

Incendios forestales de California: *tiempo y clima*

POR STEVEN M. HUNTER, M.S., CONSULTOR METEOROLÓGICO, CAMINOMORISCO (DISDROMETER@GMAIL.COM)

Introducción

Los incendios forestales de proporciones y frecuencia récord han asolado California y otros estados del oeste de los Estados Unidos en la última década. ¿Cuáles son las condiciones meteorológicas que dan lugar a tales incendios y qué podemos esperar en el futuro?

La iniciación de incendios en todas partes se ve favorecida por el tiempo cálido y seco y, también por los vientos fuertes. La situación más conocida (y más investigada) con tales condiciones es la de los vientos de Santa Ana. Estos son fuertes vientos de ladera descendentes (catabáticos) producidos por una zona de alta presión situada en el interior de la Gran Cuenca (que se extiende por el estado de Nevada y sudeste de California), posiblemente combinada con una vaguada de presión a lo largo de la costa sur de California, que fluyen hacia el sur de California (por ejemplo, Fig. 1), experimentando un calentamiento adiabático a medida que descienden hacia el mar. Se ha señalado que este flujo está asociado con una fuerte advección de aire frío a niveles bajos (~ 850 hPa)¹. Esto crea una atmósfera cálida y seca ideal para el inicio y propagación de incendios en esta región.

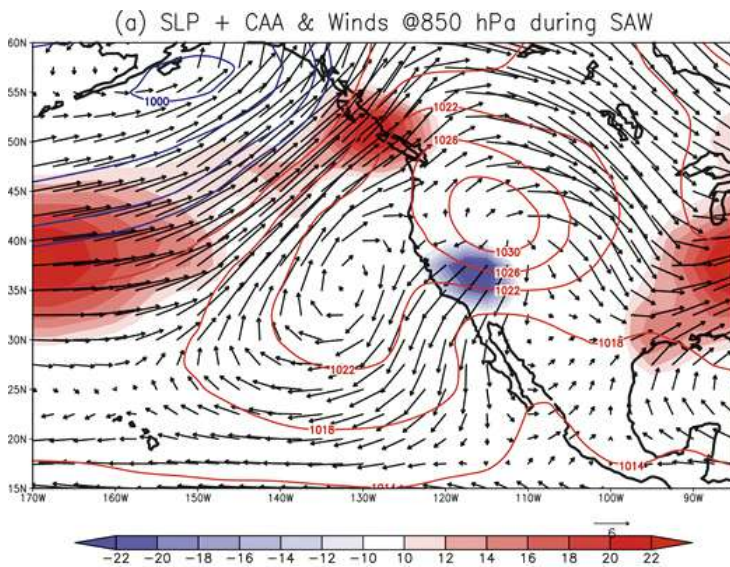


Figura 1. Presión a nivel del mar (contorneada, hPa), advección de temperatura media a 850 hPa (sombreado, $K \text{ día}^{-1}$) y vientos medios de 850 hPa (vectores, $m \text{ s}^{-1}$) para vientos de Santa Ana definido a partir de variables NCEP – NCAR (1948–2010). Fuente: [1]

Los vientos de Santa Ana generalmente se restringen al sur de California. Sin embargo, como se ha visto en los últimos años, los grandes incendios forestales han afectado a muchas otras partes del Estado. Un ejemplo trágico fue el “Camp Fire,” el más mortífero y destructivo en la historia del estado. También fue el más costoso del mundo, con \$16.650 millones en pérdidas. Ocurrió el 8 de noviembre de 2018 en la zona norte y

central de California, matando a 85 personas. El fuego fue instigado por los “vientos del Diablo,” los equivalentes o de Santa Ana? para el norte de California. Ambos tipos son vientos foehn (catabáticos), generados por un gradiente de presión superficial y unas condiciones de combustible otoñales igualmente favorables para los incendios. En el caso de “Camp Fire”, el gradiente de presión se intensificó por el paso de una vaguada de onda corta en los niveles superiores (Fig. 2). Las Figuras 3 y 4, respectivamente, muestran la enorme columna de humo del incendio y los daños en la ciudad de Paradise, que fue completamente destruida.

El otoño es la estación de incendios más común, después del habitual verano seco y antes de las lluvias invernales. California tiene un clima mediterráneo (clasificación climática de Köppen Csb), con pocas precipitaciones entre mayo y octubre debido al predominio de la alta presión subtropical del Pacífico Norte. Curiosamente, este fenómeno es análogo al anticiclón de las Azores que produce una sequedad similar durante el mismo período en la península ibérica, que también tiene un clima mediterráneo y ha experimentado un aumento de los incendios forestales en los últimos años, especialmente en Portugal. En consecuencia, en otoño, la vegetación está seca, lo que proporciona el combustible necesario para el fuego. También es probable que la densidad de la vegetación aumente la cantidad de combustible disponible. Esto lo sugiere un estudio de dos importantes incendios forestales de California que indicó como condiciones previas un “invierno excepcionalmente hú-

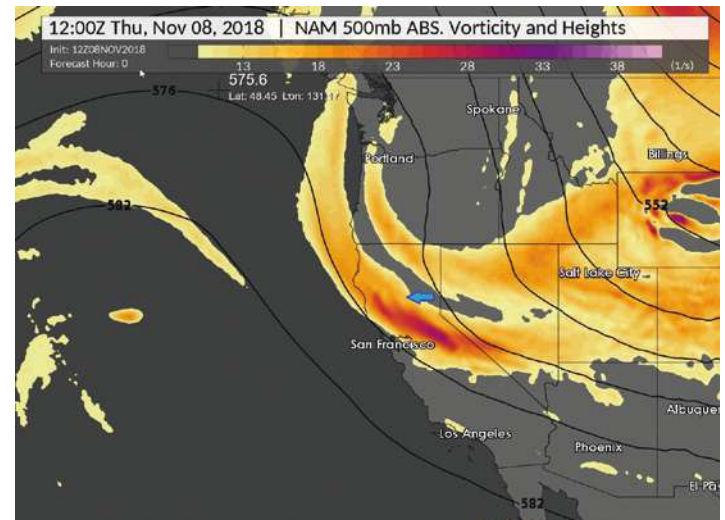


Figura 2. Altura geopotencial (dam; contornos) y vorticidad (sombreado) en el nivel 500 hPa, a partir del modelo NAM de 12 km, alrededor del momento de inicio del “Camp Fire”. La ubicación del incendio forestal se indica con una flecha azul. Fuente: National Weather Service Western Region Headquarters, Service Assessment, November 2018: Camp Fire, January 2020 (<https://www.weather.gov/media/publications/assessments/sal162SignedReport.pdf>).

mo. Este estudio sugiere que las condiciones previas de un “invierno excepcionalmente hú-



Figura 3. Enorme columna de humo del “Camp Fire” cerca de Paradise. Giacomo Luca, Twitter, 8 Noviembre 2018 (<https://twitter.com/giacomolucav/status/1060640336064610304>).



Figura 4. Un vecindario quemado en Paradise, California, el 15 de noviembre de 2018. Fuente: Alex Johnson, NBC News, 15 Noviembre 2018 (<https://www.nbcnews.com/news/us-news/death-toll-rises-56-northern-california-s-camp-fire-n936466>).

medo que fue precedido por una sequía severa de cuatro años. Los combustibles fueron otra condición previa producida por el verano y otoño más cálidos registrados en el norte y sur de California, respectivamente”².

El “Camp Fire” se inició por una falla en una línea de transmisión eléctrica. Esto trae a colación otro desencadenante importante de incendios, que está relacionado con los asentamientos humanos. La población de California ha tenido un rápido crecimiento desde la década de 1930, lo que provocó la invasión de la infraestructura humana en áreas previamente deshabitadas. Esto no solo aumenta la posibilidad de que las personas inicien un incendio (incluido el incendio provocado), sino que también aumenta en gran medida el riesgo para las vidas humanas y los edificios. Esta expansión de la población es análoga al aumento de los asentamientos humanos en las zonas costeras propensas a las tormentas tropicales y en las llanuras de inundación. Una variable antropogénica relacionada son los cambios en la gestión forestal por parte de las agencias estatales y nacionales encargadas de dicha gestión, con un objetivo principal que es

la extinción de incendios. Ha habido una creciente presión sobre dichas agencias para que luchen agresivamente contra los incendios para proteger los asentamientos humanos, a pesar de la evidencia de que este enfoque puede causar una acumulación de combustible para futuros incendios que son más peligrosos y difíciles de contener³. Estos problemas de población tienen un impacto en el ámbito sociopolítico, posiblemente en detrimento de la gestión racional de los bosques y los incendios en ausencia de presión demográfica. Esta situación es, a menudo, pasada por alto en los medios de comunicación y otros ámbitos cuando los desastres naturales afectan a los seres humanos y sus infraestructuras.

Dado lo anterior, es evidente que hay muchos factores involucrados en el inicio, propagación, magnitud y frecuencia de los incendios forestales en California, entre los cuales el escenario sinóptico es solo uno. Por supuesto, en la época actual, un tema que debe abordarse es el del cambio climático. ¿Cómo influye este cambio en los incendios forestales y cómo evolucionarán en el futuro?

Cambio climático e incendios forestales

Al igual que otros fenómenos meteorológicos o climáticos como los huracanes, las sequías y las inundaciones, ha habido recientemente mucha investigación sobre el efecto del cambio climático en las condiciones meteorológicas relacionadas con los incendios forestales. Un punto de partida sería mirar la historia de los grandes incendios forestales en California. La Tabla 1 muestra

los 20 incendios más mortíferos en la historia del Estado. Como se ve, algunos de estos han ocurrido en las últimas tres décadas. Dado el registro corto de incendios, en un sentido climático, se deben considerar estos datos solo como una evidencia circunstancial de un aumento en su número con el cambio climático reciente.

Existe evidencia sustancial de que las temperaturas inusualmente cálidas se correlacionan positivamente con los incendios forestales, por lo que es lógico suponer que con un clima más cálido esta asociación continuará⁴. Esto está respaldado por un estudio reciente⁵ que examinó las proyecciones climáticas y ocho métricas de aridez del combustible en el oeste de Estados Unidos. Los autores estimaron que el cambio climático antropogénico habría generado 4.2 millones de hectáreas adicionales a la superficie total afectada por los incendios forestales durante 1984–2015. En consecuencia, el cambio climático “ha surgido como un impulsor de una mayor actividad de incendios forestales y continuará siéndolo mientras los combustibles no sean un factor limitante”.

Incendios forestales de California: *tiempo y clima*

	NOMBRE DEL FUEGO (CAUSA)	FECHA	CONDADO	ACRES	ESTRUCTURAS	MUERTES
1	CAMP FIRE (Líneas eléctricas)	Noviembre 2018	Butte	153,336	18,804	85
2	GRIFFITH PARK (Desconocido)	Octubre 1933	Los Ángeles	47	0	29
3	TUNNEL - Oakland Hills (Reavivar) ¿??	Octubre 1991	Alameda	1,600	2,900	25
4	TUBBS (Eléctrico)	Octubre 2017	Napa & Sonoma	36,807	5,643	22
5	NORTH COMPLEX (Bajo Investigación)	Agosto 2020	Butte, Plumas, & Yuba	318,930	2,352	15
6	CEDAR (Relacionado con humanos)	Octubre 2003	San Diego	273,246	2,820	15
7	RATTLESNAKE (Incendio provocado)	Julio 1953	Glenn	1,340	0	15
8	LOOP (Desconocido)	Noviembre 1966	Los Ángeles	2,028	0	12
9	HAUSER CREEK (Relacionado con humanos)	Octubre 1943	San Diego	13,145	0	11
10	INAJA (Relacionado con humanos)	Noviembre 1956	San Diego	43,904	0	11
11	IRON ALPS COMPLEX (Rayo)	Agosto 2008	Trinity	105,855	10	10
12	REDWOOD VALLEY (Líneas eléctricas)	Octubre 2017	Mendocino	36,523	544	9
13	HARRIS (Indeterminado)	Octubre 2007	San Diego	90,440	548	8
14	CANYON (Desconocido)	Agosto 1968	Los Ángeles	22,197	0	8
15	CARR (Relacionado con humanos)	Julio 2018	Shasta County, Trinity	229,651	1,614	8
16	LNU Lightning Complex (Bajo Investigación)	Agosto 2020	Napa/Sonoma/Yolo/Stanislaus/Lake	363,220	1,491	6
17	ATLAS (Líneas eléctricas)	Octubre 2017	Napa & Solano	51,624	781	6
18	OLD (Relacionado con humanos)	Octubre 2003	San Bernardino	91,281	1,003	6
19	DECKER (Vehículo)	Agosto 1959	Riverside	1,425	1	6
20	HACIENDA (Desconocido)	Septiembre 1955	Los Ángeles	1,150	0	6

Tabla 1. Los 20 incendios forestales más mortíferos de California. Fuente: Cal Fire, 26 Octubre 2020 (https://www.fire.ca.gov/media/lbfd0m2f/top20_deadliest.pdf)

Aunque existe un claro consenso respecto a un calentamiento climático, hay un acuerdo algo más débil respecto al efecto de este calentamiento en los incendios forestales del futuro. También hay que considerar que el cambio climático también puede alterar la vegetación, en particular, el combustible del que se alimentan los incendios (Fig. 5). Esto, a su vez, influye en la resistencia de los bosques a los incendios forestales, incluso teniendo efectos beneficiosos sobre la ecología forestal⁶. Esto demuestra que los incendios, incluso los generalizados, son una parte natural del ciclo de resiliencia, regeneración y diversidad del bosque. Esto quedó claramente demostrado por la rápida e inesperada recuperación del bosque en el Parque Nacional Yellowstone (Wyoming) después de un devastador incendio en 1988⁷. Las lecciones aprendidas de este incendio en el primer parque nacional de Estados Unidos fueron la fuente de muchos replanteamientos sobre la gestión de los bosques y los incendios en los Estados Unidos, en particular, con respecto a la necesidad de sofocar todos y cada uno de los incendios que estallan.

Con respecto a las perspectivas a largo plazo de los incendios forestales en California y el oeste de EE.UU., debemos buscar en la investigación del cambio climático los factores favorables o desfavorables a esos incendios, como el calentamiento y la sequía. Está muy claro que el cambio climático durante las últimas tres décadas ha aumentado drásticamente la aridez en el oeste de los Estados Unidos, reduciendo seriamente los suministros críticos de agua en las principales cuencas fluviales como el Colorado⁸. La mayoría de la literatura científica sobre escenarios climáticos futuros, basada fundamentalmente en modelos climáticos, apunta a la continuación de la tendencia actual hacia un clima más seco, agravando la duración e intensidad de las sequías en la región. Obviamente, este no es un escenario optimista para los incendios forestales, al menos desde una perspectiva humana.

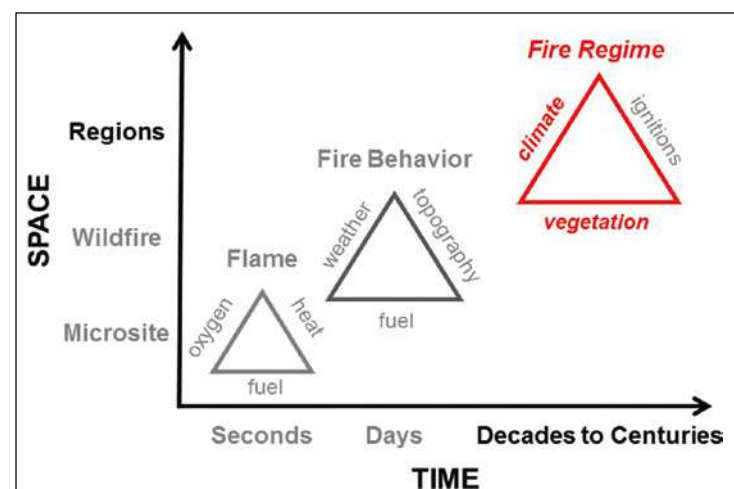


Figura 5. Modelo conceptual que describe los factores que controlan el fuego según diferentes escalas espaciales y temporales. Fuente: [6].

De lo anterior, queda claro que el daño y la extensión de los incendios forestales dependen de una compleja interacción de factores, varios de los cuales no son de naturaleza meteorológica o incluso climatológica. De hecho, se puede argumentar que la vegetación forestal, tanto de especies arbóreas como de sotobosque, implica procesos biológicos que son incluso más complejos que los de la atmósfera por sí sola. No obstante, en la siguiente sección, volvemos al tema de las condiciones meteorológicas favorables a los incendios desde la perspectiva de su pronóstico.

Previsión de la meteorología de incendios

Hemos visto en la introducción cuál es el entorno sinóptico propicio para los incendios forestales, al menos en California.

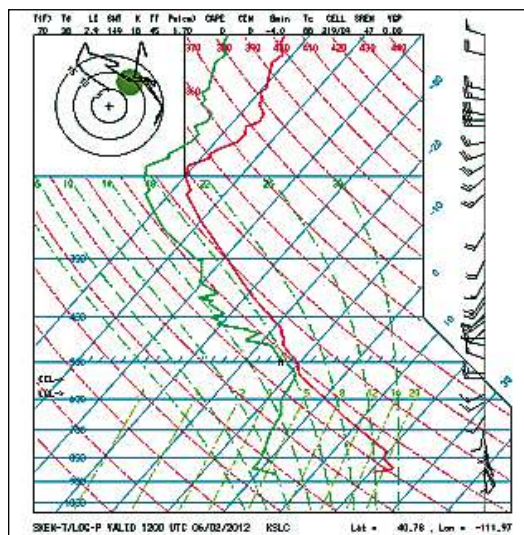


Figura 6. Diagrama oblicuo T - log p a partir de datos de radiosonda, ilustrando ejemplo de sondeo "V invertida". Fuente: Jim S., The Inverted-V Sounding, 2 junio 2012, *Wasatch Weather Weenies* (<https://wasatchweatherweenies.blogspot.com/2012/06/inverted-v-sounding.html>).

Sin embargo, incluso dentro del ámbito meteorológico, hay otras variables involucradas en la meteorología de incendios, muchas de las cuales ocurren en la mesoescala. De hecho, se sabe que un incendio forestal intenso y grande puede crear sus propias condiciones meteorológicas en esa escala y en la microescala⁹. Sin embargo, si se conocen de antemano las condiciones previas favorables a los incendios, podemos pronosticar los desencadenantes del incendio, que se han mencionado en la primera sección.

El primero y más importante es un fuerte gradiente de presión superficial en un área de fuerte potencial de incendio, que produce fuertes vientos (especialmente de la variedad foehn) que pueden propagar un incendio rápidamente, lo que dificulta su extinción. Sin embargo, debido a que los incendios forestales ocurren principalmente en las montañas, la topografía también puede crear su propia dinámica, por ejemplo, vientos catabáticos y anabáticos. Tales fenómenos requieren un conocimiento detallado de la topografía y son muy difíciles de predecir. En segundo lugar, el fenómeno natural de las tormentas convectivas genera rayos, que pueden desencadenar fácilmente un incendio forestal. Esto puede ocurrir en áreas remotas lejos de los caminos, lo que, nuevamente, hace que la lucha contra incendios sea difícil y peligrosa. Por lo tanto, se puede utilizar el diagnóstico y la predicción tradicionales del potencial convectivo, pero con la dificultad añadida de la influencia topográfica; por ejemplo, el terreno elevado induce focos calientes convectivos locales. Finalmente, la convección elevada puede producir rayos pero poca precipitación, las llamadas tormentas eléctricas secas, que son especialmente difíciles de pronosticar. Sin embargo, una ayuda para lograr esto es la presencia de un sondeo en "V invertida," que muestra inestabilidad en altura, pero una masa de aire seca en los niveles bajos (Fig. 6).

Conclusiones

En primer lugar, dada la discusión anterior, está claro que la frecuencia, intensidad y extensión de los incendios forestales dependen de numerosas variables, que no se limitan al tiempo o incluso al clima. Por lo tanto, aquellas variables fuera del ámbito de los dos últimos campos están más allá del alcance de este documento, pero deben ser consideradas en cualquier diagnóstico o predicción de incendios forestales, ya sea a corto o largo plazo. Además, el diagnóstico y pronóstico de las condiciones climáticas asociadas con tales incendios deben considerar no solo los procesos sinópticos, sino también de mesoescala y microescala, junto con las influencias de la topografía, los incendios mismos y otros factores antropogénicos. Obviamente, esto plantea un gran desafío a nuestro sistema actual de previsión. Esta situación se contraponen a la preocupación provocada por el dramático aumento reciente de la gravedad de los incendios forestales en el oeste de

los EE.UU. y los temores bien fundados de un aumento continuo, causado por el cambio climático. Esto, a su vez, ha propiciado el crecimiento en EE.UU. de esfuerzos e inversiones en mejores previsiones. Un ejemplo es un sitio web completo dedicado a la predicción del "tiempo de incendios" por

el Servicio Meteorológico Nacional de EE.UU.¹⁰

Por último, los incendios forestales representan solo uno de los desastres naturales al que se enfrentan la humanidad y el medio ambiente, que parecen verse agravados por el cambio climático y la influencia humana. Independientemente de la fuente de estas alteraciones, es evidente que ya hemos experimentado sus numerosos y profundos impactos y, de acuerdo con las proyecciones climáticas, estos continuarán en el futuro a menos que haya algunas fuerzas compensatorias no anticipadas.

Referencias

- 1 Abatzoglou J.T., Barbero R., and Nauslar N.J. 2013: Diagnosing Santa Ana Winds in Southern California with Synoptic-Scale Analysis. *Weather and Forecasting* 28(3):704-710. <https://journals.ametsoc.org/waf/article/28/3/704/39518/Diagnosing-Santa-Ana-Winds-in-Southern-California>
- 2 Nauslar N.J., Abatzoglou J.T., and Marsh P.T. 2018: The 2017 North Bay and Southern California Fires: A Case Study. *Fire* 1(1): 18. <https://www.mdpi.com/2571-6255/1/1/18/html>
- 3 Calkin D.E., Thompson M.P., and Finney M.A. 2015: Negative consequences of positive feedbacks in US wildfire management. *Forest Ecosystems* 2. <https://link.springer.com/article/10.1186/s40663-015-0033-8>
- 4 Harvey B.J. 2016: Human-caused climate change is now a key driver of forest fire activity in the western United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113(42): 11649-11650. <https://www.pnas.org/content/113/42/11649.full>
- 5 Abatzoglou J.T. and Park Williams A. 2016: Impact of anthropogenic climate change on wildfire across western US forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113(42): 11770-11775. <https://www.pnas.org/content/113/42/11770.full>
- 6 Higuera P.E. 2015: Taking time to consider the causes and consequences of large wildfires. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(43): 13137-13138. https://www.pnas.org/content/112/43/13137.long?utm_source=TrendMD&utm_medium=cpc&utm_campaign=Proc_Natl_Acad_Sci_U_S_A_TrendMD_0
- 7 Turner M.G. and Romme W.H. 2005: In *Greater Yellowstone Public Lands*, 8th Biennial Scientific Conference on the Greater Yellowstone Ecosystem, Biel A.W. (ed.) <http://npshistory.com/series/symposia/yellowstone/8.pdf#page=222>
- 8 Overpeck J.T. and Udall B. 2020: Climate change and the aridification of North America. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 117(22): 11856-11858. <https://www.pnas.org/content/117/22/11856>
- 9 Folk E. 2018: How wildfires start their own weather. *Science Connected Magazine* 29 November 2018. <https://magazine.scienceconnected.org/2018/11/wildfires-start-their-own-weather/>
- 10 NOAA National Weather Service Storm Prediction Center: *Fire Weather Outlooks*. https://www.spc.noaa.gov/products/fire_wx/ (Accedido 3 Noviembre 2020)