecuencias. El cálculo de cuánto contribuye la industria de los combustibles fósiles al aumento del riesgo de incendio y a la superficie forestal quemada que se describe en este documento sugiere que puede haber motivos legales para exigir responsabilidades a la industria de los

combustibles fósiles por los impactos de los incendios forestales, la reducción del riesgo, el desarrollo de una mayor resiliencia y la mitigación de los peligros.

Las emisiones de los productos de las empresas de combustibles fósiles han modificado radicalmente el clima del oeste de Norteamérica y han dejado tras de sí un paisaje carbonizado en el que sufren las personas, las comunidades y los ecosistemas que hacen posible su existencia. Hasta la fecha, el público en general ha pagado el costo de la preparación, la extinción y la reconstrucción después del paso de los incendios forestales, mientras que los productores de combustibles fósiles se embolsan miles de millones de dólares en utilidades (Halper 2023). Después de haber avivado las llamas durante mucho tiempo, la industria de los combustibles fósiles debe empezar a pagar la parte que le corresponde.

Metodología

En este análisis se utilizó una combinación de datos observacionales y modelos para determinar la contribución de los 88 principales a los cambios observados en el VPD y la superficie forestal quemada en el oeste de Norteamérica. En primer lugar, se utilizó un modelo de balance energético global del ciclo del carbono para simular el cambio de la temperatura promedio global desde 1900 en dos escenarios diferentes, uno que incluía las emisiones de dióxido de carbono y metano de los 88 principales y otro que excluía dichas emisiones. De este modo se obtuvo una estimación de cómo contribuyeron las emisiones provenientes de esos productores al aumento de la temperatura promedio global desde 1900. Luego se utilizaron datos observacionales y un conjunto de 28 modelos climáticos globales para determinar cómo se relacionaban los aumentos de la temperatura promedio global con el VPD en las tierras forestales del oeste de Norteamérica. A continuación, se determinó la contribución de los 88 principales al cambio regional del VPD desde 1901 multiplicando su contribución al cambio de la temperatura promedio global por la relación entre la temperatura promedio global y el VPD. Por último, se utilizaron datos observacionales de 1986 a 2021 para modelar la relación entre el VPD y la superficie forestal quemada. Esta relación se aplicó entonces al cambio del VPD resultante de las emisiones de los 88 principales, lo que resultó en una estimación de la contribución de estas empresas a la superficie forestal quemada acumulada en el oeste de Norteamérica. Hay que tener en cuenta que cuando se realizó el análisis sólo se disponía de datos sobre las emisiones de los 88 principales hasta el 2015. Por lo tanto, las emisiones de los 88 principales se mantuvieron constantes durante el periodo comprendido entre 2015 y 2021. Para consultar la metodología completa, vea Dahl et al. (2023).

Limitaciones y advertencias

Este análisis se limitó a las áreas forestales porque la relación entre el VPD y la superficie quemada es mayor en las áreas forestales que en otros ecosistemas del oeste de Estados Unidos y el suroeste de Canadá. Aunque ha habido muchos factores que impulsaron cambios en el riesgo y el comportamiento de los incendios forestales en las últimas décadas, incluyendo la supresión generalizada de los incendios, la pérdida de las prácticas de quema indígenas y el crecimiento de la población en zonas propensas a los incendios forestales, este estudio se enfocó únicamente en el impacto que tiene el calentamiento de las temperaturas en el aumento del VPD y la superficie forestal quemada. Por último, es posible que las relaciones entre la temperatura promedio global, el VPD y la superficie forestal quemada no sean válidas si se analizan subregiones más pequeñas del área de estudio.

Todos los autores pertenecen al Programa de Clima y Energía de la UCS. Kristina Dahl es la principal científica especializada en cuestiones climáticas, Carly Phillips es científica investigadora, Alicia Race es promotora de políticas de resiliencia estatal, Shana Udvardy es analista senior de políticas de resiliencia climática y J. Pablo Ortiz-Partida es científico bilingüe senior especializado en temas de agua y clima.

Agradecimientos

Este informe ha sido posible gracias al generoso apoyo de la Barr Foundation, Blanchette Hooker Rockefeller Fund, Farvue Foundation, Foundation for International Law for the Environment, Grantham Foundation for the Protection of the Environment, MacArthur Foundation, Rockefeller Family Fund, Scherman Foundation, Wallace Global Fund, Water Foundation, donantes particulares y miembros de UCS.

Los autores desean agradecer a tres revisores inter pares que revisaron este informe o la publicación asociada en *Environmental Research Letters*. El informe también contó con las revisiones y los consejos de muchos integrantes de UCS, como Daniel Barad, Kate Cell, Rachel Cleetus, Sanjali De Silva, Brenda Ekwurzel, Adam Markham, Kathy Mulvey, Lisa Nurnberger, Ashley Siefert Nunes y Coreen Weintraub. Por último, los autores agradecen a Cynthia DeRocco, Anthony Eyring, Tyler Kemp-Benedict, Karin Matchett, Michelle Rama-Poccia, Heather Tuttle y Bryan Wadsworth por su ayuda en la edición y publicación.

Las afiliaciones a organizaciones se indican únicamente con fines de identificación. Las opiniones aquí expresadas no reflejan necesariamente aquellas de las organizaciones que financiaron el informe ni las de las personas que lo elaboraron o revisaron. La Unión de Científicos Conscientes es la única responsable del contenido del informe.

Notas finales

1. Sólo se dispone de estimaciones confiables y consistentes sobre la superficie quemada en el oeste de Norteamérica a partir de 1986.
2. Los datos observacionales mostraron una relación positiva entre la temperatura promedio global y el VPD regional de marzo-septiembre de 0,99 hPa/°C o 13,4%/°C. Todos los modelos CMIP6 también

mostraron una relación positiva entre la temperatura promedio global y el VPD regional de marzo-septiembre, con una media de 28 modelos de 0,81 hPa/°C (IQR 0,53-1,05 hPa/°C) o 12,9%/°C.

3. Consulte www.eenews.net/articles/biden-fails-to-fulfill-pledge-on-climate-lawsuits.
4. El Acuerdo de París es un tratado internacional para hacer frente al cambio climático. Consulte <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>.
5. Para obtener más información sobre las emisiones de alcance 1, 2 y 3, consulte <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards-supporting/FAQ.pdf>.
6. Consulte <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/04/22/fact-sheet-president-biden-sets-2030-greenhouse-gas-pollution-reduction-target-aimed-at-creating-good-paying-union-jobs-and-securing-u-s-leadership-on-clean-energy-technologies/>.
7. Otras políticas deben promover la electricidad limpia, la eficiencia energética, los vehículos de emisiones cero, el transporte público, la electrificación de edificios y procesos industriales, y los suelos y bosques sanos. (Baek et al. 2021; Pinto de Moura 2022).
8. La inflamabilidad estructural y el espacio defendible, un área alrededor de una estructura diseñada para reducir el riesgo de incendio, son componentes clave para proteger las propiedades de los incendios forestales. Para obtener más información, consulte <https://csfs.colostate.edu/wildfire-mitigation/protect-your-home-property-from-wildfire/>.
9. Entre los esfuerzos por identificar a los bosques en riesgo se incluye la estrategia decenal de crisis por incendios forestales del Servicio Forestal de Estados Unidos. Consulte <https://www.fs.usda.gov/managing-land/wildfire-crisis>.
10. Consulte H.R.550, Ley FIRE del 2023, www.congress.gov/bill/118th-congress/house-bill/550; <https://www.usfa.fema.gov/downloads/pdf/publications/wui-issues-resolutions-report.pdf>; H.R.369, Ley de Comunicaciones y Difusión de Información sobre Incendios Forestales del NIST, www.congress.gov/bill/118th-congress/house-bill/369.
11. Consulte la iniciativa Justice40 de la Casa Blanca, una iniciativa de gobierno integral, <https://www.whitehouse.gov/es/justicia-ambiental/justice40/>.

Referencias

- Abatzoglou, John T. y A. Park Williams. 2016. "Impact of Anthropogenic Climate Change on Wildfire across Western US Forests." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113 (42): 11770–75. <https://doi.org/10.1073/pnas.1607171113>
- Abatzoglou, John T., A. Park Williams, Luigi Boschetti, Maria Zubkova y Crystal A. Kolden. 2018. "Global Patterns of Interannual Climate–Fire Relationships." *Global Change Biology* 24 (11): 5164–75. <https://doi.org/10.1111/gcb.14405>
- Albano, Christine M., John T. Abatzoglou, Daniel J. McEvoy, Justin L. Huntington, Charles G. Morton, Michael D. Dettinger y Thomas J. Ott. 2022. "A Multidataset Assessment of Climatic Drivers and Uncertainties of Recent Trends in Evaporative Demand Across the Continental United States." *Journal of Hydrometeorology* 23 (4): 505–19. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-21-0163.1>

- Baek, Y., T. Boettner, R. Cleetus, S. Clemmer, C. Esquivia-Zapata, C. Farly, B. Issac, et al. 2021. "A Transformative Climate Action Framework: Putting People at the Center of Our Nation's Clean Energy Transition." Cambridge, MA: Unión de Científicos Conscientes. <https://www.ucsusa.org/resources/clean-energy-transformation>
- Balch, Jennifer K., Bethany A. Bradley, John T. Abatzoglou, R. Chelsea Nagy, Emily J. Fusco y Adam L. Mahood. 2017. "Human-Started Wildfires Expand the Fire Niche across the United States." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114 (11): 2946–51. <https://doi.org/10.1073/pnas.1617394114>
- Barrett, Kimiko. 2022. "Wildfires Destroy Thousands of Structures Each Year." Bozeman, MT: Headwaters Economics. <https://headwaterseconomics.org/natural-hazards/structures-destroyed-by-wildfire/>
- BCWS (Servicio de Incendios Forestales de British Columbia). 2022. "Wildfire Averages—Province of British Columbia." Provincia de British Columbia. 2022. <https://www2.gov.bc.ca/gov/content/safety/wildfire-status/about-bcws/wildfire-statistics/wildfire-averages>
- Burke, Marshall, Sam Heft-Neal, Jessica Li, Anne Driscoll, Patrick Baylis, Matthieu Stigler, Joakim A. Weill, et al. 2022. "Exposures and Behavioural Responses to Wildfire Smoke." *Nature Human Behaviour* (Julio): 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41562-022-01396-6>
- CAI (Climate Accountability Institute). 2020. "Carbon Majors 2018 Data Set." Snowmass, CO. https://climateaccountability.org/carbonmajors_dataset2020.html
- CalFire. 2022. "Statistics." 2022. Sacramento, CA: Departamento de Silvicultura y Protección contra Incendios. <https://www.fire.ca.gov/stats-events>
- Chen, Gongbo, Yuming Guo, Xu Yue, Shilu Tong, Antonio Gasparrini, Michelle L. Bell, Ben Armstrong, et al. 2021. "Mortality Risk Attributable to Wildfire-Related PM_{2.5} Pollution: A Global Time Series Study in 749 Locations." *The Lancet Planetary Health* 5 (9): e579–87. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(21\)00200-X](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00200-X)
- Childs, Marissa L., Jessica Li, Jeffrey Wen, Sam Heft-Neal, Anne Driscoll, Sherrie Wang, Carlos F. Gould, et al. 2022. "Daily Local-Level Estimates of Ambient Wildfire Smoke PM_{2.5} for the Contiguous US." *Environmental Science & Technology* 56 (19): 13607–21. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c02934>
- Clark, Sara A., Andrew Miller y Don L. Hankins. 2022. "Good Fire: Current Barriers to the Expansion of Cultural Burning and Prescribed Fire in California and Recommended Solutions." Tribu Karuk. https://karuktribeclimatechangeprojects.files.wordpress.com/2022/06/karuk-prescribed-fire-rpt_2022_v2-1.pdf
- Coogan, Sean C. P., L. D. Daniels, Den Boychuk, Philip J. Burton, Mike D. Flannigan, Sylvia Gauthier, Victor Kafka, Jane S. Park y B. Mike Wotton. 2020. "Fifty Years of Wildland Fire Science in Canada." *Canadian Journal of Forest Research* 51 (2): 283–302.
- Dahl, Kristina, J. T. Abatzoglou, Carly Phillips, J. Pablo Ortiz-Partida, Rachel Licker, L. Delta Merner y B. Ekwurzel. 2023. "Quantifying the Contribution of Major Carbon Producers to Increases in Vapor Pressure Deficit and Burned Area in Western US and Southwestern Canadian Forests." *Environmental Research Letters*.
- EPA (Agencia de Protección Ambiental). 2015. "Ecoregions of North America." Data and Tools. Washington, DC. <https://www.epa.gov/eco-research/ecoregions-north-america>
- Franta, Benjamin. 2018. "Early Oil Industry Knowledge of CO₂ and Global Warming." *Nature Climate Change* 8 (12): 1024–25. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0349-9>
- Frumhoff, Peter C., Richard Heede y Naomi Oreskes. 2015. "The Climate Responsibilities of Industrial Carbon Producers." *Climatic Change* 132 (2): 157–71. <https://doi.org/10.1007/s10584-015-1472-5>
- Haikerwal, Anjali, Muhammad Akram, Malcolm R. Sim, Mick Meyer, Michael J. Abramson y Martine Dennekamp. 2016. "Fine Particulate Matter (PM_{2.5}) Exposure During a Prolonged Wildfire Period and Emergency Department Visits for Asthma." *Respirology* 21 (1): 88–94. <https://doi.org/10.1111/resp.12613>
- Halper, Evan. 2023. "Shell Adds to Oil Industry's Record Profits, with \$41.6 Billion." *Washington Post*, 2 de febrero del 2023. <https://www.washingtonpost.com/business/2023/01/31/oil-profits-chevron-exxonmobil-earnings>
- Haynes, Katharine, Karen Short, Gavrili Xanthopoulos, Domingos Viegas, Luis Mário Ribeiro y Raphaela Bianchi. 2020. "Wildfires and WUI Fire Fatalities." In *Encyclopedia of Wildfires and Wildland-Urban Interface (WUI) Fires*, editado por Samuel L. Manzello, 1–16. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-51727-8_92-1
- Heft-Neal, Sam, Anne Driscoll, Wei Yang, Gary Shaw y Marshall Burke. 2022. "Associations Between Wildfire Smoke Exposure During Pregnancy and Risk of Preterm Birth in California." *Environmental Research* 203: 111872. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111872>
- Hill, Avery P., Connor J. Nolan, Kyle S. Hemes, Trevor W. Cambron y Christopher B. Field. 2023. "Low-Elevation Conifers in California's Sierra Nevada Are out of Equilibrium with Climate." *PNAS Nexus* 2 (2): pgad004. <https://doi.org/10.1093/pnasnexus/pgad004>
- Medellín-Azuara, Josué, Alvar Escriba-Bou, José M. Rodríguez-Flores, Spencer A. Cole, John T. Abatzoglou, Joshua H. Viers, Nicholas Santos y Daniel A. Summer. 2022. "Economic Impacts of the 2020–22 Drought on California Agriculture." Merced, CA: Universidad de California–Merced. https://wsm.ucmerced.edu/wp-content/uploads/2022/11/Economic_Impact_CA_Drought_V01.pdf
- MTBS (Monitoreo de las Tendencias en la Gravedad de las Quemaduras). 2023. "Monitoring Trends in Burn Severity." 2023. <https://www.mtbs.gov>
- NIFC (Centro Nacional Interagencias contra Incendios). 2022. "Federal Firefighting Costs (Suppression Only)." Boise, ID. <https://www.nifc.gov/sites/default/files/document-media/suppcosts.pdf>
- . 2023. "WFIGS [Servicios Geoespaciales Interagencias contra Incendios Forestales] Current Interagency Fire Perimeters." Boise, ID. <https://data-nifc.opendata.arcgis.com/datasets/nifc:wfigs-current-interagency-fire-perimeters/about>
- . n.d. "Statistics." Boise, ID. Consultado el 23 de marzo del 2023. <https://www.nifc.gov/fire-information/statistics>
- NRC (Recursos Naturales de Canadá). 2021. "Cost of Wildland Fire Protection." Ottawa, ON. <https://www.nrcan.gc.ca/climate-change/impacts-adaptations/climate-change-impacts-forests/forest-change-indicators/cost-fire-protection/17783>
- . 2023. "Canadian National Fire Database." Ottawa, ON. <https://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/ha/nfdb>
- Perrone, D. y S. Jasechko. 2017. "Dry Groundwater Wells in the Western United States." *Environmental Research Letters* 12 (10): 104002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa8ac0>

- Phillips, Carly y Kristina Dahl. 2022. *Fire and Water in the Western United States: How Worsening Wildfires Threaten Water Resources in the West*. Cambridge, MA: Unión de Científicos Conscientes. <http://dx.doi.org/10.47923/2022.14633>
- Pinko, Nicole, Kathy Mulvey, Brenda Ekwurzel, Peter Frumhoff, Natalie Hurd y Jean Sideris. 2018. *The 2018 Climate Accountability Scorecard*. Cambridge, MA: Unión de Científicos Conscientes. <https://www.ucsusa.org/resources/climate-accountability-scorecard-0>
- Pinto de Moura, Maria Cecilia. 2022. *Low-Carbon Pathways for Transportation: Ramping up vehicle electrification and phasing out petroleum*. Cambridge, MA: Unión de Científicos Conscientes. <https://www.ucsusa.org/resources/low-carbon-pathways-transportation>
- Shue, Henry. 2017. "Responsible for What? Carbon Producer CO₂ Contributions and the Energy Transition." *Climatic Change* 144 (4): 591–96. <https://doi.org/10.1007/s10584-017-2042-9>
- STACCWG (Status of Tribes and Climate Change Working Group). 2021. Status of Tribes and Climate Change Report, Institute for Tribal Environmental Professionals, Northern Arizona University, Flagstaff, AZ. [Marks-Marino, D. (ed.)] <http://nau.edu/stacc2021>
- Stokstad, Erik. 2020. "Droughts Exposed California's Thirst for Groundwater. Now, the State Hopes to Refill Its Aquifers." *Science*, 16 de abril del 2020. <https://www.sciencemag.org/news/2020/04/droughts-exposed-california-s-thirst-groundwater-now-state-hopes-refill-its-aquifers>
- Syphard, Alexandra D., Jon E. Keeley, Anne H. Pfaff y Ken Ferschweiler. 2017. "Human Presence Diminishes the Importance of Climate in Driving Fire Activity across the United States." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114 (52): 13750–55. <https://doi.org/10.1073/pnas.1713885114>
- To, Patricia, Ejemai Eboime y Vincent I. O. Agyapong. 2021. "The Impact of Wildfires on Mental Health: A Scoping Review." *Behavioral Sciences* 11 (9): 126. <https://doi.org/10.3390/bs11090126>
- Wang, Daoping, Dabo Guan, Shupeng Zhu, Michael Mac Kinnon, Guannan Geng, Qiang Zhang, Heran Zheng, et al. 2021. "Economic Footprint of California Wildfires in 2018." *Nature Sustainability* 4 (3): 252–60. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00646-7>
- Westerling, Anthony LeRoy. 2016. "Increasing Western US Forest Wildfire Activity: Sensitivity to Changes in the Timing of Spring." *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 371 (1696): 20150178. <https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0178>
- Westerling, A. L., H. G. Hidalgo, D. R. Cayan y T. W. Swetnam. 2006. "Warming and Earlier Spring Increase Western U.S. Forest Wildfire Activity." *Science* 313 (5789): 940–43. <https://doi.org/10.1126/science.1128834>
- Williams, A. Park, Benjamin I. Cook y Jason E. Smerdon. 2022. "Rapid Intensification of the Emerging Southwestern North American Megadrought in 2020–2021." *Nature Climate Change* 12 (3): 232–34. <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01290-z>