

Reforzamiento al Sistema de Predicción de Peligro de Incendios Forestales de México

Daniel José Vega Nieva^{1*}; Jaime Briseño¹; Carlos Ivan Briones-Herrera¹; Norma Angélica Monjarás-Vega¹; Adrián Israel Silva Cardoza¹; Hernández Pérez Marco Antonio¹; Ayala Téllez Victor¹; José Javier Corral Rivas¹; Pablito Marcelo López Serrano²; Ernesto Alvarado³; Armando González Cabán⁴; Isabel Cruz⁵; Martín Cuahtle⁵; Rainer Ressler⁵; Dante Arturo Rodríguez Trejo⁶; Diego Pérez Salicrup⁷; Enrique Jardel⁸; Gabriel Mata⁹.

¹Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Juárez del Estado de Durango, Río Papaloapan y Blvd, Durango S/N Col. Valle del Sur, 34120 Durango, Mexico;

²Instituto de Silvicultura e Industria de la madera, Universidad Juárez del Estado de Durango, Boulevard del Guadiana 501, Ciudad Universitaria, Torre de Investigación, 34120 Durango, Mexico;

³School of Environmental and Forest Sciences, University of Washington, Mailbox 352100, University of Washington, Seattle, WA 98195, USA;

⁴Pacific Southwest Research Station, US Department of Agriculture Forest Service, (retired), 4955 Canyon Crest Drive, Riverside, CA 92507, USA;

⁵Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Liga Periférico-Insurgentes Sur No. 4903, Parques del Pedregal, 14010 Tlalpan, CDMX. Mexico;

⁶División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, Km 38.5 carretera México - Texcoco, 56230 Chapingo, Estado de México;

⁷Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad. Universidad Autónoma de México. Antigua Carretera a Patzcuaro 8701. Exhacienda San Jose de la Huerta, CP 58190, Morelia, Michoacan, Mexico;

⁸Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara. Av Independencia Nacional 151, Centro, 48900 Autlán de Navarro, Jal., Mexico;

⁹Pronatura. Calle 32 #269 x 47. Col. Pinzón II. CP. 97205. Mérida, Yucatán, México.

*Autor para la correspondencia: E-mail: danieljvn@gmail.com

Resumen

El Sistema de Predicción de Peligro de Incendios Forestales de México, desarrollado por el proyecto CONAFOR CONACYT CO2-2014-3-252620", es una herramienta de apoyo a la toma de decisiones para el manejo del fuego en México. El sistema permite evaluar en tiempo real las condiciones de sequedad del combustible, y la ubicación y número esperado de puntos de calor e incendios forestales. El acceso a la información es libre a través de la página web: <http://forestales.ujed.mx/incendios/>

En base a esta información, mapeada diariamente para las condiciones actuales y pronosticadas, la CONAFOR y todos los agentes de manejo del fuego toman decisiones operacionales tales como optimizar el número y

ubicación de brigadas, asignar medios de supresión apropiados a cada incendio y establecer el calendario de quemas agrícolas y quemas prescritas. Se presentarán los componentes de la interfaz del sistema, así como las actividades de reforzamiento al mismo en las áreas de mapeado y predicción de área quemada, conglomerados de incendios y pronóstico de la dificultad de supresión de los mismos, previstas en el proyecto financiado por el fondo CONAFOR CONACYT "CO-2018-2-A3-S-131553", a ejecutar en el periodo 2019-2022.

Palabras clave: peligro, riesgo, incendios forestales, sistemas operacionales de apoyo a la toma de decisiones, SIG

Introducción

El Sistema de Predicción de Peligro de Incendios Forestales para México, desarrollado en el proyecto CONAFOR-CONACYT 2014-2-252620, es una herramienta de apoyo a la toma de decisiones para el manejo del fuego en México. Permite evaluar en tiempo real las condiciones de sequedad del combustible y el riesgo y peligro de incendio asociado. Los mapas se actualizan diariamente en base a información meteorológica, puntos de calor e incendios activos. El sistema permite el apoyo a la toma de decisiones de prevención y combate de incendios en base a las condiciones esperadas de peligro de incendio. En concreto, ofrece información sobre:

- Número de incendios esperados
- Localización esperada de incendios
- Potencial de propagación esperado del incendio

En base a esta información, mapeada diariamente para las condiciones actuales y pronosticadas, los integrantes del Programa de Manejo del Fuego pueden tomar decisiones de presupresión, prevención y supresión de incendios, tales como:

- Planear recorridos y vuelos de detección de incendios
- Asignar medios de supresión apropiados a cada incendio
- Optimizar el número y ubicación de brigadas
- Calendario de quemas agrícolas y quemas prescritas

El Sistema permite reforzar la planificación de las acciones de presupresión de incendios forestales, tales como:

- Elaborar planes de manejo del fuego que planteen acciones de manejo de combustibles para reducir los niveles de riesgo y peligro de grandes incendios y aminorar su impacto potencial.
- Adecuar estratégicamente los medios de combate de acuerdo a los parámetros de riesgo y peligro históricos, así como los pronosticados para cada temporada.

Materiales y métodos

Se presentarán los componentes de la interfaz del sistema, así como las actividades de reforzamiento al mismo en las áreas de mapeado y predicción de área quemada, conglomerados de incendios y pronóstico de la dificultad de supresión de los mismos, previstas en el proyecto financiado por el fondo CONAFOR CONACYT "CO-2018-2-A3-S-131553", a ejecutar en el periodo 2019-2022.

Resultados y discusiones

1. Componentes del sistema.

El sistema está integrado como un visor actualizado diariamente con información de puntos de calor activos (CONABIO), información meteorológica (CONABIO y SMN), e incendios activos (CONAFOR), a partir de las cuales se calculan índices de sequedad del combustible, peligro meteorológico, peligro de incendio, y número de incendios esperados por estado. Se encuentra disponible en la página web: la página web: <http://forestales.ujed.mx/incendios/>

El siguiente diagrama resume la estructura del sistema:

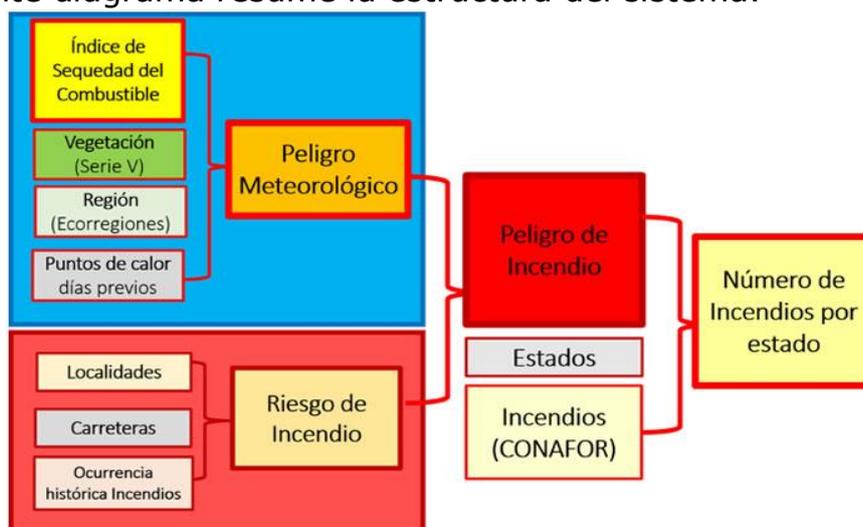


Figura 1. Diagrama General del Sistema de Predicción de Peligro de Incendios Forestales de México.

En la sección de Peligro de incendio, diariamente se mapean los siguientes índices:

1.1. Índice de Sequedad del Combustible.

El índice de sequedad del combustible se calcula a partir de imágenes diarias de temperatura, humedad relativa y precipitación, y de compuestos semanales del índice normalizado de vegetación (NDVI), suministrados diariamente por CONABIO y SMN, según la metodología descrita en Vega-Nieva *et al.* (2018). Muestra las condiciones diarias del estrés hídrico de los combustibles. El nivel *muy bajo* (<40) se asocia a la ocurrencia reciente de precipitación; el nivel de sequedad *bajo* (40-50) se relaciona con sitios con periodos de 2-3 días sin precipitaciones, mientras que el nivel de sequedad *media* (50-60) se alcanzan generalmente después de 1 semana desde la última lluvia, en estos niveles pueden ocurrir algunas igniciones, pero con bajo potencial de propagación. Valores más altos (nivel *alto* (60-70) y *muy alto* (>70)) representan combustible seco y muy seco, donde suceden la mayoría de los incendios forestales, con un comportamiento potencialmente más peligroso.

Se pueden consultar históricos del índice de sequedad de combustible en la liga: http://forestales.ujed.mx/incendios/inicio/historicos_reportes.php Asi como animaciones de los mismos en la liga: http://forestales.ujed.mx/incendios/inicio/historicos_animaciones.php

1.2. Peligro Meteorológico.

El índice de Peligro Meteorológico combina el índice de sequedad del combustible con el tipo de vegetación, ecorregión, y la presencia de puntos de calor en días anteriores, para estimar el número de igniciones esperadas por tipo de vegetación y región del país, según los modelos calibrados para los tipos de vegetación de México de Vega-Nieva *et al.* (2018, 2019a). Los niveles *bajo* y *medio* (<20 y 20-100 puntos de calor, respectivamente, en una superficie de referencia de 200.000 km² -similar a la de una región del tamaño de la Sierra Madre Occidental-) de peligro meteorológico corresponden con el inicio de la temporada de incendios, alcanzando los niveles *alto* y *muy alto* (300-700 y 700-2200 puntos de calor/200.000 km²) en los momentos de mayor actividad de la temporada de incendios, generalmente en los meses de mayo y junio. El nivel *extremo* (> 220 puntos de calor MODIS esperados en 200.000 km²) sólo se alcanza en años de sequedad del combustible y ocurrencia de puntos de calor e incendios extrema (por ejemplo el año 2011). El índice de Peligro Meteorológico permite tomar decisiones estratégicas de ubicación de medios en base a el número y localización de puntos de calor e incendios esperados por región.

1.3. Peligro de Incendio.

El índice de Peligro de Incendio se calcula combinando el índice diario de Peligro Meteorológico con un mapa de riesgo de ocurrencia de incendio por factores humanos (Monjarás-Vega, 2019a, 2019b), que considera distancia a carreteras, localidades y ocurrencia histórica de incendios. Los valores del peligro de incendio varían en el tiempo según los patrones del peligro meteorológico, alcanzando los niveles *alto* y *muy alto* en los momentos de mayor actividad de la temporada. El índice de peligro de incendio señala en el espacio, de todas aquellas áreas dónde el combustible se encuentra seco, aquellas que se encuentran en la cercanía de localidades y vías de acceso, dónde es más probable se inicie un incendio y se produzca un combate de incendio forestal. Permite tomar decisiones del número y localización esperado de incendios y ubicación idónea de las brigadas a nivel estatal, regional y municipal.

1.4. Número de Incendios esperado por Estado.

A partir de los índices de riesgo citados anteriormente, y considerando el número de incendios activos según los últimos datos reportados diariamente por CONAFOR, se estima el pronóstico de número de incendios esperados por estado según los modelos desarrollados por Vega-Nieva *et al.* (2019b). Los mapas permiten apoyar la toma de decisiones sobre el nivel de preparación de los medios de supresión de incendios y eventuales movilizaciones de recursos entre estados. Se pueden consultar reportes históricos del número de incendios observado y predicho por estado en la liga: [http://forestales.ujed.mx/incendios/incendios/pdf/Numero_de_incendios_esperados_por_estado_\(2011-2015\).pdf](http://forestales.ujed.mx/incendios/incendios/pdf/Numero_de_incendios_esperados_por_estado_(2011-2015).pdf)

Se muestran ejemplos de las salidas del sistema en la figura 2.

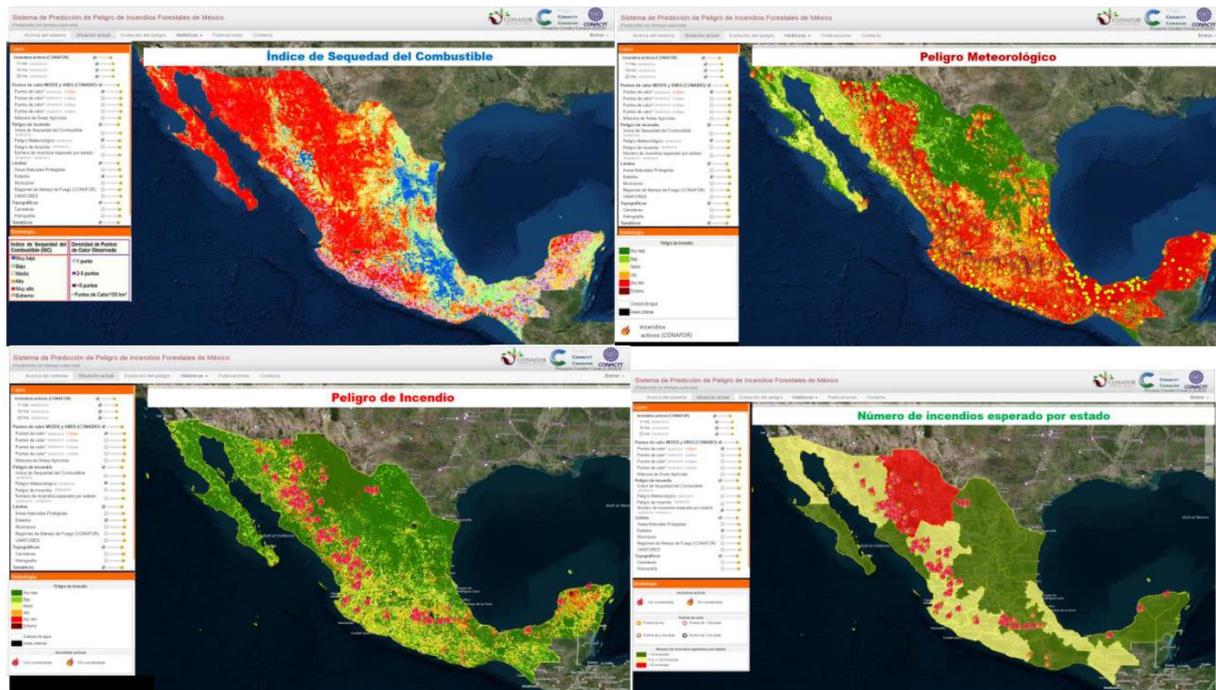


Figura 2. Ejemplos de salidas del Sistema de Predicción de Peligro de Incendios Forestales de México. De derecha a izquierda: Índice de sequedad del combustible, Peligro meteorológico, Peligro de Incendio, Número de incendios esperados por estado. Las salidas se actualizan diariamente en: <http://forestales.ujed.mx/incendios/>

2. Reforzamiento del Sistema de Predicción de Peligro de Incendios Forestales de México.

El proyecto del fondo CONAFOR CONACYT "CO-2018-2-A3-S-131553", (2019-2021) tiene como objetivo reforzar al Sistema Nacional de Predicción de Peligro de Incendios Forestales de México mediante la ampliación de los índices de riesgo de ocurrencia de incendio y la herramienta de área quemada, así como la inclusión de nuevos módulos para el pronóstico de conglomerados, estimación del área quemada y dificultad de supresión esperada. En concreto, presenta los siguientes objetivos específicos:

1. Ampliar el índice de riesgo de ocurrencia de incendio incluyendo la frontera agropecuaria-forestal (Monjarás-Vega *et al.*, 2019c) y la biomasa forestal (Briones-Herrera *et al.*, 2019a).
2. Desarrollo de una herramienta para la delimitación automatizada de conglomerados de puntos de calor en el sistema de peligro (Hernández Pérez *et al.*, 2019, Briones-Herrera *et al.*, 2019b).
3. Desarrollo de una interfaz en el sistema para aplicación móvil que incluya históricos de conglomerados de puntos de calor e incendios forestales combatidos.
4. Ampliación de la Herramienta de mapeo de área quemada con la inclusión de satélite *Sentinel* y validada en campo (Ayala Téllez *et al.*, 2019; Silva Cardoza *et al.* 2019).

5. Desarrollo de un pronóstico del número de conglomerados de puntos de calor esperados, área quemada y dificultad de supresión esperada. El sistema ha sido transferido a personal de CONAFOR en un total de 3 foros regionales en 2018. Se realizarán 3 foros regionales en 2019 y se creará un curso oficial de CONAFOR en el uso del sistema.

Referencias

- Ayala Téllez V. Mapeado de la severidad de incendios forestales en la península de Yucatán. En: *XIV Congreso Mexicano de Recursos Forestales, 06-09 de Noviembre 2019 Durango, Durango, Mexico.*
- Briones-Herrera, C.I., et al. 2019a. Modeling and mapping forest fire occurrence from aboveground carbon density in Mexico. *Forests* 10 - 5, 402. DOI: 10.3390/f10050402
- Briones-Herrera, C.I., et al. 2019b. Mapeado del perímetro de grandes incendios a partir del interpolado de puntos de calor MODIS Y VIIRS en México. En: *XIV Congreso Mexicano de Recursos Forestales, 06-09 de Noviembre 2019 Durango, Durango, Mexico.*
- Hernández Pérez M.A. 2019. Automatización de la delimitación de conglomerados de puntos de calor para México. En: *XIV Congreso Mexicano de Recursos Forestales, 06-09 de Noviembre 2019 Durango, Durango, Mexico.*
- Monjarás-Vega, N. et al. 2019a. Modeling and mapping fire risk from human factors in Mexico. In: *Proceedings for the 6th International Fire Behavior and Fuels Conference. April 29–May 3, 2019, Albuquerque, New Mexico USA*
- Monjaras-Vega N. et al. 2019b. Análisis y mapeado de la ocurrencia de incendios forestales a partir de la distancia a poblados y carreteras por región en México. En: *XIV Congreso Mexicano de Recursos Forestales, 06-09 de Noviembre 2019 Durango, Durango, Mexico.*
- Monjaras-Vega N. et al. 2019c., Predicting forest fire kernel density at multiple scales with geographically weighted regression in Mexico. *Sci Tot Env* (bajo revisión).
- Silva Cardoza A.I. et al. 2019 Evaluación y mapeo de la severidad por incendios forestales en la Sierra Madre Occidental. En: *XIV Congreso Mexicano de Recursos Forestales, 06-09 de Noviembre 2019 Durango, Durango, Mexico.*
- Vega-Nieva, D.J., et al., 2018. Developing Models to Predict the Number of Fire Hotspots from an Accumulated Fuel Dryness Index by Vegetation Type and Region in Mexico. *Forests*, 9, 190. DOI: 10.3390/f9040190
- Vega-Nieva, D.J., et al., 2019. Temporal patterns of fire density by vegetation type and region in Mexico and its temporal relationships with a monthly satellite fuel greenness index. *Fire Ecol.* 15, 28. DOI: 10.1186/s42408-019-0042-z
- Vega-Nieva D.J., et al. 2019b. Predicting the number of fires by state from a satellite fuel dryness index in Mexico. *PlosOne* (bajo revisión).