

El efecto de El Niño (ENSO) en la presencia de incendios forestales extremos

Laura Merit González-Ramírez¹, Leopoldo Galicia² y Leticia Gómez-Mendoza²

Resumen

En México el uso de fuego en la agricultura es la causa principal de los incendios, sin embargo, investigaciones recientes indican que existe una relación entre el efecto de El Niño sobre el clima y el comportamiento de los incendios. Se analizó el efecto del déficit de lluvia de 1998 en la superficie incendiada en eventos extremos (1000 ha), con datos de incendios de la Comisión Nacional Forestal y de precipitación del Servicio Meteorológico Nacional. En 1998 (año con presencia de El Niño), los incendios forestales en México sumaron 14,445 eventos que afectaron 849,000 hectáreas, más del 50 por ciento tuvo lugar en el sur de México. Se sugiere que el área quemada por evento extremo está relacionada a la longitud de un periodo considerablemente seco (15 días), debido a la gran acumulación de material combustible en áreas boscosas, principalmente al sur del país. En contraste, al norte, los eventos extremos son menos frecuentes ya que el comportamiento del periodo de lluvias asociado a El Niño es diferente, y sus variaciones determinan una menor cantidad de combustible e incendios de menor tamaño. Es importante estudiar el efecto de El Niño sobre los incendios extremos, por su papel fortalecedor en los efectos de la sequía y el uso antrópico del fuego.

Introducción

En 1998 tuvieron lugar las condiciones climáticas y meteorológicas más adversas en los últimos 70 años, intensa sequía y temperaturas elevadas determinaron una condición de alto riesgo e impacto de incendios (PUMA y otros, 1999; Palacio-Prieto y otros., 1999). Los antecedentes meteorológicos mencionados contribuyeron a la ocurrencia de más de 15.000 incendios que afectaron 849 mil ha, 21 por ciento de las cuales correspondieron a zonas forestales y el 79 por ciento a zonas cubiertas de matorrales y pastos (Palacio y otros., 1999). Los datos históricos indican que hubo incendios extremos más frecuentes, especialmente al sur del país.

Román-Cuesta (2002), sugiere que hay una relación significativa entre los patrones de lluvia y El Niño en el sur de la república mexicana, esto sucede en los meses clímax de sequía (abril y mayo) y tiene consecuencias en el riesgo de incendios como sucedió en 1998. Se ha documentado que los incendios son especialmente severos en periodos de El Niño cuando se incrementa la severidad del periodo seco (Ray y otros, 2005; Magaña y otros, 1999). No obstante, algunos autores aseguran que El Niño solo actúa como un factor que fortalece los efectos de la sequía y el uso antrópico del fuego (Goldammer, 1999; Stolle y Lambin, 2003). Pero el efecto de El Niño en México es heterogéneo ya que se puede decir que las lluvias se intensifican durante los años de El Niño en el noroeste y noreste de México, mientras que hacia la parte sur disminuyen (Magaña y otros, 1999). Las investigaciones de los efectos de El Niño en los incendios es relevante para

¹ Alumna del Posgrado en Geografía Ambiental, Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, México C.P. 04510, D.F.

² Investigador del Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito exterior, S/N, Ciudad Universitaria, Mexico, C.P. 04510, D.F.

cuantificar el impacto en los ecosistemas, establecer las normas y leyes de prevención, así como implantar las acciones de manejo, combate y control de los incendios extraordinarios.

El clima controla la frecuencia de los incendios y la superficie afectada en amplias escalas temporales (en años o décadas) (Villers y López, 2004, Fulé y Covington, 1998), ya que la variabilidad en las condiciones climáticas y meteorológicas modifican constantemente la ignición y la dispersión de los incendios al modificar el estado de los combustibles (Villers y López, 2004; Pereira y otros., 2005). La relación entre los patrones de circulación de la atmósfera y del océano induce la existencia de temporadas secas y calientes, estas condiciones climáticas de sequía se traducen en calor y falta de humedad en el ambiente, que favorecen la cantidad e intensidad del proceso de combustión (Cochrane, 2002).

El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) es un fenómeno climático de ciclos recurrentes (dos a diez años), pero poco predecibles (Gómez-Mendoza y Galicia, 2004). Se presenta como una la oscilación de la temperatura superficial del mar de 0.5°C o más, por al menos seis meses consecutivos (Magaña, 1999). El año 1998 corresponde a índices positivos de El Niño y se asocia a condiciones anómalas de precipitación (Palacio-Prieto y otros., 1999; Taylor y otros., 1999), afecta las lluvias en México, especialmente en el centro de país y tiene repercusiones tanto en las lluvias de verano como en las de invierno (Magaña y otros, 1999).

En México, durante el verano El Niño provoca que las lluvias en la mayor parte del país disminuyan, llegando con frecuencia a producir sequía. Los cambios de los sistemas atmosféricos tienen que ver principalmente con la lluvia. En primer lugar, la Zona Inter-Tropical de Convergencia (ZITC) del Pacífico del este, donde existe gran cantidad de nubes profundas (cumulonimbus), tiende a permanecer más cercana del ecuador. Su desplazamiento meridional resulta en menos actividad convectiva cerca de nuestro país y por lo tanto en menos lluvias (*fig. 1*) (Magaña y otros, 1999).

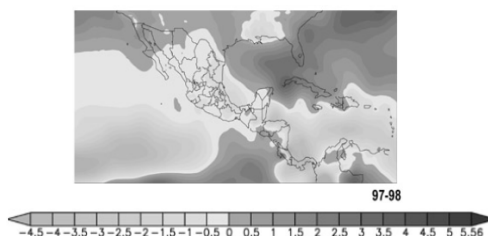


Figura 1—Anomalías de precipitación (mm/día) durante el evento de El Niño de 1997-98. Magaña y otros, 1999.

En México, la falta de lluvias en 1998 inducidas por EL Niño provocó que la vegetación fuera susceptible a incendiarse en la primavera. Magaña y otros, (1999) indican que los incendios son especialmente severos en periodos de El Niño debido a que se incrementa la severidad y frecuencia de la sequía. En estos periodos la aridez resultante causa un estrés hídrico que provoca la pérdida de hojas, aumenta la cantidad de hojarasca, y la mortandad de los árboles, el resultado es un aumento sustancial en la cantidad de combustible y la superficie incendiada es mayor (Cochrane, 2002; Turner, 2001). Estudios de incendios realizados al sur de México indican que el fenómeno de El Niño representa una causa estructural de los incendios, es decir, que influye en los factores del ambiente que favorecen la presencia de incendios (sequía, viento, baja humedad relativa) (Román-Cuesta, 2002).

Un incendio forestal es un disturbio ecológico que irrumpe en el ecosistema, los más grandes pueden tener impactos fuertes en la estructura y funcionamiento del

sistema ecológico, sus consecuencias dejan huella en amplias escalas espaciales y temporales (Beverly y Martell, 2005). Los incendios extremos tienen un alto significado social, económico y ecológico (Beverly y Martell, 2005), y han sido ampliamente relacionados factores específicos del clima. Pausas (2004), encontró que los cambios regionales en la superficie incendiada y la frecuencia de los incendios son provocados por la disminución en la precipitación provocando que las temporadas de incendios sean más calientes y secas.

Los incendios forestales extremos se caracterizan por su baja frecuencia y mayor intensidad, esto implica cambios en su superficie afectada y exceden los umbrales establecidos. Frecuentemente, están asociados a grandes pérdidas económicas, graves consecuencias sociales, y pérdida de vidas humanas (Beniston y Stephenson, 2004, Easterling y otros, 2000). Bajo esta descripción se encuentran algunos de los incendios ocurridos en México en el año 1998, varios de ellos ocurrieron en el estado de Oaxaca e incendiaron cerca de 786 km². También hubo incendios extremos en el estado de Tamaulipas que afectaron 78 km²; los incendios de ambos estados ocurrieron en áreas cubiertas principalmente por selvas altas y medianas perennifolias y bosques templados (Conafor, 2004). Debido a que con la manifestación El Niño la ocurrencia de incendios extremos es mayor, y genera efectos negativos que dificultan la gestión forestal y el uso sostenible de la tierra (FAO, 2006), se requiere conocer el impacto de El Niño en la dinámica de los incendios extremos para poder predecir su comportamiento con la presencia de este fenómeno climático. Por lo tanto, los objetivos del presente estudio fueron: 1) definir criterio para establecer incendios extremos, 2) caracterizar el retraso de las lluvias y el periodo seco de 1998, y 3) analizar el efecto de El Niño sobre eventos extremos de incendios en Oaxaca y Tamaulipas, México.

METODOLOGIA

Sitio de estudio

El territorio mexicano posee una superficie de 1.964.284 Km.², limita al norte con los Estados Unidos de América y al sur con Guatemala y Belice. Sus coordenadas extremas son al sur: 14° 32' 27", al norte 32° 43' 06", al este 6° 42' 36" y al oeste 118° 22' 00". Es un país altamente biodiverso, tiene un total de 24.498 especies reconocidas de plantas, reptiles, aves, anfibios, mamíferos y peces, de las cuales 7.320 (28 por ciento) son especies endémicas. Prácticamente todos los tipos de clima están presentes: húmedos, subhúmedos, semisecos, secos y muy secos. Los tipos de vegetación presentes son bosque tropical perennifolio, bosque tropical caducifolio, bosque tropical subcaducifolio, bosque mesófilo de montaña, bosque de coníferas y encinos, bosque espinoso, pastizal, matorral xerófito y vegetación acuática y subacuática (INEGI, 2007) (*fig. 2*).

El estado de Oaxaca se localiza en la costa suroccidental de México, sus coordenadas extremas son: al norte 18°39', al sur 15°39' de latitud norte; al este 93°52', al oeste 98°32' de longitud oeste. El estado de Oaxaca representa el 4.8 por ciento de la superficie del país. Su topografía es extremadamente irregular, el clima y los suelos son muy diversos y estas variaciones dependen de los rangos de elevación sobre el nivel del mar. Por sus características biogeográficas y físicas es una de las regiones más biodiversas del mundo (Velázquez y otros, 2003) (*fig. 2*).

Las coordenadas extremas del estado de Tamaulipas son: al norte 27°40', al sur 22° 12' de latitud norte; al este 97° 08', al oeste 100° 08' de longitud oeste. Tamaulipas representa el 4.1 por ciento de la superficie del país. Tiene climas cálidos, templados, secos y fríos el clima varía de acuerdo a la zona. Alrededor del 18

por ciento de su suelo esta ocupado por agricultura, 28 por ciento lo ocupan los bosques templados y tropicales y el resto está ocupado por matorrales, pastizales mezquitales, etc (INEGI, 2007) (fig. 2).

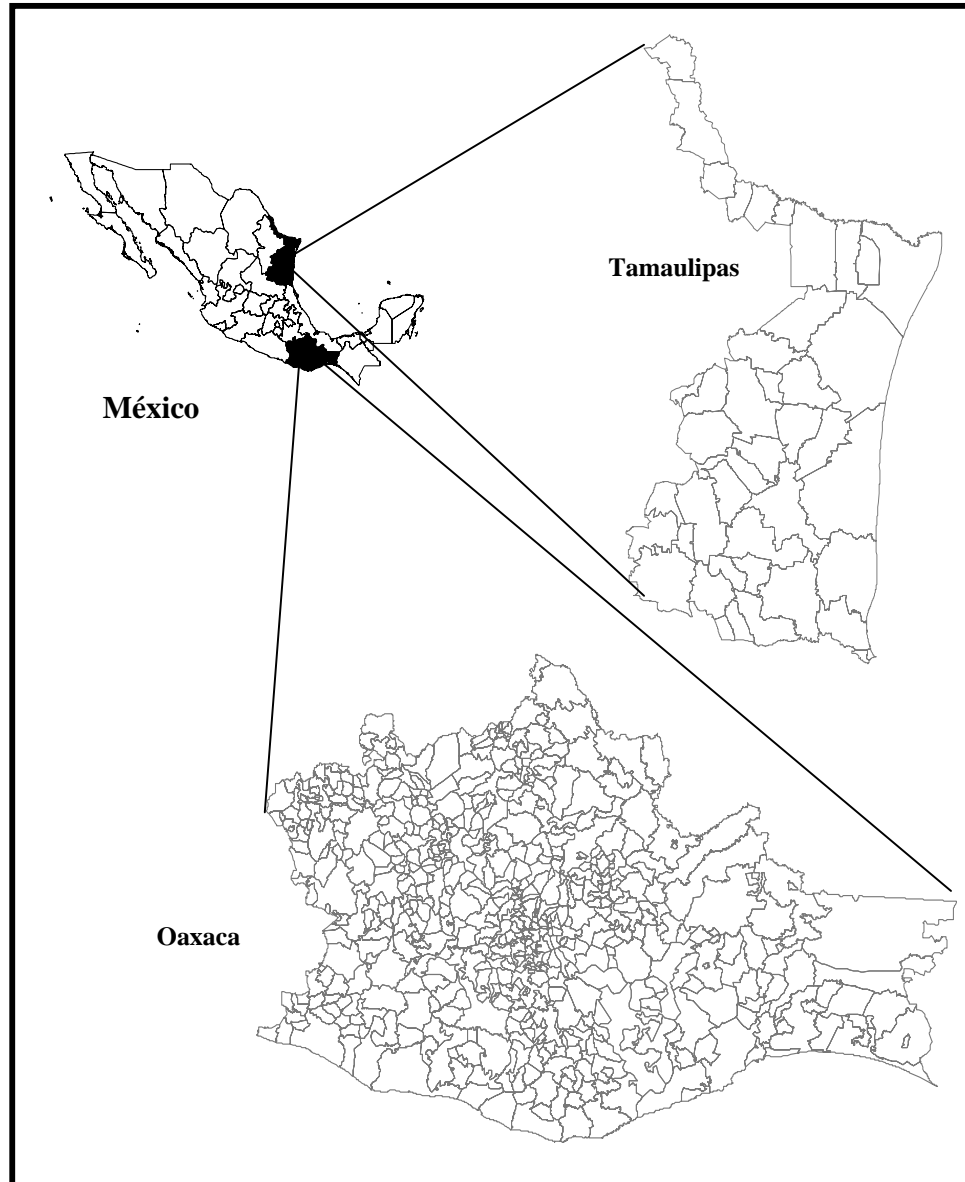


Figura 2— Mapa de localización de Tamaulipas y Oaxaca y de los incendios extremos en los mismos

Datos

Se utilizaron las Estadísticas de incendios del estado de Oaxaca del año 1998, Estadísticas de incendios del estado de Tamaulipas del año 1998, y Los datos de precipitación del Extractor Rápido de Información Climatológica (ERIC 2000). La base de datos de incendios se obtuvo de la Comisión Nacional Forestal, fundamentalmente son los registros históricos de incendios de 1998, consisten en

listados con los datos de inicio del incendio, ubicación por localidad, municipio región, causa, y número de hectáreas afectadas. Los datos de ERIC (2000) incluye los datos diarios de precipitación la malla incluye 1961 a 2000.

Se determinó la talla de incendios extremos a partir de un análisis de factores. Se estimó la media de la talla de todos los incendios, el tipo de vegetación afectado (p.e bosque templado y tropicales), la disponibilidad de datos de localización de cada evento y la referencia a estudios de incendios extremos ya realizados como los de Beverly y Martell, (2005). Finalmente se llegó a la talla de incendios de 1.000 hectáreas para que con todos los factores mencionados se analizaran lo más uniformemente posible a los incendios extremos en dos sitios de estudio.

Se asignaron las coordenadas geográficas a cada evento extremo con los datos de localidad incluidos en la base de datos de Conafor, con la ayuda del Sistema de Información Geográfica Arcview se realizó el mapa de eventos extremos de Oaxaca y Tamaulipas. A cada incendio o evento se le asignó un número de identificación (ID), el cual es el mismo que tiene en la relación de datos incendios original proporcionado por la Conafor. En los mapas de eventos extremos se sobrepuso la capa de de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) para obtener el tipo de vegetación afectado en cada incendio.

Las coordenadas geográficas fueron la referencia para asignar a cada incendio una celda de la malla de datos ERIC del Servicio Meteorológico Nacional (4 en Tamaulipas y 13 en Oaxaca), cada celda contiene datos diarios de precipitación del año 1961 al año 2000. La serie de cada celda se ordenó en secuencia temporal para determinar el periodo seco de cada año. Como las fechas de inicio son variables para cada año, se calculó la fecha promedio de inicio y de término del periodo seco. Con la referencia de estas fechas se sumó la cantidad de precipitación para el periodo seco para cada uno de los años y para cada celda. Otra parte del análisis incluyó la suma de la precipitación diaria de los últimos 4 meses del periodo seco para el año 1998 de cada celda asignada a los incendios, con el objetivo de determinar las condiciones presentes de humedades en el ambiente, previas o presentes al momento del incendio.

Cada celda tiene variaciones anuales en la cantidad de precipitación para el periodo seco. Para saber que si estos tenían déficit, superavit o cantidades normales de lluvia, se tomó el dato del periodo más húmedo de los periodos secos de la celda en cuestión y se dividió entre diez. Posteriormente, se crearon 10 categorías para cada periodo; la categoría 1 a 4 indica déficit de lluvia, la categoría 5 a 7 es una cantidad normal y de la categoría 8 al 10 donde existe superávit de lluvia. Después se asignaron las categorías a cada periodo seco por año de 1961 al año 2000 y esto se realizó para cada una de las celdas establecidas a cada incendio.

Se realizaron las comparaciones de superficie afecta de cada incendio y condiciones del periodo seco del año 1998, superficie afectada y cantidad de precipitación en milímetros de enero a Mayo de 1998, y se realizó una gráfica con línea de tendencia el comportamiento de la superficie afectada respecto a la cantidad de lluvia en milímetros de enero a mayo de 1998.

RESULTADOS

Incendios extremos de 1998 en Tamaulipas

Los datos indican que en Tamaulipas se presentaron cinco incendios extremos, estos constituyen el 44 por ciento de la superficie incendiada total del año 1998 en el estado (Conafor, 2007). Los incendios de 1.000 ha afectadas se distribuyeron al

suroeste del estado (fig. 2); y ocurrieron en los meses de abril, mayo y junio (tabla 1). Se presentaron en ecosistemas de bosque de pino, bosque de encino, matorral xerófilo, bosque de encino-pino, bosque de pino-encino, bosque mesófilo de montaña, y bosque de encino con vegetación secundaria (tabla 1).

Tabla 1—Características de los incendios extremos en Tamaulipas

ID	Fecha de inicio	tipo de vegetación	Superficie Incendiada		acumulado de lluvia de diciembre a mayo
			(ha)	decil	mayo
36	15-Abr-98	bosque templado	1800.0	4	132.76
62	16-May-98	bosque templado	1900.0	2	3.63
64	18-May-98	bosque templado	1900.0	2	16.72
71	19-May-98	bosque templado	1120.0	2	42.38
81	10-Jun-98	bosque templado	1130.0	2	33.63

La fecha de inicio de las lluvias muestra un retraso promedio de 15 días en el área donde se presentaron los incendios extremos (fig. 3).

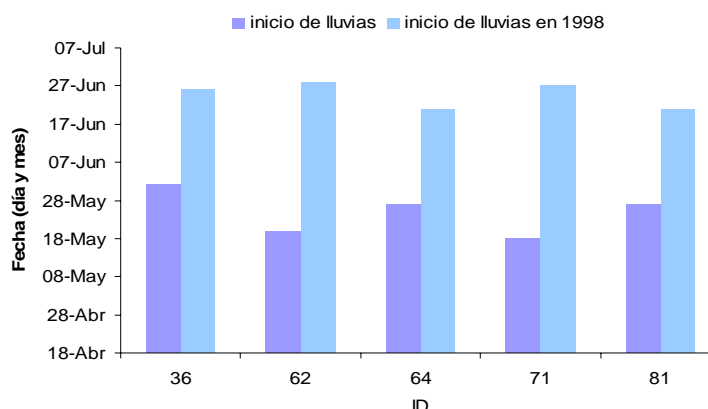


Figura 3— Día del inicio de las lluvias promedio y fecha de inicio de lluvias en 1998 para cada lugar donde ocurrió un evento extremo en Tamaulipas.

Por otro lado, las características de la época de estiaje de 1998 también fueron determinantes para la ocurrencia de los incendios, ya que en todos los casos, durante todo el periodo seco previo a los incendios hubo un déficit considerable en la cantidad de precipitación.

Los resultados de la lluvia acumulada en los últimos cuatro meses del periodo seco, indican que la precipitación fue escasa para todos los incendios, la relación de superficie incendiada con este factor indica que la cantidad de lluvia es determinante para el tamaño de los eventos. Por ejemplo el incendio 72 fue el más pequeño de los cinco (1.120 ha afectadas), pero se presentó en el lugar más húmedo de los sitios analizados. Mientras que los lugares donde ocurrieron los incendios mayores (1.900 ha) tuvieron tres o cuatro veces menos precipitación que en el incendio 72 (fig. 4). La línea de tendencia entre la superficie incendiada y lluvia acumulada de enero a mayo de 1998 indica que con menor precipitación la superficie incendiada se incrementa (fig. 5).

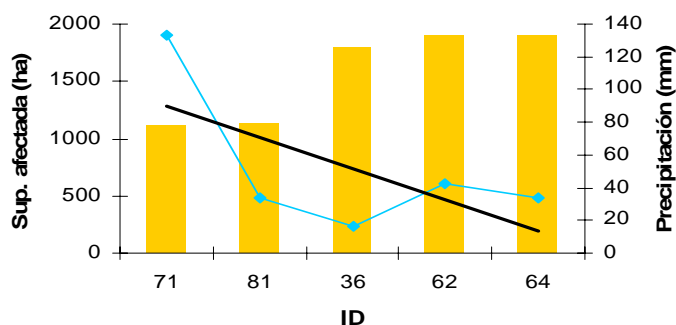


Figura 4— Superficie afectada (barras) y cantidad de precipitación acumulada (líneas) de enero a mayo de 1998 en los sitios donde ocurrieron los incendios extremos en Tamaulipas.

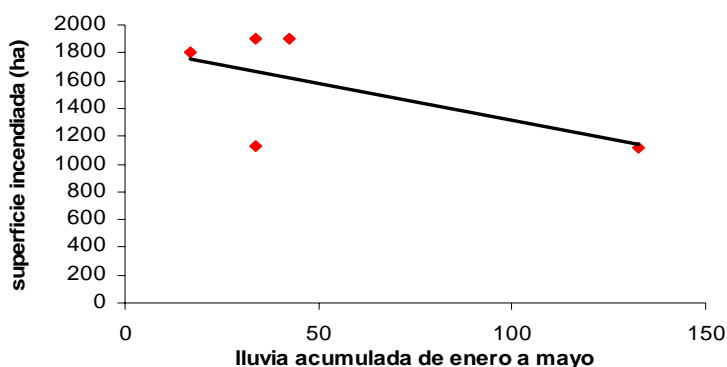


Figura 5— Acumulado de lluvia de enero a mayo de 1998 (x) y superficie afectada por incendio extremo (y) en Tamaulipas.

Incendios extremos de 1998 en Oaxaca

Los incendios extremos ocurridos en el estado de Oaxaca fueron 23 en 1998. Estos eventos presentan alrededor 31 por ciento de la superficie incendiada total de Oaxaca en el año 1998. El mayor número de ellos se localizó al este, y ocurrieron en los meses de marzo, abril y mayo. Se localizaron en ecosistemas de bosque mesófilo de montaña, bosque de encino-pino, bosque de encino, bosque de pino-encino, selva baja caducifolia y selva alta y mediana perennifolia.

En general, en esta región la temporada de lluvias en promedio comienza el 29 de mayo, pero en 1998 se presentaron hasta el 13 de junio, dando como resultado un retraso de la precipitación de 15 días para los sitios analizados (*fig. 6*).

Sesión Temática 1—El Niño, incendios extremos—González-Ramírez, Galicia y Gómez-Mendoza

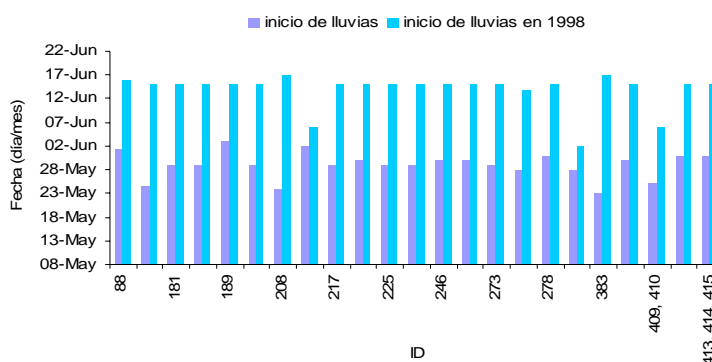


Figura 6— Día del inicio de las lluvias promedio y fecha de inicio de lluvias en 1998 para cada lugar donde ocurrió un evento extremo en Tamaulipas.

Las características del periodo seco indican que 9 de los 23 sitios donde sucedieron los incendios tuvieron déficit de lluvia, 2 tuvieron un superávit y 12 de ellas estuvieron en una categoría normal (*tabla 2*).

Tabla 2—Características de los incendios extremos en Oaxaca

ID	Fecha de inicio	tipo de vegetación	sup. Incendiada (ha)	decil	acumulado de lluvia de enero a mayo de 1998 (mm)
88	17-Mar-98	bosque mesófilo	3650.0	10	45.54
179	03-Abr-98	selva alta	1270.0	3	2.99
181	20-Jun-98	selva alta	1500.0	4	58.7
184	04-Abr-98	selva alta	2300.0	6	24.05
189	05-Abr-98	selva baja	5750.0	6	39.64
205	06-Abr-98	selva alta	2350.0	4	146.98
208	02-Abr-98	bosque templado	3800.0	7	85.08
210	07-Abr-98	selva alta	2360.0	6	45.54
217	08-Abr-98	selva alta	2457.0	7	45.54
221	08-Abr-98	selva alta	2765.0	7	45.54
225	09-Abr-98	selva alta	2800.0	8	3.34
233	10-Abr-98	selva alta	2856.0	4	39.67
246	13-Abr-98	selva baja	7290.0	4	1.8
251	14-Abr-98	selva alta	2860.0	7	12.02
273	22-Abr-98	selva alta	3290.0	7	45.54
276	23-Abr-98	selva alta	3295.0	7	92.27
278	23-Abr-98	bosque templado	3840.0	4	45.54
362	06-May-98	bosque templado	4030.0	3	21.02
383	07-May-98	bosque mesófilo	3756.0	7	0.72
407-408	06-Abr-98	selva alta	3320.0	7	45.54
409-410	15-Abr-98	templado	4250.0	4	40.50
411-412	16-Abr-98	selva alta	3500.0	4	39.67
413-415	17-Abr-98	bosque templado	5348.0	6	92.27

El análisis de la cantidad de lluvia acumulada de enero a diciembre indica que los periodos secos no fueron de gran magnitud, sin embargo, existe una relación de este factor con la superficie afectada por los incendios. En los lugares con más precipitación la talla de incendios es menor que en los lugares con menos cantidad de lluvia (*fig. 7*). Así mismo, la tendencia de la superficie afectada y el acumulado de

lluvia indican que con menor cantidad de precipitación la frecuencia de los incendios es mayor y la superficie afectada crece considerablemente (fig. 8).

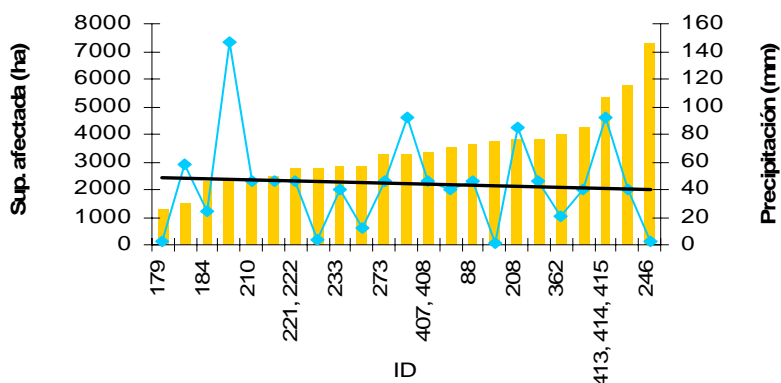


Figura 7— Superficie afectada (barras) y cantidad de precipitación acumulada (líneas) de enero a mayo de 1998 en los sitios donde ocurrieron los incendios extremos.

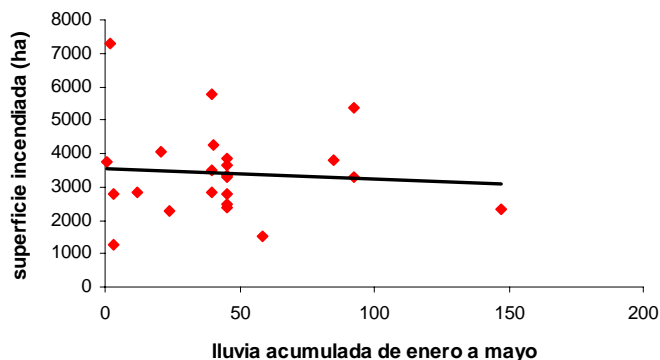


Figura 8— Acumulado de lluvia de enero a mayo de 1998 (x) y superficie afectada por incendio extremo (y) en Oaxaca.

Discusión

En México El Niño fue el agente favorecedor de eventos extremos, de hecho, en ningún otro año se registran tantos eventos extremos como en 1998. Los análisis realizados anteriormente entre área incendiada y el índice de Oscilación del Sur en México sugieren que existe una marcada relación entre la presencia de El Niño del año 1998 y el fuego en términos de incidencia de los incendios e impacto arbóreo (Román-Cuesta, 2002).

Las temporadas de El Niño son caracterizadas por la alteración en las condiciones de lluvia y esto ocasiona una gran variabilidad en el área incendiada, porque el cambio en el régimen de lluvias en la época de invierno-primavera tiene consecuencias en la humedad contenida en los combustibles naturales (Swetnam y Betancourt, 1990). Así mismo, El Niño está asociado a la reducción de los niveles de precipitación y una consecuencia de este fenómeno es una mayor vulnerabilidad al fuego, fundamentalmente por la disminución en los niveles de humedad relativa (Taylor y otros., 1999; Stolle y Lambin, 2003; Christensen, 1993).

Particularmente en el año 1998 el efecto de El Niño no contrastó considerablemente en Oaxaca y Tamaulipas, en ambos casos se presentó una sequía.

Se planteó la hipótesis de que existe un efecto diferencial de El Niño entre los dos estados, pero este no se presentó por las diferencias de un año El Niño a otro en las anomalías de lluvia y temperatura. Esto se debió a que el fenómeno de 1997-98 sólo impactó el norte de Baja California, parte de Sonora y la península de Yucatán (Magaña y otros, 1999) (*fig 1*). Por ello, la sequía derivada de la presencia del El Niño se manifestó en ambos casos y una de sus consecuencias fue la presencia de eventos extremos en los dos sitios.

Los resultados del análisis de los periodos secos indican que el déficit de precipitación fue heterogéneo, ya que en todos los sitios de Tamaulipas este factor estuvo presente, mientras que en Oaxaca hubo sitios con lluvia normal, superavit y solo en algunos casos hubo déficit de lluvia. Pero si se toma en cuenta el acumulado de lluvia, solo de los últimos 4 meses del periodo seco (que es cuando se presentan los incendios extremos) se aprecia que este es un factor muy importante para determinar la humedad en el ambiente, el suelo y en la vegetación al momento de inicio de los incendios extremos, por lo cual tiene una marcada relación con la superficie incendiada.

Por otro lado, en Tamaulipas coinciden la sincronización del comienzo tardío de las lluvias y un periodo seco anterior al incendio extremo. En contraste, en Oaxaca no es necesaria la acción conjunta de los dos factores, debido a que la presencia de un periodo previo normalmente seco con un retraso muy largo en la ocurrencia de la precipitación, para que ocurra la dispersión de los incendios extremos. La sequía, en este caso provocada por El Niño, lo cual favorece que la región sea propensa al fuego altamente severo.

El análisis de los incendios al norte y sur de México indican que son más frecuentes en el sur. El hecho de que en Oaxaca la frecuencia de los eventos extremos sea mayor se debe a que en Tamaulipas se originaron fundamentalmente en bosques templados. Sin embargo, en Oaxaca los incendios en su mayor parte se originaron en áreas ocupadas por selvas altas y medianas perennifolias, debido a que son más vulnerables al fuego que los bosques templados. Los datos indican que el déficit de las lluvias fue mayor en Tamaulipas que en Oaxaca, aún así, los eventos fueron más numerosos y aparecieron más temprano en Oaxaca, esto indica que no hizo falta un periodo seco muy severo como en Tamaulipas para originar incendios extremos. Por tanto las selvas bajas y medianas perennifolias son más sensibles a la falta de humedad en el follaje generada por la falta de las lluvias que los bosques templados.

Un factor fundamental de la localización de los incendios extremos es el lugar de la ignición, además de los factores ambientales que favorecen la presencia de incendios, se debe tener en cuenta que las igniciones fueron provocadas por el ser humano en la mayor parte de los casos tanto en Oaxaca como en Tamaulipas. Los incendios los originaron las personas que realizan quemas para establecer cultivos e inducir la presencia de pastos para la ganadería (Kauffman y otros., 2003). En estos casos las quemas como parte de las actividades antrópicas en combinación con las condiciones biofísicas como la sequía provocada por El Niño incrementan la susceptibilidad de un ecosistema a los eventos extremos (Stolle y Lambin, 2003; Taylor y otros., 1999), por ejemplo, los bosques en Indonesia han sido degradados por la corta selectiva, y son más susceptibles al fuego (Taylor y otros., 1999).

Conclusiones

Las condiciones más secas del medioambiente derivadas de la presencia de El Niño implican menos humedad para las plantas, esto significa que la estructura y flamabilidad de los combustibles es alterada, y por lo tanto el movimiento e

intensidad del fuego también lo son. Estas condiciones representan un aumento significativo en el área incendiada y resulta en la presencia de eventos extremos.

El efecto de El Niño no fue diferencial entre sitios en el año 1998, porque específicamente en este año se manifestó tanto al sur, centro y norte de México los mismos días en el retraso de lluvias. Los efectos en el periodo seco fueron similares, pero las condiciones particulares de los estados (p.e el tipo de vegetación incendiada) indujeron el comportamiento diferencial de los eventos extremos, manifestándose en la frecuencia de los mismos.

El factor que explica más las condiciones de sequía previas a un incendio extremo son los acumulados de lluvia de los últimos cuatro meses del periodo seco. Básicamente, con mayor cantidad de lluvia en esos meses, la superficie incendiada es menor. Por el contrario, cuando el acumulado indica solo algunos milímetros de agua precipitados, se presentan incendio de miles de hectáreas y por lo tanto de eventos extremos. La mayor parte de los incendios son originados intencionalmente aún en años de El Niño, pero con la manifestación de este fenómeno en México, los incendios se propagan libremente en las áreas boscosas del país.

La investigación sobre el comportamiento de los eventos extremos requiere de estudios que revelen sus causas y que analicen la relación que puedan tener estas con fenómenos climáticos periódicos como El Niño, ya que esta información es fundamental adaptar las estrategias de combate ya existentes y predecir el comportamiento de los incendios cuando estos sean extremos.

Referencias bibliográficas

- Beniston, M.; Stephenson, D.B. 2004 **Extreme climatic events and their evolution under changing climate conditions**. Global Planetary Change 44. 9 p
- Beverly, J.L.; Martell, D.L. 2005. **Characterizing extreme fire and weather events in the Boreal Shield ecozone of Ontario**. Agricultural and Forest Meteorology, 133, 5-16 pp
- Christensen, N.L. 1993. **Fire Regimes and ecosystem**. Fire in the environment: The ecological, atmospheric, and climatic importance of vegetation fires.
- Cochrane, M. A. 2002. **Se extiende como un reguero de pólvora, incendios en bosques tropicales en América Latina y el Caribe: prevención, evaluación y alerta temprana**. Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 109 pp.
- Easterling, D.R.; Evans, J.L.; Groisman, P.Y.; Karl, T.R.; Kunkel, K.E.; Ambenje, P. 2000. **Observe Variability and Trends in Extreme Climate Events: A Brief Review**. Bulletin of the American Meteorological Society. 9 p.
- FAO, 2006. **Incendios**. [En línea] <http://www.fao.org>
- Fulé, P. Covington, W. 1999. **Fire Regimes Changes in La Michilía Biosphere Reserve, Durango, México**. Conservation Biology Vol 13. No 3. pp 640-652.
- Goldammer, J.G. 1999. **Forests on fire**. Science Vol 284, pp 1782- 1783.
- Gómez-Mendoza, L.; Galicia-Sarmiento, L. 2004. **Variabilidad climática. Ciencia y Desarrollo**, Noviembre-Diciembre 2004, pp 28-33.
- Kauffman, J.B.; Steele, M.D.; Cummings, D.L.; Jaramillo, V.J. 2003. **Biomass dynamics associated with deforestation, fire, and, conversion to cattle pasture in a Mexican tropical dry forest**. Forest Ecology and Management 176. pp 1-12.
- Magaña, V.O (Ed). 1999. **Los impactos de El Niño en México**. Universidad Nacional Autónoma de México-Secretaría de Gobernación. México, pp 219.
- Palacio-Prieto, J.; Luna, L.; y Macías, L. 1999. **Detección de incendios en México utilizando imágenes AVHRR (temporada 1998)**. Investigaciones Geográficas Boletín 38. pp 7-14.
- Pausas, J.G. 2004 **Changes in Fire and climate in the eastern Iberian Peninsula (Mediterranean Basin)**. Climate Change 63: pp 337-350.
- Programa Universitario del Medio Ambiente. (PUMA) 1999. **Incendios forestales y Agropecuarios: prevención, impacto y restauración de los ecosistemas**. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ray, D.; Nepstad, D.; Moutinho, P. 2005. **Micrometeorological and canopy controls of fire susceptibility in a forested amazon landscape** Ecological Applications 15(5), pp 1664-1678.
- Román-Cuesta, R.M. 2002. **Human and environmental factors influencing fire trends in different forest ecosystems**. Universidad Autónoma de Barcelona. Tesis de Doctorado pp 122.
- Stolle, F.; Lambin, E.F. 2003. **Interprovincial and interannual differences in the causes of land-use fires in Sumatra, Indonesia**. Environmental Conservation 30. pp 375-387.
- Swetman, T.W.; Betancourt, J.L. 1990. **Fire-Oscillation relations in the Southwestern United States**. Science, Vol 249, pp 1017-1020.
- Taylor, D.; Saksena, P.; Sanderson, P.G.; Kucera, K. 1999. **Environmental change and rain forests on the Sunda shelf of Southeast Asia: drought, fire and biological cooling of biodiversity hotspots**. Biodiversity and Conservation 8, 1159 - 1117 pp

- Turner, M.G.; Collins, S.L.; Lugo, A.L.; Magnuson, J.J.; Rupp, T.S.; Swanson, F.J. 2003. **Disturbance Dynamics and Ecological Response: The Contribution of Long- Term Ecological Research**. Bioscience January 2003/Vol.53 No.1 pp 46-56.
- Velázquez, A.; Durán, E.; Ramírez, I.; Mas, J.F.; Bocco, G.; Ramírez, G.; Palacio, J.L. 2003. **Land use-cover change processes in highly biodiverse areas: the case of Oaxaca, Mexico**. Global Environmental Change 13 pp 175-184
- Villers, L.; López, J. 2004. **Incendios Forestales en México**. Métodos de evaluación Universidad Nacional Autónoma de México. Centro de Ciencias de la Atmósfera. 165 pp.